

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGIA

ESTUDIO SOBRE LA GERMINACION DE LA SEMILLA
Y DESARROLLO DE LA PLANTULA DE
Persea americana Mill

TESIS DE GRADO

MANOLITA FERRER ROSES

1980

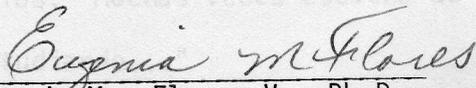
Estudio sobre germinación de la semilla y desarrollo
de la plántula de Persea americana Mill.

DEDICATORIA

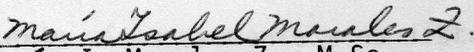
Tesis

Presentada a la Escuela de Biología

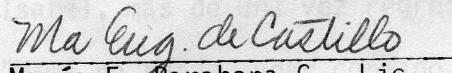
APROBADA


Eugenia Ma. Flores V., Ph.D.

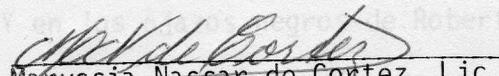
Directora de Tesis


María I. Morales Z., M.Sc.

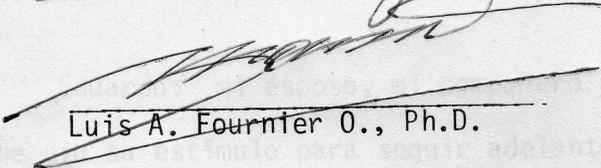
Miembro del Tribunal


María E. Barahona C., Lic.

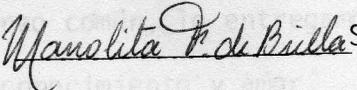
Miembro del Tribunal


Maryssia Nassar de Cortez, Lic.

Miembro del Tribunal


Luis A. Fournier O., Ph.D.

Miembro del Tribunal

Manolita Ferrer Roses:  Sustentante

"No hay meta por alta que sea
que no podamos realizar unidos"

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis, es el producto de la dedicación
y esfuerzo de la familia Brilla Ferrer.

Carlos: Muchas veces escuché de sus labios: -"No hagan bulla, mamá
está estudiando..."

A mitad de un salto, Alvaro interrumpió su "caída espectacular", pa
ra hacerlo más suavemente y no distraer a mamá.

Isabel, más de una vez regresó con su carita pecosa entristecida, por
que "Mamá no puede jugar conmigo..." ¡Qué ganas de que termine esa tesis!

Y en los ojazos negros de Roberto, se manifestó la curiosidad, al ver
por el microscopio tantas bolitas y aprender su nombre: células.

Eduardo: mi esposo, mi compañero y amigo, comprendió mis inquietudes,
me dio su estímulo para seguir adelante y su incondicional apoyo.

Y así, unidos en este esfuerzo común, lo entregamos a mis padres: En-
rique y Luisita, en señal de reconocimiento y amor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Dra. Eugenia Flores, Ph.D., Directora de la Escuela de Biología y Directora de esta investigación, por sus valiosas enseñanzas y revisión del texto original.

A los Profesores: Lic. María Eugenia Barahona de Castillo, Lic. Mary - ssia Nassar de Cortez, M.Sc. María Isabel Morales Z., Dr. Luis A. Fournier, O., Ph.D. por sus valiosas observaciones y revisión del texto original.

Al Dr. Mario Vargas, Ph.D. por sus importantes observaciones y ayuda con la fotografía de microscopio de luz.

Al M.Sc. Víctor Manuel Villalobos, por su generosa y desinteresada cooperación en el suministro de bibliografía.

Al compañero Walter Marín Méndez, por la elaboración del trabajo de microscopía electrónica, por el procesamiento y revelado de material fotográfico y por todo el estímulo brindado.

Al Dr. Ronald Echandi, Ph.D. y al personal del Centro de Investigación de Granos y Semillas (CIGRAS) por las facilidades en el uso del equipo.

Al personal de la Unidad de Microscopía electrónica de la Universidad de Costa Rica por las facilidades brindadas para hacer uso del equipo.

Y a todas las personas que en una u otra forma ayudaron a convertir el proyecto de tesis en una realidad.

Muchas gracias.

INDICE

	<u>Página N°</u>
Miembros del Tribunal.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Indice.....	iv
Resumen.....	vi
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	2
A. Literatura taxonómica.....	2
1. Descripción de la especie.....	2
2. Distribución.....	4
3. Características ecológicas.....	5
B. Literatura anatómica.....	6
1. Descripción de la raíz de <u>Persea americana</u>	6
2. Anatomía de una raíz típica de dicotiledónea.....	8
III. MATERIALES Y METODOS.....	10
IV. RESULTADOS.....	13
A. Observaciones de campo.....	13
B. Observaciones de laboratorio.....	13
1. Semillas procedentes de Río Segundo de Alajuela..	13
2. Semillas de diversa procedencia.....	13
3. Semillas de Zarcero.....	17
4. Desarrollo el embrión de <u>Persea americana</u>	17

5. Observaciones y mediciones realizadas en estas semillas.....	23
VI. DISCUSION.....	37
1. Desarrollo de la plántula de aguacate.....	40
a. Médula y sistema vascular.....	41
b. Corteza y epidermis.....	41
c. Cambium y tejidos vasculares secundarios.....	42
d. Reacciones químicas.....	43
2. Comparación de la raíz de <u>Persea americana</u> con una raíz típica de dicotiledónea.....	44
a. Crecimiento primario.....	44
b. Crecimiento secundario.....	45
VII. BIBLIOGRAFIA.....	46

RESUMEN

Se utilizó semillas de Persea americana Mill. en diferentes estadios de desarrollo para estudiar el crecimiento del embrión y de la plántula.

Se estimuló la germinación según tres tratamientos (Kadman, 1963). El mejor fue la escarificación mecánica de la testa.

Se comparó la raíz de Persea americana (aguacate) con una raíz típica de dicotiledónea; se llegó a la conclusión de que la raíz de Persea americana presenta un patrón típico de raíz de dicotiledóneas, con excepción del tejido epidérmico, que carece de pelos absorbentes, y de la peridemis que es precoz en aparición y desarrollo.

La raíz pivotante es muy ramificada; las raíces secundarias y terciarias se extienden horizontal y verticalmente anclando firmemente la planta al suelo. No se han encontrado pelos radicales (Fersini, 1975; León, 1968).

En el presente trabajo se estudió la germinación de la semilla, el desarrollo de la plántula y la estructura de su raíz glabra, así como algunas condiciones que favorecen el desarrollo del embrión y la plántula.

Se considera importante el estudio de estas características en Persea americana (aguacate), no sólo por el interés económico de la planta sino también por sus peculiaridades botánicas.

I. INTRODUCCION

Persea americana Mill. conocida también como Persea gratissima Gaert. pertenece a una familia primitiva, Lauraceae, que está constituida por casi un millar de especies, mayormente leñosas, arbustivas o arbóreas (Porter, 1976). Esta especie es oriunda de México y América Central y produce frutos carnosos de gran tamaño, de suave textura y agradable sabor (Ibar, 1979). Es un árbol que puede alcanzar 20 m de altura, de tronco recto, madera pardo rojiza, de grano fino y fácil de trabajar (Standley, 1937; Pennington y Sarukhan, 1968).

La inflorescencia está formada por panículas axilares. Las flores individuales, una vez abiertas, miden cerca de 1 cm de ancho y profundidad. Son pubescentes, hipóginas, regulares y completas (Bergh, 1969). El ovario es unilocular y súpero; el fruto es drupáceo o abayado (González et al., 1969; Ibar, 1979). La semilla presenta un embrión de gruesos cotiledones y es exalbuminosa según Fersini (1975).

La raíz pivotante es muy ramificada; las raíces secundarias y terciarias se extienden horizontal y verticalmente anclando firmemente la planta al suelo. No se han encontrado pelos radicales (Fersini, 1975; León, 1968).

En el presente trabajo se estudió la germinación de la semilla, el desarrollo de la plántula y la estructura de su raíz glabra, así como algunas condiciones que favorecen el desarrollo del embrión y la plántula.

Se considera importante el estudio de estas características en Persea americana (aguacate), no sólo por el interés económico de la planta sino también por sus peculiaridades botánicas.

II. REVISION DE LITERATURA

II-A. Literatura taxonómica:

El aguacate es un árbol de la familia Lauraceae. Estas son plantas arbóreas, leñosas, que se caracterizan por sus hojas coriáceas (Solares, 1976).

El género Persea comprende 10 especies de árboles de hojas alternas, de las cuales 9 son asiáticas y de fruto pequeño; la especie restante, el aguacate, es americana y de fruto de mayor tamaño y comestible (González et al., 1969).

Se consignan tres nombres para agrupar las diversas variedades básicas del aguacate: Persea gratissima Gaert., Persea americana Mill. y Persea drymifolia Nees. Estas especies corresponden a su vez, a los tres grupos ecológicos universalmente aceptados con el nombre de razas: Antillana, Guatemalteca y Mexicana (Ruanova, 1965; Solares, 1976).

Según Embleton y Jones (1966) hay una sola especie de aguacate: Persea americana Mill. que tiene como sinonimia Persea gratissima Gaert. y comprende las tres razas: Guatemalteca, Antillana o de las Indias Occidentales y Mexicana; esta última constituye una variedad de la especie y su nombre científico es Persea americana var. drymifolia.

1. Descripción de la especie:

Persea americana, el aguacate, es una planta arbórea, de ramificaciones erguidas y rápido crecimiento; presenta color claro en las ramas jóvenes y grisáceo en las más viejas (Ibar, 1979). La corteza tiene abundante

súber. Las hojas son alternas, coriáceas y perennes, glabras en la haz, glaucas, con escasa pubescencia en el envés (Pennington, 1968). La inflorescencia está constituida por panículas que pueden alcanzar 10 cm de largo, pubescentes, con flores actinomorfas de hasta 1 cm de diámetro. El perianto es crema verdusco, con dos verticilos de igual color que contienen tres piezas florales cada uno, los internos son más conspicuos y elípticos. Hay tres series de estambres con tres unidades cada uno y anteras dehiscentes por valvas (Pennington, 1968). El gineceo consta de estigma, estilo y ovario. El estilo sólido que se encuentra generalmente en las dicotiledóneas, está constituido en el aguacate por un conducto acanalado (Sedgley y Buttrose, 1978). El rudimento seminal es solitario, anátropo, pendular y de placentación parietal (Lawrence, 1969; Tomer y Gottreich, 1976). Existe dicogamia sincrónica, que promueve la fecundación por cruzamiento sincronizado con el día (Knight, 1971; Schroeder, 1954). Existe una relación directa entre el tipo de floración y la producción frutal (Peterson, 1956; Storey y Zentmyer, 1964). Los frutos pueden llegar a pesar 2 kg; en las zonas templadas se han encontrado variedades de frutos pequeños, algunos piriformes, otros esféricos (Standley, 1937; Schnee, 1960).

Las diversas variedades de aguacate necesitan de 6 meses a 1 año para que el fruto alcance su plena madurez (Cran y Possingham, 1973; Storey y Zentmyer, 1965). Este fruto posee la característica de poder permanecer en el árbol, luego de haber alcanzado la madurez fisiológica, sin deterioro de calidad. Los factores que inhiben la completa madurez, fluyen en forma continua, mientras la fruta permanece en el árbol (Blumenfeld y Schmel, 1974; Vásquez, 1974).

La semilla cambia de forma con la variedad; en la Mexicana es ovalada, en la Antillana y Guatemalteca es redonda y puede encontrarse unida al mesocarpo.

Los dos cotiledones son carnosos y contienen látex (Chandler, 1962; Delgado, 1942; Ibar, 1979). Según Fersini (1975) la semilla de aguacate es monogermine y no produce embriones nucelares.

La semilla presenta un embrión delgado y estrecho cuyo tamaño aumenta notablemente durante el mes subsiguiente a la fecundación y un endosperma presente únicamente en los estadios tempranos del desarrollo del fruto (Biale y Young, 1971; Blumenfeld y Schmel, 1974; Kadman y Ben Yaacov, 1965; Tomer y Gazit, 1979). La cubierta seminal en los frutos inmaduros es blanca, carnosa y gruesa. Casi todos los tejidos conductores del pericarpo, penetran la cubierta seminal donde se ramifican para formar una red vascular. Tres semanas después de la fecundación los tegumentos empiezan a arrugarse por completo, el sistema vascular deja de ser un conducto que vincula pericarpo con semilla y así termina la influencia de ésta sobre el crecimiento y maduración del fruto (Blumenfeld y Schmel, 1974).

La semilla es rica en taninos por lo que se usa en tintorería (Storey y Zentmyer, 1965).

2. Distribución:

En la obra clásica "Suma de Geografía" del Bachiller Martín Fernández de Enciso, publicada en Sevilla en 1519, se menciona por primera vez la existencia del aguacate. En 1537 Toribio de Motolinía, franciscano español, escribe el libro "Historia de las Indias de Nueva España", donde hace referen-

cia a la existencia de 4 o 5 variedades de aguacate en México y se refiere a las propiedades terapéuticas de sus hojas (Mc. Pherson, 1955). No se ha podido determinar con exactitud en qué región se originó el aguacate. En las zonas montañosas de Costa Rica existe una variedad silvestre, que se parece mucho a algunas de las cultivadas y que puede considerarse como el prototipo de éstas. Aunque también hay aguacates silvestres en las montañas de México, sus frutos son pequeños y de corteza delgada (León, 1968; Popenoe, 1926; Standley, 1937).

En la época precolombina, esta planta recibía el nombre de "ahuacatl" que los españoles convirtieron en "aguacate"; su cultivo se extendió por las faldas de la cordillera andina hasta Perú, donde se llamó "palta". Los españoles lo introdujeron en Florida, California y en las Islas Canarias de donde pasó a España, Francia e Italia. En 1930 empezó a ensayarse su cultivo en la U.R.S.S. a orillas del Mar Negro; más recientemente se han establecido numerosas plantaciones en Israel. También en la India y sureste de Asia se ha intentado su cultivo con poco éxito.

3. Características ecológicas:

El aguacate necesita de 20 a 26°C, estación lluviosa estival, con precipitación de 800 mm a 2000 mm anuales, altitudes de hasta 1900 m sobre el nivel del mar. La zona centroamericana, reúne estas condiciones (Ibar, 1979).

II-B. Literatura anatómica:

1. Descripción de la raíz de Persea americana:

La raíz de P. americana cumple con funciones vitales como anclar la planta al suelo mediante un poderoso sistema de raíces, absorber agua que tenga en solución los elementos nutritivos que la planta requiere para su desarrollo y suministrar una parte del oxígeno requerido por la planta por medio de la respiración radicular.

El sistema de raíces del aguacate necesita de un suelo profundo y con buen drenaje. La extensión de los haces radiculares no es demasiado grande longitudinalmente, pero algunas ramificaciones alcanzan una distancia casi igual a la zona de goteo; estos haces radiculares externos son bastante superficiales (Solares, 1976).

La corteza radical es parenquimatosa y tiene como función primordial el almacenamiento. Hacia la madurez, se desarrolla una gruesa peridermis y se inicia el crecimiento vascular secundario. El desarrollo de este último oscurece la observación de la endodermis característica de las etapas tempranas. El periciclo no es conspicuo.

El tejido vascular primario de la raíz es tetrarca y el xilema es exarco. Los radios del xilema no coinciden en el centro de la estela, ya que existe una médula.

Al iniciarse el crecimiento secundario se originan bandas cambiales que luego forman un anillo. El floema crece en forma centrífuga y el xilema centripetamente; de esta forma, el floema primario es comprimido. Al

persistir el crecimiento secundario se forma un cilindro vascular completo.

La epidermis es un tejido temporal que se origina en la capa externa del periciclo, lo que trae como consecuencia la destrucción de la endodermis y la corteza.

La transición raíz-tallo es muy difícil de observar en el aguacate.

Los haces externos del cilindro vascular, da origen a las trazas cotiledóneas debajo del punto en que se originan dichos órganos; en ese punto se inicia básipetamente la raíz. Según Heismann (1939) los haces vasculares secundarios del tallo constituyen un cilindro continuo y la relación de posición del xilema primario y secundario es contrario en la raíz. El xilema de la raíz es exarco y el del tallo es endarco.

Las raíces del aguacate carecen total o parcialmente de pelos absorbentes, lo que origina que la absorción se haga a través de las células corticales de las zonas de crecimiento longitudinal. Dichas zonas están cubiertas por una caliptra; al engrosarse los tejidos corticales las células de la corteza se suberizan y dejan de ser funcionales (Solares, 1976).

Según Fersini (1975) al carecer la raíz de P. americana de pelos absorbentes, el mecanismo de absorción de sustancias nutritivas se realiza por conducto de las células corticales, que después, con el sucesivo crecimiento apical de las raíces, se alargan en línea radial, se suberizan y constituyen la exodermis, la cual tiene como función proteger el parénquima cortical.

2. Anatomía de una raíz típica de dicotiledónea:

En las raíces jóvenes la epidermis es un tejido especializado para absorción de agua y nutrientes y generalmente presenta pelos absorbentes que son extensiones tubulares de las células epidérmicas para aumentar el área de absorción de la raíz. La función de absorción no es privativa de los pe los radicales, en otras células epidérmicas también es posible (Esau, 1959).

La corteza está constituida principalmente por células parenquimatosas, pero si persiste, puede desarrollar esclerénquima y colénquima. La presencia de espacios intercelulares corticales es característico de la raíz. Las células de la corteza están muy vacuoladas y los plastidios comúnmente almacenan almidón. La capa más interna de la corteza es la endodermis. En la zona de la raíz en que el cilindro vascular primario está empezando a ma durar, aparecen bandas de Caspary en las paredes radiales y transversales de las células endodérmicas, ya que el material de la pared sufre cambios químicos y aumento en grosor; se piensa que dicha banda contiene lignina y suberina. Más tarde, durante el engrosamiento secundario y el desarrollo de la peridermis, la endodermis se desprende junto con la corteza.

La exodermis se origina debajo de la epidermis; puede tener bandas de Caspary, estar constituida por una sola clase de células o por células lar gas y cortas, y ser uni o multiseriadas. Cuando la epidermis se colapsa y aún no se ha eliminado la corteza, la exodermis viene a ser la protección más externa de la raíz.

El cilindro vascular o estela comprende las células conductoras y una o más capas de parénquima. El periciclo está formado por parénquima y pue

de contener esclerénquima; comúnmente es el periciclo de una célula de gro sor pero puede ser multiseriado. El xilema forma frecuentemente sólidos centros con proyecciones que se extienden hasta las proximidades del periciclo. Las bandas de floema alternan con los haces de xilema. Si el xilema no se diferencia en el centro de la raíz, se presenta una médula formada por parénquima o esclerénquima. El número de haces xílicos varía en las diferentes especies y a veces en la misma planta; así, tenemos raíces diarcas, triarcas, tetrarcas, poliarcas.

En las dicotiledóneas con crecimiento radical secundario el cambium se inicia en la superficie interna del floema.

Las raíces laterales son de desarrollo endógeno y se originan en la periferia del cilindro vascular a variable distancia del ápice meristemático.

El origen más frecuente es el periciclo aunque la endodermis también con tribuye con algunas células a formar el primordio de la raíz.

La caliptra es la estructura de protección de la raíz y le ayuda a pene trar en el suelo. Está formada por células de parénquima derivadas del meristema radical. Esta parte del meristema apical de la raíz es a veces con siderada como un meristema distinto llamado "caliptrógeno" (Esau, 1977; Fahn, 1974).

III. MATERIALES Y METODOS

Se colectó el material en cuatro etapas y en diferentes localidades, a saber:

a- Se recogió en San Ramón de Tres Ríos (1480 m de altitud) 82 semillas que presentaban distintos grados de germinación, en un "charral" en el cual hay tres árboles adultos de aguacate; y se agruparon en seis estadios según el desarrollo presentado por el embrión.

b- Se utilizó 30 semillas adquiridas en Rio Segundo de Alajuela (980 m de altitud) que habían sido almacenadas por varios meses, en un lugar seco protegido de los rayos del sol. Se colocó dichas semillas en un germinador, sin ningún tratamiento previo, a una temperatura de 25°C y una humedad relativa de 95% a 99%.

c- Se obtuvo 23 semillas de aguacate de diversa procedencia, se trataron con Captafol (N-tetracloroetilio 4 - ciclohexeno 1,2 dicarboximida) y se sembraron en recipientes cilíndricos de cartón de 5,5 cm de alto, por 8 cm de diámetro, llenos de arena de río con un pH de 6,5. Todas las muestras se colocaron en el germinador, en las condiciones de temperatura y humedad mencionadas para la segunda etapa.

d- También se colectó material en la localidad de Zarcero (1700 m de altitud). Cuarenta y ocho horas antes del experimento las 98 semillas fueron separadas del fruto y divididas en grupos para recibir los siguientes tratamientos:

Grupo 1: Se removió la cubierta seminal por escarificación mecánica.

Grupo 2: Se practicó un corte de 3 mm en el ápice de la semilla.

Grupo 3: Testigo.

Todos los grupos fueron tratados con Captafol, sembrados en recipientes de cartón con arena, igual al procedimiento descrito para la tercera etapa y colocados en el germinador.

Las observaciones se hicieron a simple vista, siguiendo las indicaciones de Scheurman y Goedewaagen (1965) para la descripción de raíces. Con ayuda de un microscopio de disección se procedió a dibujar las más representativas.

Para el estudio de las diversas etapas con microscopio de luz se fijó las muestras colectadas en una solución de formalina-aceto-alcohol (FAA). Se deshidrató los embriones y raíces siguiendo el método de Johansen (1940) usando series de alcohol butílico terciario. Se hizo cortes tangenciales, transversales y longitudinales de las muestras en forma seriada y de 12-15 μ m de espesor, utilizando un micrótomó rotatorio Richter.

Se tiñó los embriones y los tejidos maduros mediante la técnica de Sharman (1943), posteriormente los cortes se montaron en Permunt.

Algunas de las muestras colectadas se fijaron en gluteraldehído al 4% en un amortiguador de cacodilato de sodio 0,05 M. pH 7,0 durante doce horas a 23°C. Después de la fijación, el material se deshidrató mediante series de etanol y se transfirió a una solución 1:1 de acetado de amilo y

etanol absoluto y luego acetato de amilo. Los especímenes se sonicaron durante 2 o 3 segundos en un sonicador Sharp UT-52 para eliminar impurezas y las secciones se llevaron hasta el punto de secado crítico con CO_2 en una secadora Hitachi HCp-1.

Se colocaron en un cobertor iónico EIKO modelo IB-3, donde se cubrieron con una película de oro; luego se procedió a observar el material en un microscopio de rastreo Hitachi HHS-2R. Las fotografías se tomaron con película Verichrome X.

IV. RESULTADOS

A. Observaciones de campo (San Ramón de Tres Ríos):

En forma natural, el aguacate germina en mantillos poco profundos de 25 cm, en suelos que conservan la humedad la mayor parte del año. En contraste con el alto índice de germinación de las semillas, las plántulas en desarrollo son muy pocas ya que los embriones son atacados por hongos, nemátodos, larvas de lepidópteros, etc. La Fig. 1 muestra tres plántulas de aguacate, con distinto grado de desarrollo, colectadas en el campo.

B. Observaciones de laboratorio:

1. Semillas procedentes de Río Segundo de Alajuela:

Ningún embrión se desarrolló satisfactoriamente. Al seccionarlos se observó numerosas galerías formadas por parásitos que atacan los cotiledones.

2. Semillas de diversa procedencia:

En la figura 2 se observan raíces con diversos días de germinación. El cuadro 1 recoge la información relativa a este tratamiento. La primera observación se realizó a los 21 días de colocados en el germinador y la última a los 65 días. Sólo una semilla presentó indicios de germinación y mostró una radícula de 1,5 cm de longitud a los 21 días. A los 55 días, las plántulas presentaron su mayor desarrollo, mostrando una raíz gruesa y suberizada. De las 30 semillas únicamente 14 germinaron.

Se seccionó una raíz fresca de 28 días y se le agregó unas gotas de Lugol (I_0 , KI). Se observó al microscopio el crecimiento primario; la médula

Fig. 1: Plántulas de Persea americana Mill. que germinaban en un charral en San Ramón de Tres Rfos. 1X

- a. Emerge la raíz primaria.
- b. Plántula con raíz primaria, varias raíces secundarias y las hojas como escamas.
- c. Raíz primaria y raíces secundarias. No se observa el epicótilo.

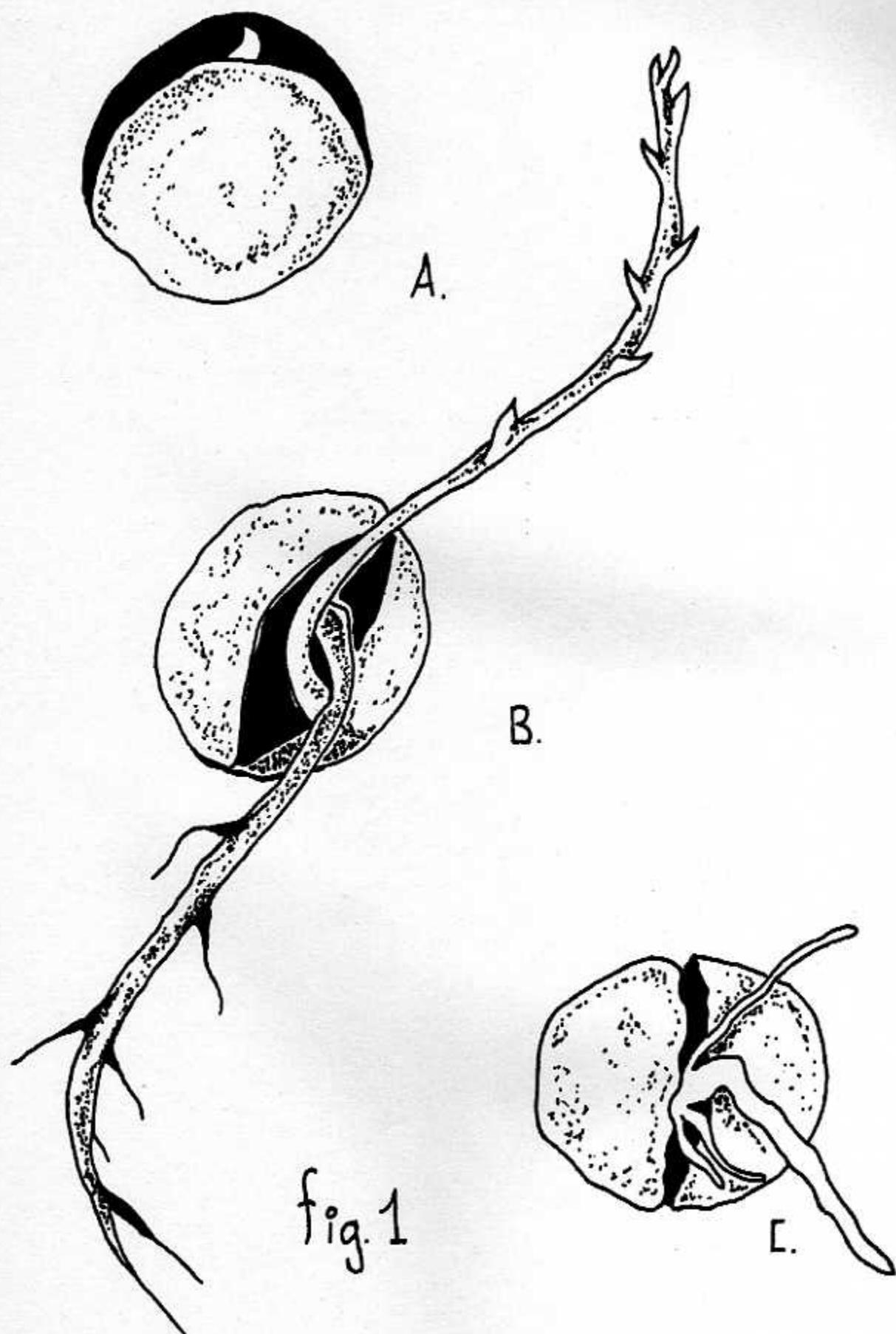
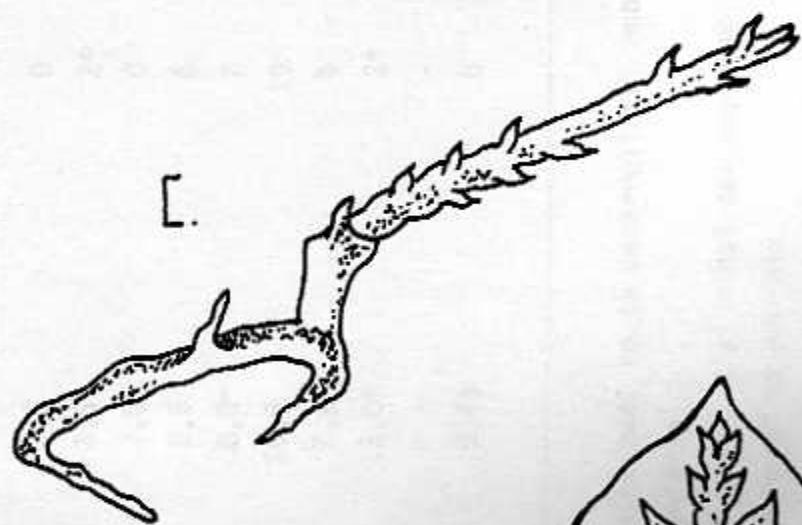
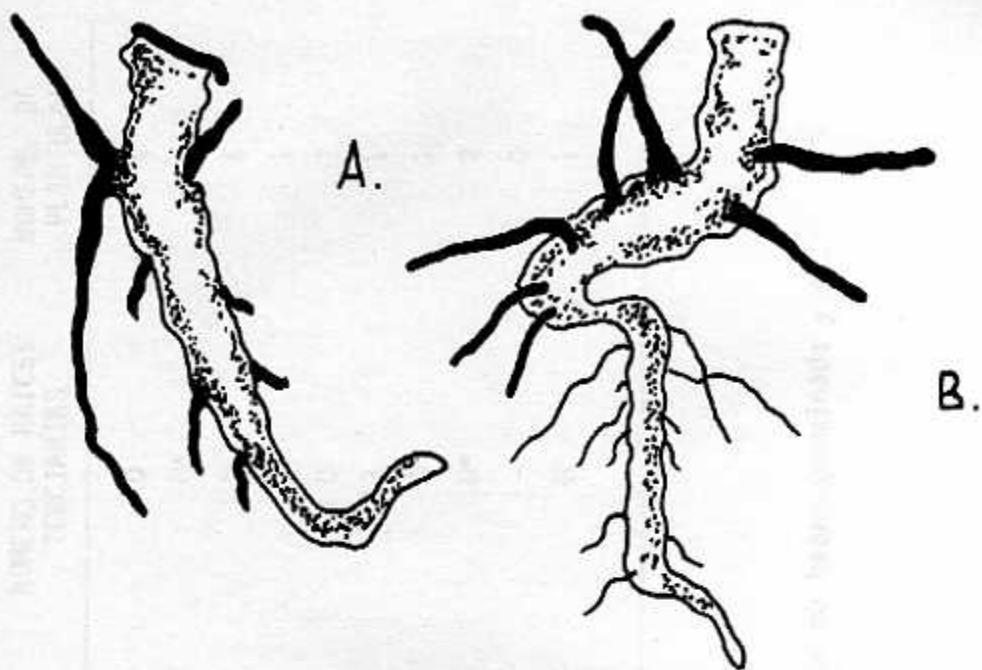


fig. 1

Fig. 2: Plántulas obtenidas de la germinación de semillas de diversa procedencia.

- a. Raíz con 35 días de desarrollo. 1X
- b. Raíz de 37 días de germinada. 1X
- c. Plántula de 55 días de germinación, con un tallo de 20,5 cm de longitud y una raíz primaria de 13 cm. 1/4 X
- d. Raíz enferma que impide el desarrollo de un brote de 55 días. 1X



D.



fig. 2

CUADRO 1: Semillas de Persea americana de diversa procedencia.

DIAS DE GERMINACION	TAMAÑO (cm) DE LA RAIZ PRIMARIA	NUMERO DE RAICES SECUNDARIAS	NUMERO DE RAICES TERCARIAS	NUMERO DE PLANTULAS
21	1,5	0	0	1
27	3,5*	2*	0*	4
28	3,0	0	0	1
29	8,5	6	0	1
35	8,0*	7	0	2
37	10,5	19	13	1
49	7,9	4	0	1
55	13,0*	2*	0*	2
58	+ -	-	-	0
65	0,4†	8	8	1

+ Tres semillas infectadas no se desarrolló el embrión.

† Raíz principal enferma.

Se desecharon 16 semillas al final del experimento, por no haber germinado y se observó podredumbre en el embrión.

* Valor promedio.

es compacta con células especializadas en almacenamiento de sustancias (fenoles, taninos, almidón, etc.). Las células son de paredes delgadas. Alrededor de la médula hay bandas alternas de floema y xilema; el floema presenta maduración exarca y se observan más o menos 15 polos de xilema.

3- Semillas de Zarcero:

El embrión de las semillas en estado de latencia mide de 5 a 10 mm y está ubicado en la parte media de la semilla y cubierto por delgados tegumentos.

Es carnoso y de prominentes cotiledones. El eje epíhipocótilo es pequeño y recto.

A. Desarrollo del embrión de Persea obtenido de semillas procedentes de Zarcero:

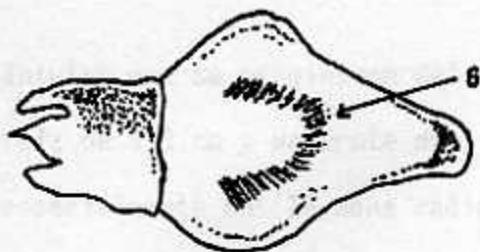
a) A los 8 días se observó 9 muestras; 3 correspondientes a semillas testigo y 3 de cada uno de los tratamientos mencionados y se procedió a obtener medidas promedio. Sólo las semillas que habían sufrido escarificación, presentaron un embrión con una radícula de 2 cm.

b) A los 14 días, el grupo testigo presentó embriones con una pequeña radícula, sin embargo, se observó en ella algunos signos de suberización (Fig. 3a).

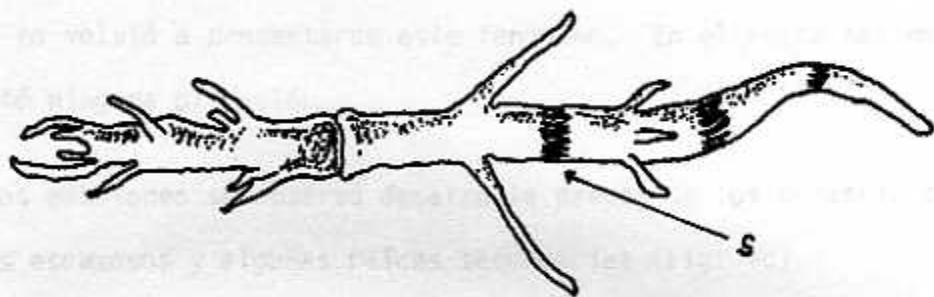
Las semillas escarificadas germinaron y produjeron una plántula con una raíz de 3,5 cm, con secciones suberificadas y un brote de 2 cm (Fig. 3b).

Fig. 3: Plántula de 14 días de germinación.

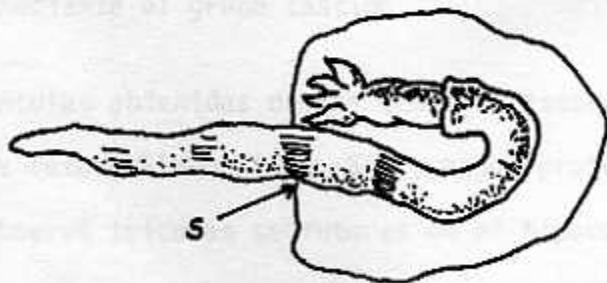
- a. Embrión del grupo testigo. Se observa suberización. (s). 20X
- b. Plántula producida por semilla escarificada. Suberización muy notoria (s). 2X
- c. Plántula obtenida de una semilla con corte. La mayor deposición de súber se observa en la zona de la radícula que está en contacto con el borde del cotiledón (s). 2X



A.



B.



C.

fig. 3

Las plántulas que se originaron del embrión de la semilla cortada produjeron una raíz de 3,8 cm y un brote de 1 cm (Fig. 3c). La raíz mostró suberización, especialmente en la zona radical vecina a los cotiledones.

La Fig. 4 muestra cortes longitudinales de varios embriones a los 19 días de germinación.

Los cotiledones de todas las muestras observadas, presentaron oxidación al ser seccionados. A partir del día 19 de germinación y hasta el final del experimento, no volvió a presentarse este fenómeno. En el resto del embrión no se presentó ninguna oxidación.

En algunos embriones se observó desarrollo precoz de los primeros primordios foliares escamosos y algunas raíces secundarias (Fig. 4c).

La Fig. 5 muestra embriones de la misma edad con una mayor producción de raíces secundarias. Las semillas en las cuales se logró este desarrollo del embrión, fueron sometidas a corte.

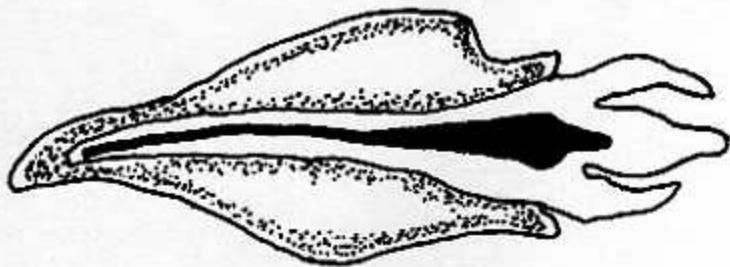
En la Fig. 5a. se muestra una raíz con poco desarrollo pero muy suberizada, perteneciente al grupo testigo.

Las plántulas obtenidas de las semillas escarificadas presentaron el epicótilo más desarrollado (Fig. 5c) y mayor profusión de raíces secundarias. Se observó tricomas secretores en el hipocótilo.

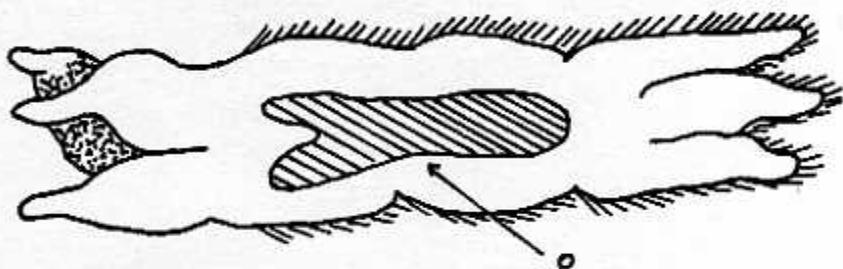
La Fig. 6 muestra el desarrollo de una plántula testigo de 42 días. Obsérvese la longitud del epicótilo y los numerosos primordios foliares escamosos.

Fig. 4: Eje epi-hipocótilo de embriones del grupo testigo con 19 días de germinación. 20X

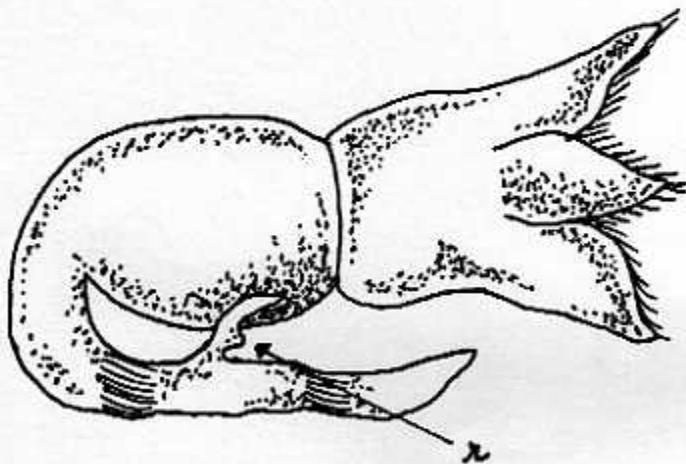
- a. Corte longitudinal del eje. Sección ventral.
- b. Vista lateral del eje del embrión mostrando los restos de un cotiledón oxidado. (o).
- c. Raíz secundaria (r).



A.



B.



C.

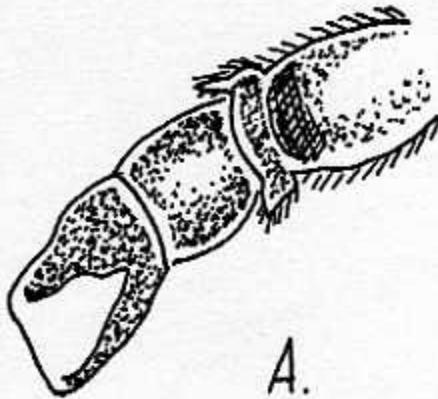
fig. 4

Fig. 5: Embriones de 19 días de germinación (Los cotiledones fueron removidos para facilitar la observación).

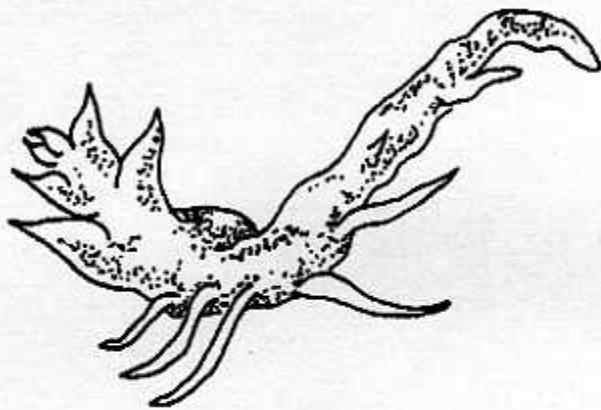
a. Hipocótilo de una plántula del grupo testigo con numerosos pelos secretores. 20X.

b. Plántula obtenida de una semilla con un corte. 2X.

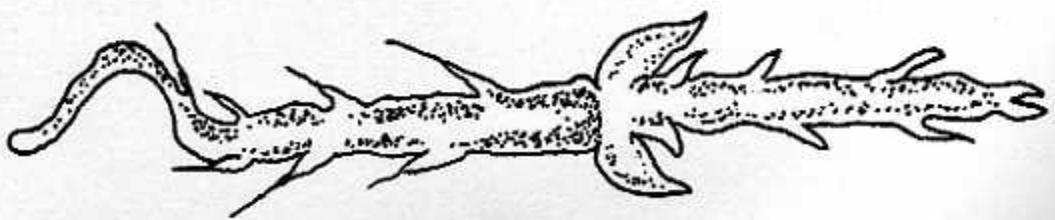
c. Plántula producto de una semilla es-carificada.



A.



B.



C.

fig. 5

Fig. 6: Plántula testigo con 42 días de germinación X.

R= Raíz primaria.

r= Raíz secundaria.

e= Epicótilo con numerosos primordios foliares escamosos.

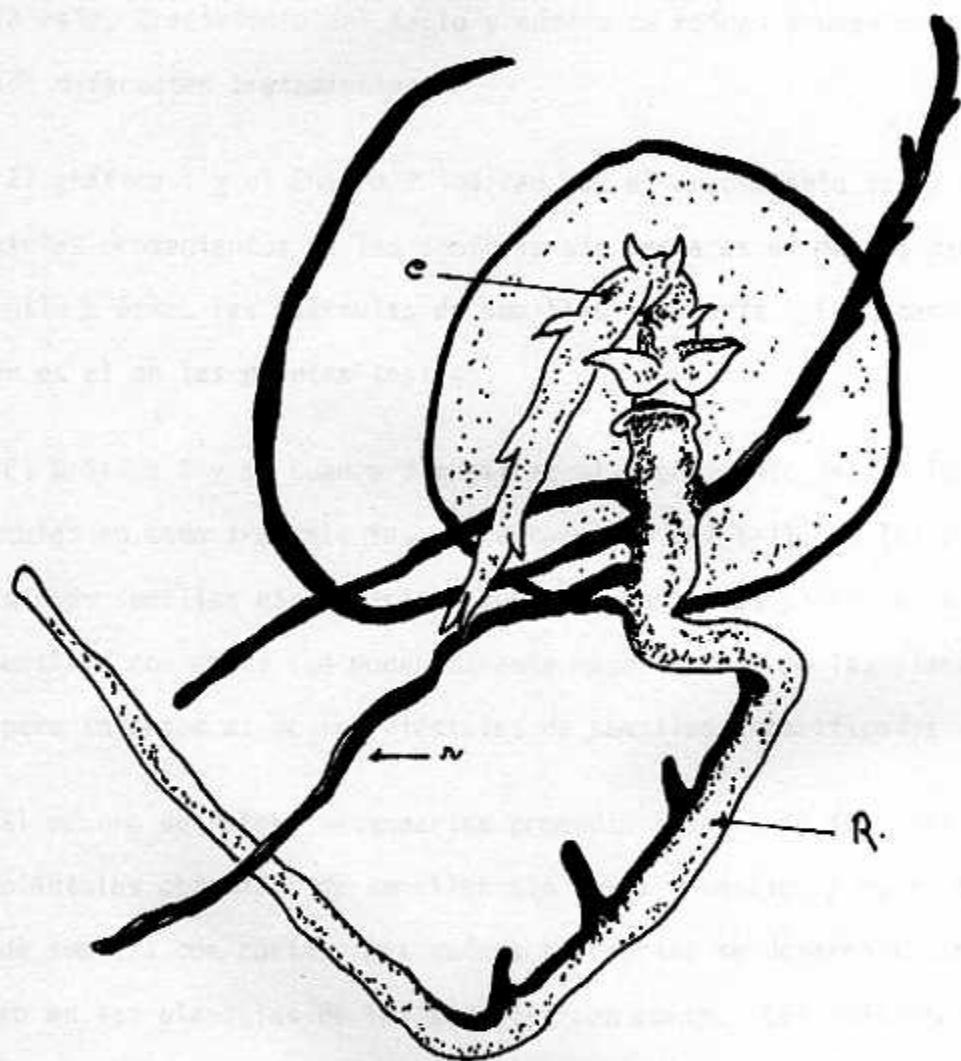


fig. 6

C. Observaciones y mediciones realizadas en estas semillas:

Los cuadros 2, 3 y 4 contienen la información relativa al crecimiento de la raíz, crecimiento del tallo y número de raíces promedio en cada uno de los diferentes tratamientos.

El gráfico 1 y el Cuadro 2 indican que el crecimiento de la raíz en las plántulas provenientes de las semillas sin testa es el mayor; siguen en desarrollo a éstas las plántulas de semillas con corte. El tamaño radical menor es el de las plantas testigo.

El Gráfico 2 y el Cuadro 3 muestran el crecimiento del tallo de las plántulas en cada tratamiento. El desarrollo del tallo en las plántulas obtenidas de semillas escarificadas fue el mayor. Las plántulas provenientes de semillas con corte fue moderadamente mayor que el de las plantas testigo, pero inferior al de las plántulas de semillas escarificadas.

El número de raíces secundarias promedio (Cuadro 4) fue casi igual en las plántulas obtenidas de semillas sin testa y testigo y mucho menor en las de semilla con corte. Las raíces terciarias se desarrollaron en mayor número en las plántulas de las semillas con corte. Las plántulas testigo desarrollaron también numerosas raíces terciarias; por el contrario su número en plántulas de semillas sin testa fue muy bajo. Solo las plántulas de semilla con corte, desarrollaron raíces cuaternarias.

Viabilidad de la semilla de Persea americana en las diferentes etapas del experimento.

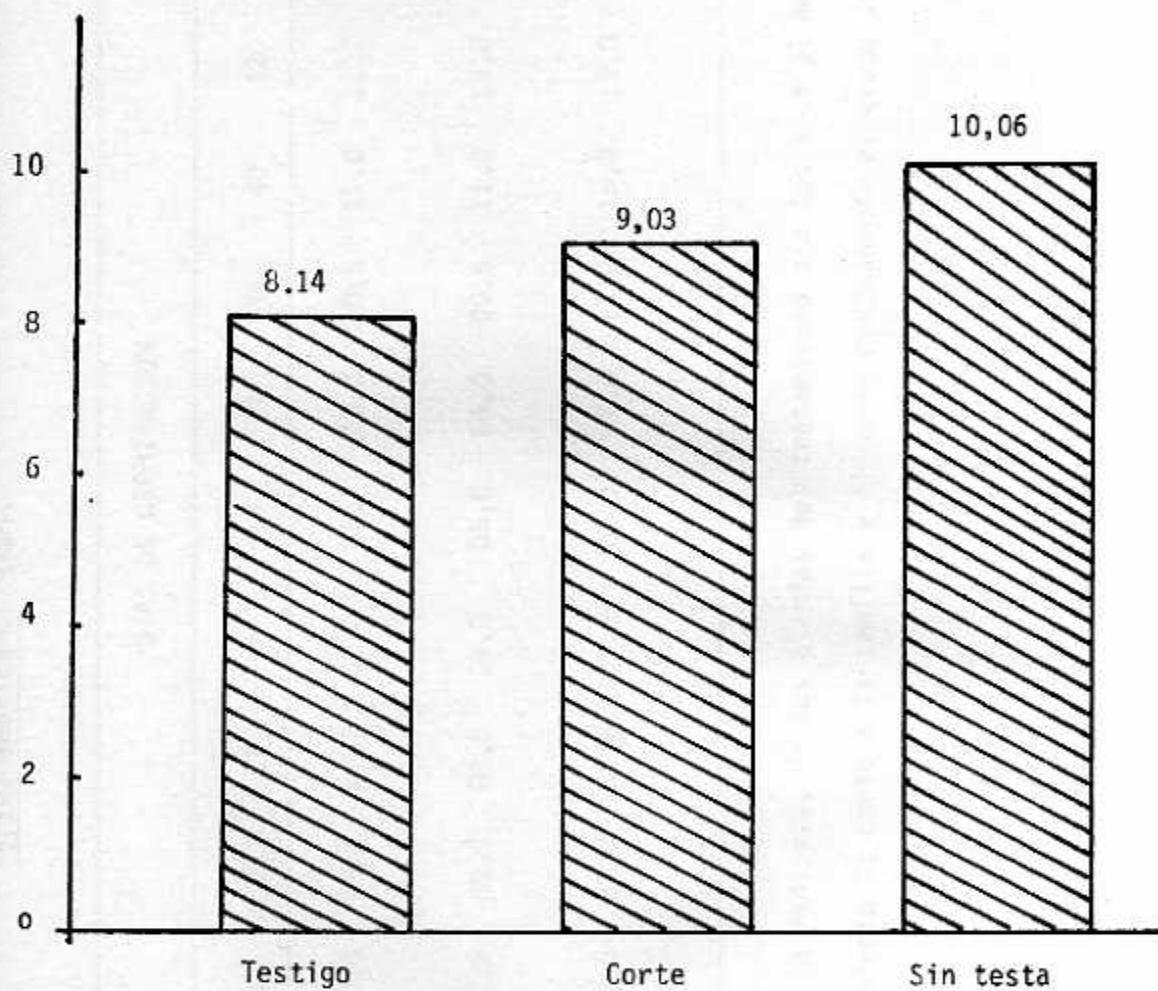


Gráfico 1: Comparación del desarrollo longitudinal promedio de la raíz, según los tres tratamientos.

CUADRO 2: Tamaño promedio de la radícula de 98 plantas de Persea americana (cm).

TRATAMIENTOS	DIAS DE GERMINACION											\bar{X}
	05	08	12	14	19	26	36	40	42	43	44	
Testigo	00,0	00,0	01,6	02,0	02,5	10,0	10,5	11,0	11,2	11,5	13,0	8,14
Corte	00,0	00,0	03,8	04,0	05,0	06,0	09,5	11,0	13,0	13,5	15,5	9,03
Sin testa	00,0	02,0	02,6	03,5	05,5	07,0	13,0	15,0	16,0	17,0	19,0	10,06

El tamaño promedio de la radícula, de las plantas del tratamiento sin testa es el mayor, seguido por el tratamiento de corte a la semilla y el menor corresponde al grupo testigo.

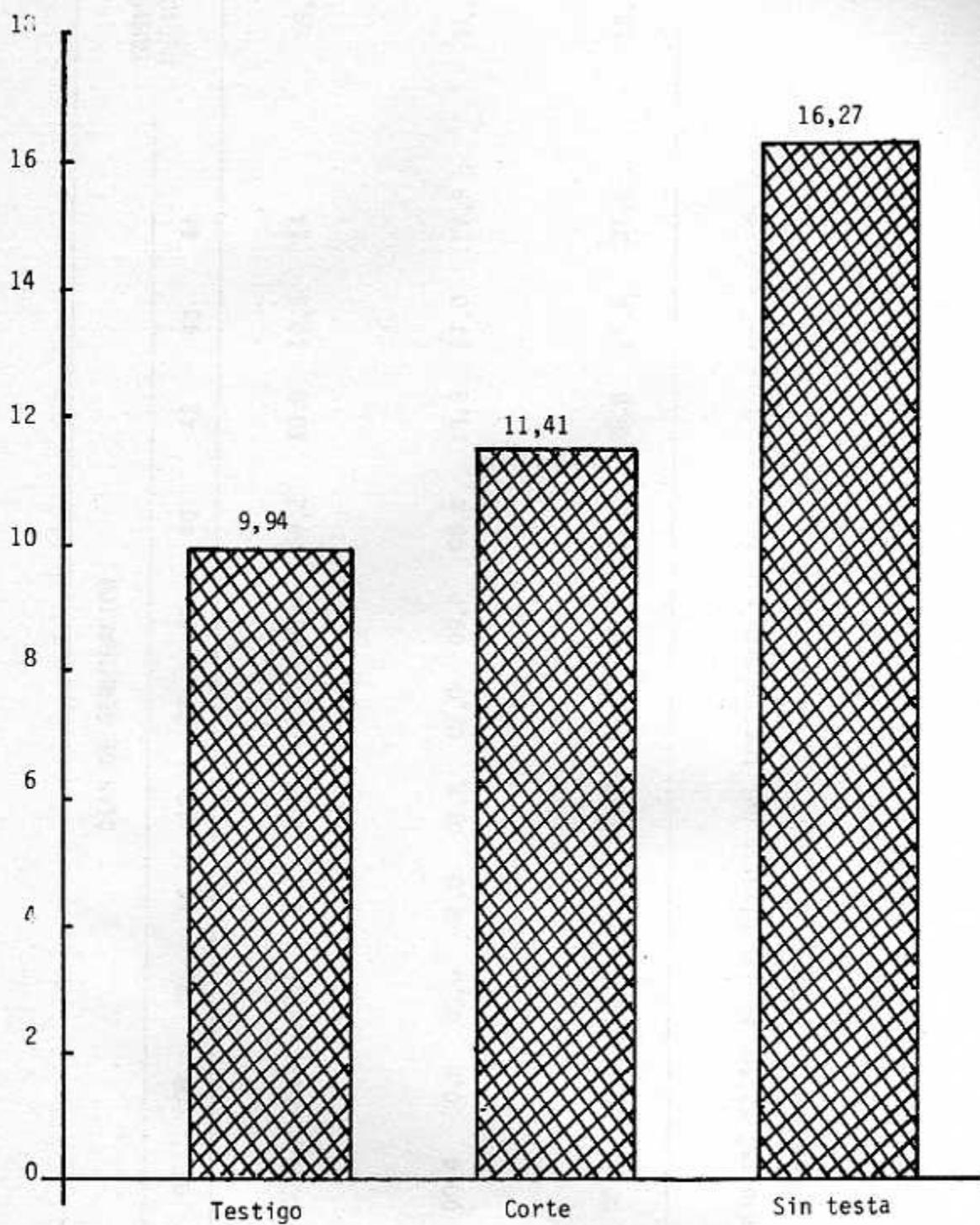


Gráfico 2: Comparación del desarrollo longitudinal promedio del tallo, según tres tratamientos.

CUADRO 3: Tamaño del tallo de 98 plantas de Persea americana (cm)

TRATAMIENTOS	DIAS DE GERMINACION											TAMAÑO PRO- MEDIO \bar{x}
	05	08	12	14	19	26	36	40	42	43	44	
Testigo	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0	06,0	09,2	10,0	10,5	14	09,94
Corte	00,0	00,0	00,0	01,0	01,5	02,0	09,0	09,8	13,5	27,0	27,5	11,41
Sin testa	00,0	00,0	00,0	02,0	03,0	03,5	17,5	25,0	25,6	25,6	27,8	16,27

El tamaño promedio del tallo, de las plantas del tratamiento sin testa es el mayor, seguido por el tratamiento de corte a la semilla y el menor corresponde al grupo testigo.

CUADRO 4: Número de raíces promedio en cada tratamiento hecho a 98 semillas de Persea americana.

TRATAMIENTOS	RAICES		
	SECUNDARIAS	TERCIARIAS	CUATERNARIAS
Testigo	17,2	14,5	00,0
Corte	09,6	18,0	01,0
Sin testa	17,0	04,0	00,0

De los tres tratamientos: Testigo presenta la raíz más ramificada.

Corte, ramificación media.

Sin testa, la menor ramificación.

Fig. 7:

- a. Corte transversal de raíz (semilla germinada espontáneamente en un charral). 100X.
- b. Corte longitudinal de raíz (con 8 días de germinación, estimulada por escarificación de la semilla).
Elementos traqueales helicoidales. (h). 400X.
- c. Haces vasculares en cotiledón de una semilla testigo (8 días de germinación). 200X.

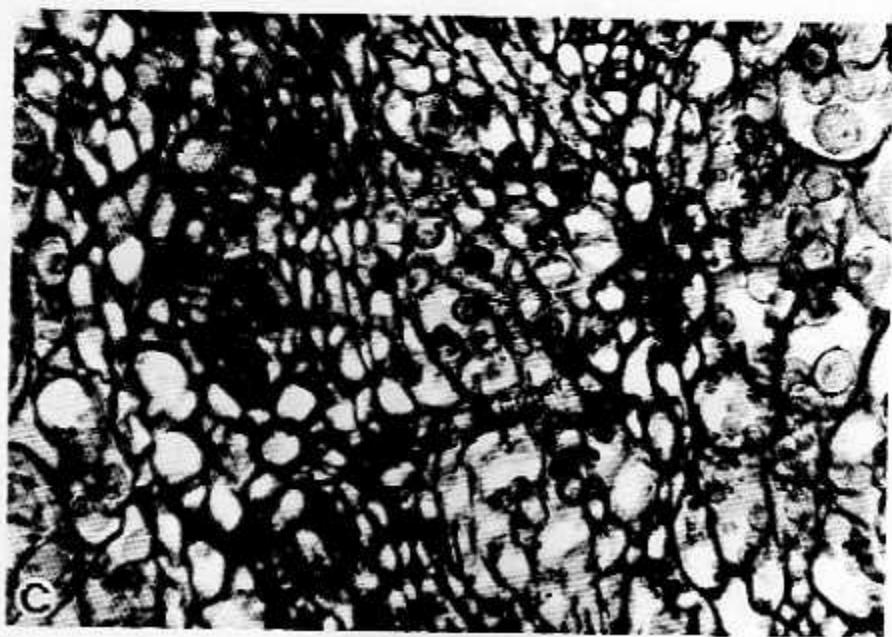


Fig. 8:

- a. Exodermis en raíz (c) 58 días de germinación. 200X.
- b. Polo meristemático (p) (raíz secundaria) 8 días de germinación (semilla escarificada) 200X.
- c. Parénquima radicular con células muy vacuoladas. 8 días de germinación. (Semillas testigo). 400X.
- d. Corte tangencial de raíz. 8 días de germinación. (semilla cortada). 200X.

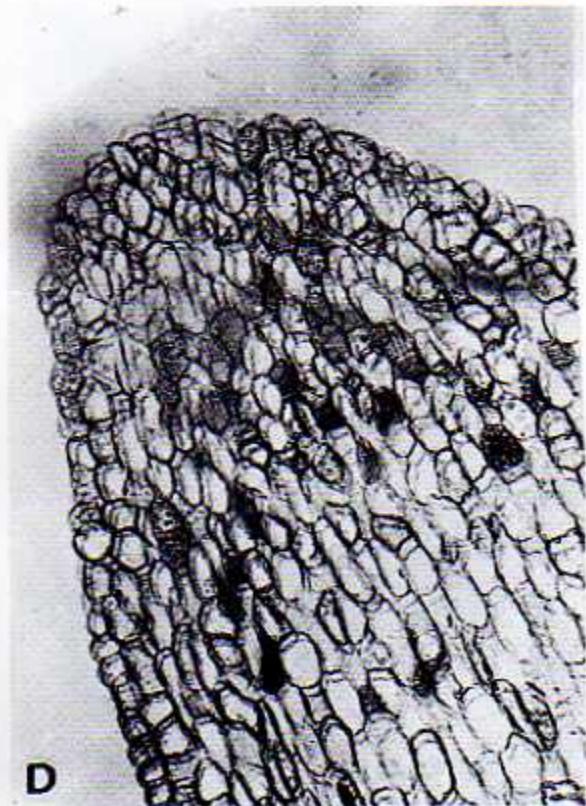


Fig. 9:

- a. Cambium (d) en cortes de raíz de plántulas testigo de 58 días. 400X.
- b. Cambium (d) y tejido vascular secundario en la parte más vieja de la raíz primaria.
Xilema secundario (x).
Floema secundario (f).
Felógeno (F).
- c. Sección transversal de raíz mostrando el tejido vascular secundario y la peridermis en una planta testigo de 32 días. 100X.
- d. Corte transversal de raíz con crecimiento secundario observada al microscopio electrónico de barrido.
Xilema (x). 100X.

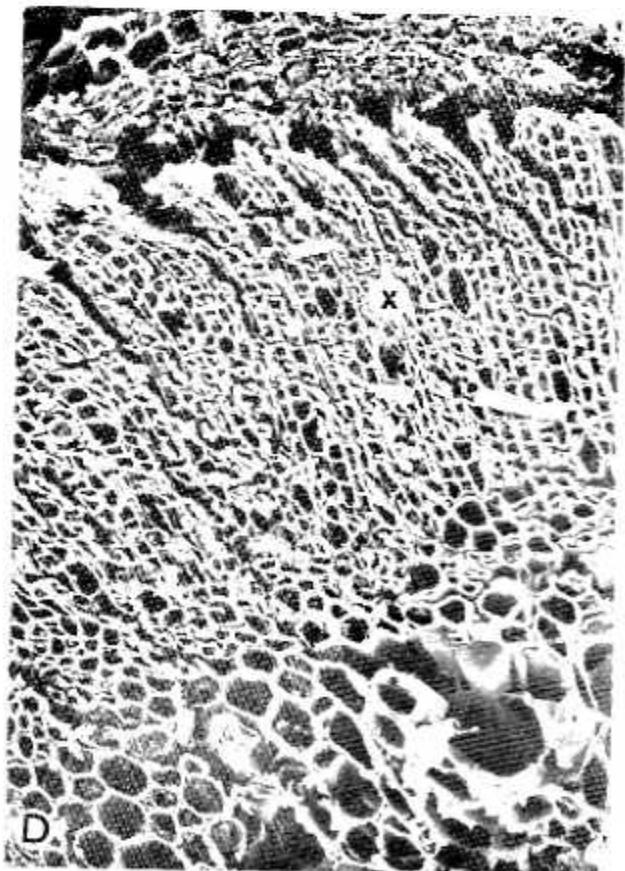
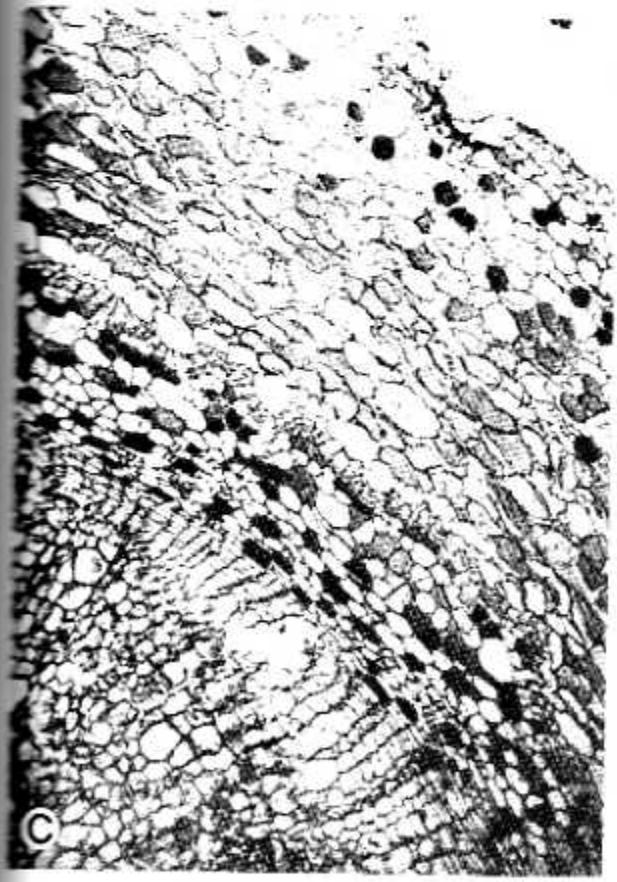
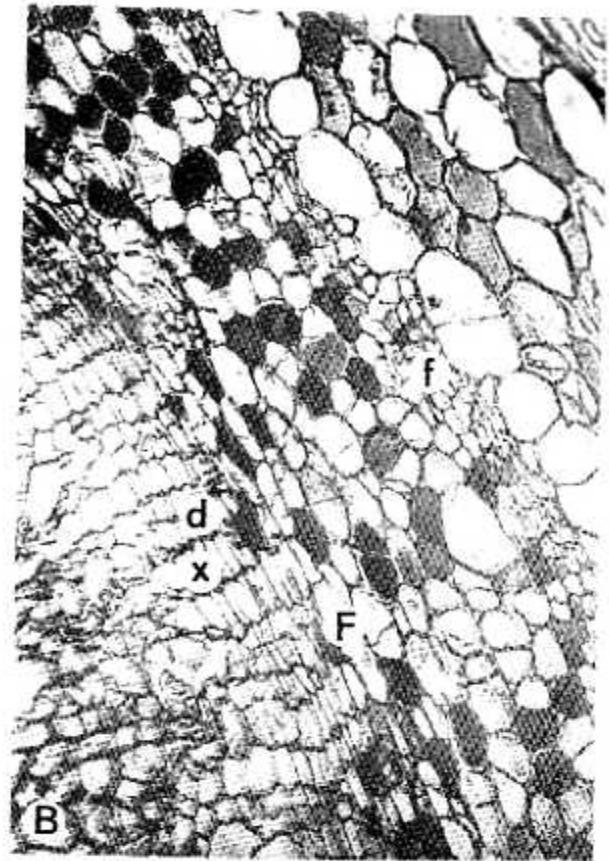
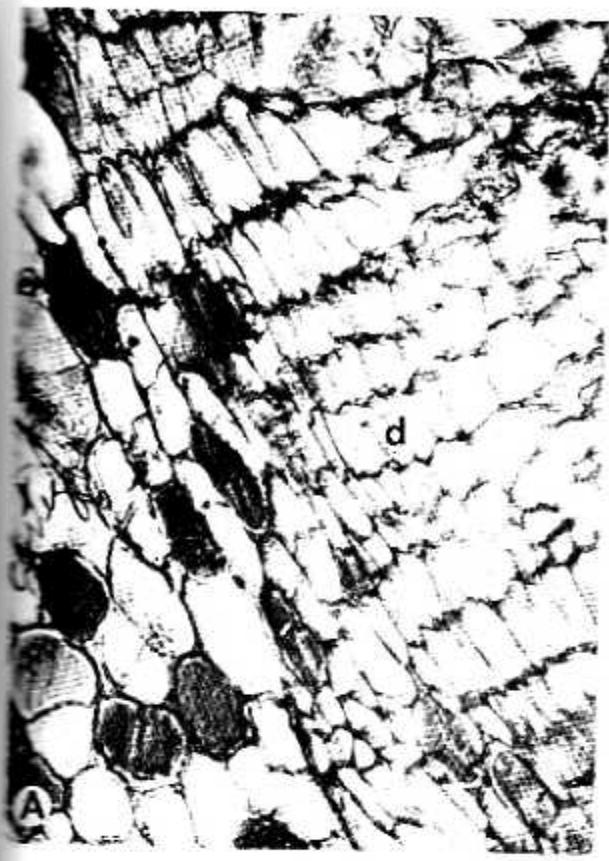


Fig. 10:

a. Corte transversal de raíz mostrando la peridermis (P). 40X.

b. Peridermis (P) de la plántula obtenida de una semilla germinada en un charral. 400X.



A



B

1. Semillas colectadas en el campo en San Ramón de Tres Ríos:

No se observó la "viabilidad" ya que todas las semillas fueron colectadas en diferentes grados de germinación en un ambiente natural.

2. Semillas colectadas en Río Segundo de Alajuela:

Se colocó 30 semillas en el germinador, 16 se desecharon por presentar podredumbre. Las 14 restantes presentaron el embrión sano, pero no se había desarrollado.

3. Semillas de diversa procedencia:

Se colectó 23 semillas de las cuales se pudrieron 8; el resto germinó, lo que corresponde a un 65,21% de viabilidad.

4. Semillas colectadas en Zarcero:

Se obtuvo 98 semillas de las cuales 2 se pudrieron. El resto germinó. La viabilidad fue de 97,56%.

Reacciones químicas:

1. Los cotiledones reaccionan positivamente con Lugol; la testa y el resto del embrión no. Esta reacción pone de manifiesto la presencia de almidones, ya que éstos reaccionan con soluciones de I_2 , KI , para formar un complejo coloreado que va del pardo al púrpura (Conn y Stumpf, 1969).

2. No hay reacción para proteínas de tipo albuminoso con el reactivo verde de bromocresol, que es un colorante que reacciona específicamente con este tipo de sustancias (E. Brilla, comunicación personal, 1980).

3. Los cotiledones reaccionaron positivamente con la solución de Benedict la testa reaccionó débilmente y el resto del embrión no reaccionó. Este reactivo demuestra la presencia de sustancias reductoras como monosacáridos y disacáridos (Lehninger, 1972).
4. Los cotiledones reaccionan con ortotoluidina dando una coloración púrpura, la cual se debe a la formación de una base de Schiff, determinada por la presencia de una amina aromática, la ortotoluidina, con un aldosa-carbónido (Brilla, 1977).

Observaciones anatómicas en la raíz de *P. americana*

1. Médula: La raíz de *Persea americana* presenta una médula parenquimatosa que funciona como tejido excretor y de almacenamiento (Fig. 7a). Las células de la parte central de la médula son de mayor tamaño y tienen citoplasma menos denso que las células periféricas.
2. Procambium: El anillo de procambium observado en raíces jóvenes presenta numerosos polos xílicos y floicos aún en observaciones muy tempranas realizadas en embriones de ocho días (Fig. 7a). Las bandas procambiales se extienden desde la radícula hasta los cotiledones. En la Fig. 4a se aprecian dichas bandas incluso en la proximidad del brote.
3. Xilema: En un corte de cotiledón de 8 días de germinado se observan los haces vasculares diferenciados y la condición endarca del xilema (Fig. 7c). En la raíz y en el eje epi-hipocótilo la maduración del xilema primario es tardío. Sin embargo, en semillas escarificadas se observan elementos helicoidales.

4. Corteza: Está constituida por parénquima de almacenamiento. Se observan pequeños glóbulos de aceite en el interior de las células (Figs. 8a-d 8b, 8c y 8d) así como mucílago, el cual ocupa inicialmente la mayor parte del lumen celular, aunque luego disminuye en cantidad. El almidón es otra abundante reserva en las células corticales de la raíz de P. americana.

En la Fig. 8b. se observa una área meristemática que es el inicio de una raíz secundaria , endógena, que se produce a partir del periciclo.

El límite exterior de la corteza lo constituye la exodermis formada por dos o más células en grosor, algunas de las cuales son secretoras.

5. Rizodermis: La rizodermis es normalmente uniseriada y muestra células con depósito de taninos.

6. Cambium y tejido vascular secundario: El cambium se observa en cortes con 58 días de germinación (Fig. 9a). Produce xilema secundario internamente y floema secundario hacia el exterior (Fig. 9b). El xilema es de porosidad dispersa (Fig. 9c) y los radios xilemáticos están claramente definidos (Fig. 9d).

El floema presenta células parenquimatosas con abundantes sustancias de reserva y elementos de los tubos cribosos (Fig. 9b). Las células del floema primario se colapsan al ser comprimidas por la actividad del cambium.

El súber es precoz ya que empieza a depositarse en algunas zonas de la raíz desde el octavo día de germinación (Fig. 3a) cuando no ha empezado aún a formarse el cambium. Se observa también un mayor depósito de súber en las zonas de la raíz que tienen contacto con el extremo proximal del cotiledón; de esta forma actúa como tejido de cicatrización (Fig 3c).

No se observó la presencia de pelos absorbentes en la raíz de Persea americana.

7. Felógeno: Presenta una célula en grosor, y se origina internamente a partir del parénquima floemático, lo cual lo coloca cerca del cambium. No se observa felodermis (Fig. 9c).

8. Peridermis: Es una serie de capas de células suberizadas que se desprende al engrosarse la raíz (Fig. 10 a-b).

V. DISCUSION

En el charral se notó un alto índice de germinación, pero ausencia de arbolitos en vías de desarrollo. Tres árboles adultos bien desarrollados, demuestran que no son factores limitantes, en este caso, ni el drenaje ni la salinidad, pues la variedad de aguacate Mexicana, que es la que crece en la zona, es muy susceptible a un pH alto (Coit, 1957). Todo el potencial de vida de la semilla se pierde al no contar con suficiente luz y combate de patógenos cuya presencia es favorecida por el exceso de materia orgánica de lenta descomposición. Popenoe (1952) hace énfasis en la necesidad de cuidar las plantaciones de aguacate, pues algunos insectos de América, poseen larvas que hacen túneles a través de la semilla (ej. Heilipus lauri y una polilla del género Stenom); otras especies afectan indirectamente la semilla al dañar al fruto (Coit, 1957).

Se comprobó la escasa viabilidad de la semilla de Persea americana (Rueda, Arteaga, etc. 1969). La semilla puede estar infectada por Phytophthora cinnamomi, Verticillium y Rhizoctonia.

Para almacenar las semillas por varios meses e incluso más de un año, sin que se deterioren, se deben colocar en turba seca a una temperatura de 4,5°C (Chandler, 1962). Las semillas tratadas con agua caliente por 30 minutos a temperaturas de 115, 120 o 125°F y almacenadas por dos meses, no muestran reducción significativa en la germinación (Zentmyer y Thorn, 1958).

Las semillas del experimento habían sido almacenadas en un lugar fresco y preservado de los rayos del sol, por varias semanas, lo cual no fue

suficiente para preservar el embrión.

Las condiciones ambientales que existieron dentro del germinador dieron excelentes resultados. Los macroporos de la arena permitieron la absorción de agua y la respiración radicular y el pH fue el adecuado para una planta que acusa con rapidez el exceso de aniones (Rueda, Arteaga, etc., 1969; Atkinson, 1979).

El uso del captafol (González, 1976) aplicado a la semilla, impidió en la mayoría de los casos, el desarrollo de hongos que atacan la raíz, de los cuales el más frecuente es Phytophthora cinnamomi (Delgado, 1942; Zentmyer y Schroeder, 1955; Schroeder, 1955; Zentmyer y Thorn, 1956; Popenoe, 1952). La germinación en las condiciones ambientales descritas se aceleró considerablemente.

Comprobadas las condiciones óptimas para la germinación de la semilla de Persea americana se ponen en evidencia dos variables que determinan cómo se puede acelerar la germinación de la semilla. Ellas son:

- a) Tiempo que media entre la separación de la semilla del fruto y la siembra;
- b) Influencia de la cubierta seminal en la germinación de la semilla.

La primera variable introducida es conveniente, ya que al disminuir el tiempo que media entre la separación de la semilla del fruto y la siembra, aumenta el porcentaje de viabilidad como se demostró en esta experiencia. Con respecto a la segunda variable, en el cuadro 2, "Crecimiento de la raíz según los tres tratamientos", se nota la influencia de la testa. La semilla escarificada es la primera en desarrollar la radícula y a través del ex

perimento va a producir en la mayoría de los casos, la raíz más larga. Le sigue el tratamiento de corte de la semilla y la de menor crecimiento es la raíz producida por las semillas testigo.

En el cuadro 3 "Crecimiento del tallo según los tres tratamientos", se manifiesta crecimiento rápido del tallo en las semillas con corte y sin testa, pero de mayor tamaño en las últimas; en el grupo testigo el tallo es el más corto.

En el cuadro 4 "Número de raíces promedio según los tres tratamientos", es el grupo testigo el que produce la raíz más ramificada; en segundo lugar está el tratamiento de corte y en el último el de las semillas sin testa.

Se puede apreciar en estos tres cuadros que el tratamiento que estimula la aparición de raíz y tallo y el crecimiento de los mismos, disminuye levemente la capacidad de ramificación de la raíz. No se sabe si este comportamiento prevalece durante toda la vida de la planta, ya que el experimento duró 44 días y los datos de Kadman (1963) se limitan al momento de la germinación.

Se puede comprobar que algunas raíces secundarias, escapan inicialmente al geotropismo positivo; este mismo fenómeno fue observado por Gillespie (1957) en la variedad Mexicana de Persea.

Se puede apreciar que la testa es una barrera que protege al embrión (Meyer, et al., 1970; Devlin, 1976) ya que la infección sólo se produce en la plántula y al final del experimento. Las semillas sin testa, a causa de las condiciones óptimas en que se produjo la germinación, sólo dieron un indicio de infección al día 44, que fue el último del experimento.

Es interesante notar cómo el traumatismo que produce un corte en la semilla favorece la infección,

Los resultados coinciden con Kadman (1963); la semilla testigo es la que germina más tardíamente, ya que la cubierta seminal actúa como barrera que mantiene la latencia en la semilla y retrasa la germinación (Hartmann y Kester, 1964; Devlin, 1976; Meyer, et al., 1970; Zentmyer y Thorn (1956); afirman que la presencia de la testa no tiene importancia en la tasa de germinación, pero que el corte de la semilla sí la incrementa. En el presente trabajo lo más representativo de la ausencia de la testa no es la viabilidad de la semilla, sino el mayor desarrollo de la plántula originada, lo cual se puede deber al hecho de que se ha eliminado una barrera que limita la imbibición, condición indispensable para la germinación (Devlin, 1976).

Las auxinas presentes en la planta incrementan la plasticidad de las paredes, lo cual seguido de la absorción de agua que las expande, provoca el alargamiento celular y por lo tanto un mayor tamaño en raíz y tallo (Weaver, 1976).

1. Desarrollo de la plántula de aguacate:

El tamaño de la semilla tiene relación con el desarrollo de la plántula; a mayor tamaño de la semilla, más desarrollada será la planta que produzca (Hodgson y Eggers, 1938). No se observó en ningún caso un embrión prominente y bien desarrollado, como afirman Delgado (1942) y Lawrence (1969). En el 3,0% de las semilla se observó tres cotiledones; en estos casos el embrión conserva su posición central como punto de unión entre los cotiledones.

a. Médula y sistema vascular:

La médula ocupa el centro de la raíz y presenta células de diferente tamaño, algunas de las cuales son secretoras.

La banda de procambium se diferencia en la periferia de la médula, en la cual, contrario a lo afirmado por Heismann (1939) se aprecian numerosos polos xilemáticos y no únicamente cuatro; de esta manera la raíz es poliarca y no tetrarca, desde los inicios de su desarrollo,

b. Corteza y epidermis:

La corteza constituye un tejido muy abundante, con muchas células en grosor; es considerablemente más grande en la raíz que en el tallo, porque en la primera tiene función de almacenamiento sobre todo el almidón, aceites y sustancias mucilaginosas (Heisman, 1939). Las raíces secundarias se producen a partir del periciclo, lo cual es característico de las espermatófitas).

La corteza, según Solares (1976) y Fersini (1975), tiene mucha importancia en el mecanismo de absorción de las sustancias nutritivas, a causa de la ausencia de pelos absorbentes. La autora no está de acuerdo con la afirmación anterior, ya que la absorción es característica de los tejidos epidérmicos.

Los pelos absorbentes aumentan el área de absorción de la raíz (Rosene, 1954). Numerosas especies maderables los presentan (Kozlowsky, 1971), pero en Persea americana se encuentran ausentes.

Por la importancia que la mayoría de los investigadores confieren a los pelos absorbentes, se han realizado estudios para conocer su anatomía (Dawes

& Bowler, 1959). También se ha inducido su formación, teniendo en cuenta que las estructuras subterráneas a menudo muestran más relación con el tipo de suelo que con el grupo taxonómico al cual pertenecen (Bell, 1967).

Dale (1951) indujo la formación de pelos absorbentes en Anacharis colocando la plántula en lodo y privando a la raíz de luz.

Se pensó en inducir la formación de pelos absorbentes en Persea americana en el presente trabajo, colocando una plántula de pocos días en un medio hidropónico y burbujearle CO_2 pero se desechó la idea, pues a los 8 días de germinación, la radícula ya presenta trazas de suberización. Si se colocaba la semilla en dicho medio se pudre por ser muy sensible a la humedad.

Persea americana, es una planta que presenta signos de madurez desde etapas muy tempranas de su desarrollo, lo cual puede ser la causa de la ausencia de una epidermis con pelos absorbentes.

c. Cambium y tejidos vasculares secundarios:

El cambium es el responsable del crecimiento secundario; produce xilema centripetamente y floema centrifugamente.

El xilema de una plántula de 58 días está constituido por elementos de los vasos de diferente diámetro y con distribución desigual.

El felógeno uniseriado presenta un origen muy interno, próximo al cambium. No se observa felodermis, posiblemente porque las células del súber y del felógeno se forman tras la primera división (Fahn, 1974).

El felógeno tiene una actividad muy precoz, ya que desde los ocho días de germinación está presente en la radícula; cuando el cambium de Persea inicia su actividad, ya se ha desarrollado el felógeno de la raíz (E. Flores, comunicación personal, 1980).

d. Reacciones químicas:

En un embrión en estado de latencia, la reacción con Lugol es negativa lo cual indica que la formación de almidón es progresiva a medida que el embrión se desarrolla. La reacción es también negativa en la testa, ya que la cubierta seminal sólo es activa tres semanas después de la fecundación, cuando en vez de oscura y delgada es blanca y carnosa e influye en el desarrollo del fruto (Blumenfeld & Schmucl, 1974). Los cotiledones dan una fuerte coloración azul con el Lugol, lo cual indica la presencia de una sustancia mucilagínosa que interfiere en la deshidratación de los cotiledones.

El fruto contiene almidón, como lo prueba la acción de la amilasa que detecta una mayor cantidad en el fruto joven que en el maduro (Pesis et al., 1978). Sin embargo, la concentración total de sustancias pécticas en la pulpa de aguacate se incrementa durante el crecimiento y la maduración (Eaks y Sinclair, 1978).

No hay reacción para proteínas tipo albúmina ni en el cotiledón ni en el embrión.

De acuerdo con Samayoa (1973), hay muy poca proteína en el fruto, menos de 1%, aunque algunas variedades pueden llegar a tener 2-3%.

La reacción de Benedict es positiva en los cotiledones, débilmente positiva en la testa y negativa en el embrión en estado de latencia, lo cual pone de manifiesto la necesidad que tiene el embrión de las sustancias de reserva de sus cotiledones. La reacción de Ortotoluidina, que es una amina aromática que da reacciones coloreadas con los azúcares como glucosa, xilosa y fructosa, es positiva, pero el color morado que produce no está clasificado como característico de ninguna sustancia pura, lo cual indica la presencia de varios azúcares (E. Brilla, comunicación personal, 1980).

2. Comparación de la raíz de *Persea americana* con una raíz típica de dicotiledónea:

a. Crecimiento primario:

La epidermis es un tejido especializado en absorción que puede presentar pelos absorbentes en la mayoría de las dicotiledóneas. En *Persea americana* la epidermis es generalmente uniseriada y glabra aunque en las raíces secundarias jóvenes, es multiseriada, con numerosos espacios aéreos entre las células, que recuerdan el velamen de las raíces laterales y adventicias de las monocotiledóneas, y que son importantes como tejido acuífero (Esau, 1959).

La corteza de *Persea americana* está constituida por células parenquimatosas; no se observa desarrollo de esclerénquima o colénquima, ya que está especializada en almacenamiento de sustancias ergásticas (Heismann, 1939).

La endodermis no es evidente. La exodermis es una capa de dos o más células en grosor; en ningún momento constituye la capa más externa de la corteza, ya que siempre está recubierta de súber.

El cilindro vascular es característico de una raíz dicotiledónea poliarca de xilema exarco (Esau, 1977). Presenta una médula abundante por lo que los rayos del xilema no penetran hasta el centro de la estela (Heismann, 1939).

b. Crecimiento secundario:

La raíz de Persea americana, presenta súber desde estadios muy tempranos de su desarrollo, ya sea como tejido de protección o de cicatrización (Fahn, 1974) y se puede considerar como producto de un crecimiento secundario precoz en esa área, no sincronizado con el desarrollo del cambium y del tejido vascular secundario (E. Flores, comunicación personal, 1980). La peridermis tardía o formada cuando existe cambium es el verdadero tejido secundario.

La raíz de Persea americana inicia con el crecimiento secundario, un cilindro vascular completo. El cambium forma floema centripetamente y xilema centrifugamente (Heismann, 1939); este comportamiento es usual en las dicotiledóneas en donde el xilema es exarco en la raíz.

BIBLIOGRAFIA

1. Atkinson, R. 1979. Lo que todo productor de plantas debe saber sobre el pH del suelo. Bol. 1023 Beckman, California. 15 p.
2. Bell, C. 1967. Variación y clasificación de las plantas. Herre-ro Hns. Suc. S.A. México. 142 p.
3. Bergh, E. 1969. Avocado; *Persea americana* M. In: outlines of perennial crop breeding in the tropic. Wageningen, Holanda, Edit. Ferwedo, Inst. of Plant Breeding. pp. 23-51.
4. Biale, J.R. Young. 1971. The Biochemistry of Fruits and their Products. Vol. II. Edit. A.C. Hulme. A.R.C. Food Research Institute, Norwich, England. pp. 5.
5. Blumenfeld, A., A.G. Shmuel. 1974. Development of Seeded and Seedless Avocado Fruits. J. Am. Soc. Hort. Sc. 99(5): 442-448.
6. Brilla, E. et al. 1977. Cuantificación de la glucosa por el método de la O-Toluidina. Act. Méd. Cost. 20(1): 18-22.
7. Coit, E. 1957. Susceptibility of Avocados to the mexicanan fruit fly. Hort. Soc. 11:75-76.
8. Cold, E. 1957. Cold Hardiness and salt tolerance of Avocado trees. Hort. Soc. 11:67-69.
9. Conn, E., K. Stumpf. 1969. Bioquímica Fundamental. Ed. Limusa-Wiley S.A. México. 480 p.
10. Cran, D., J. Possingham. 1973. The Fine Structure os Avocado Plastids. Ann. Bot. 37: 993-997.
11. Chandler, W.H. 1962. Frutales de hoja perenne. Desarrollo de los árboles de Aguacate. Trad. 2 a ed. Edit. UTHEA, México. pp. 278-280.
12. Dale, H. 1951. Anhidrid Carbonic and Root Hair development in *Anachardis* (Elodea) Science 114: 438-439.
13. Delgado, A. 1942. Aportación al conocimiento de las plagas del aguacatero. Tesis Ing. Agr. Esc. Nac. de Agronomía. Escuela Nal. de Agric. Chapingo, México, 52 p.
14. Dawes, C., E. Bowler. 1959. Light and electron microscope studies of the cell wall structure of the root haers of *Raphanus sativus* Am. Jour. of Bot. 46: 561.

15. Devlin, R. 1976. Fisiología Vegetal. Ed. Omega, pp. 281-291.
16. Esau, Katherine. 1959. Anatomía Vegetal. Barcelona, España. 729 p.
17. Eaks, I., W. Sinclair. 1978. Pectin and Related Constituents in Avocado Fruit during ontogeny. J. Amer. Soc. Hort. Sc. 103: 846-849.
18. Embleton, T., W. Jones. 1966. Avocado and Mango Nutritio. Norman F. Childers. Ed. pp. 51-68.
19. Esau, Katherine. 1977. Anatomy of Seed Plants. II Ed. John Wiley and Sons N.Y. 549 p.
20. Fahn, A. 1974. Anatomía Vegetal. H. Blume Ediciones Madrid. 643 p.
21. Fersini, A. 1975. Cultivo del Aguacate. Editorial Diana, S.A. México, pp. 25.
22. González, L. 1976. Introducción a la Fitopatología. IICA, Turrialba, San José, Costa Rica. pp. 135.
23. González, R. et al., 1969. Historia Natural. Tomo III, VI Ed. Inst. Gallach. España. pp. 238-239.
24. Gillespie, H. 1957. Stem-Roating varietal clones by means of Juvenile Growth Phase. Leafy-stem nurse cuttings. California Avoc. Soc. Ybk. 41: 94-96
25. Hartmann, H.T., D.E. Kester. 1964. Propagación de Plantas. Principios y prácticas. Los embriones Rudimentarios Edit. CECOSA, México. pp. 134-151.
26. Heismann, P. 1939. Notes of Avocado Anatomy. Calif. Avoc. Soc. Ybk 23: 87-91.
27. Hodgson, R.W., E.R. Eggers. 1938. Correlations between size os seed. Seedling and Nursery Tree in the Avocado. Calif. Avoc. Soc. Ybk 22: 96.
28. Ibar, L. 1979. Cultivo del Aguacate, Chirimayo, Mango y Papaya. Edit. AEDOS, España. pp. 9-119.
29. Johansen, D.A. 1940. Plant Microtechnique, N.Y. Mc. Graw-Hill Book. Co.
30. Kadman, A. 1963. Germination experimete with Avocado Seeds. Calif. Avoc. Soc. Ybk. 47: 58-61.

31. Kadman, A., A. Ben Yaacov. 1965. A Review of experiments on some factors influencing the rooting of Avocado Cuttings. Calif. Avoc. Soc. 49: 67-72.
32. Knight, R.J. 1971. Comportamiento de la floración (Clasificación A y B) de cultivos de Aguacate Proc. Trop. Reg. Amer. Soc. Hort. Sc. 15: 14-18.
33. Kozlowski, T.T. 1971. Growth and Development of Trees. Vol. II, Academic. Press. N.Y. and London 514 p.
34. Lawrence, G. 1969. Taxonomy of Vascular Plants. The Mac. Millan Comp. N.Y. pp. 512-513.
35. Lehninger, A. 1972. Bioquímica. Ediciones Omega, S.A. España. pp. 236-237.
35. León, J. 1968. Fundamentos Botánicos de los Cultivos Tropicales IICA, Turrialba, Costa Rica. pp. 465-468.
36. Mares, D., M. Cook. 1970. Membrane-bound Plastid Inclusions and Chloroplast Thylakoid Formation in Sunflower (Helianthus annuus L.) Ann. Bot. 43: 191-196.
37. Mc. Pherson, W. 1955. Early Account of Avocados in América. Calif. Av. Soc. Ybk 39: 87.
38. Meyer, B. et al. 1970. Introducción a la Fisiología Vegetal. Ed. Univ. de Buenos Aires, Argentina. pp. 131-132.
39. Platt, R.G., E.F. Frolich. 1965. Propagation of Avocados. Division of Agric. Sc. Univ. of Calif. Circular 531: pp. 3-6.
40. Pennington, T.D., J. Sarukhan. 1968. Árboles tropicales de México. Imprenta Benjamín Franklin, S.A. de C.V. México. 413 p.
41. Pesis, E. et al. 1978. Starch Content and Amylase Activity in Avocado Fruit. Pulp. J. Am. Soc. Hort. Sc. 103(5): 373-376.
42. Peterson, P. 1956. Flowering Types in the Avocado with relation to fruit production. Calif. Avoc. Soc. Ybk 40: 174-179.
43. Popenoe, W. 1926. El aguacate y el mango. Tomado de: Manual of Tropical and Subtropical fruits. Montalvo, Cárdenas y Co. Cuba' 145 p.
44. _____, 1952. Central American Fruit Culture. Ceiba 1: 269-367.
45. Porter, C.L. 1976. Taxonomy of Flowering Plants W.H. Freeman and Co. San Francisco, Calif. pp. 264.
46. Rosene, H. 1954. A Comparative Study of the Rates of water suflux into the epidermal surface and the root hairs Physiology Plantarum, 7: 676-685.

47. Ruanova, A. 1965. Fruta Preciada, El Aguacate. *El Surco*. 70 (1): 20.
48. Rueda, C., F. Arteaga y Criado. 1969. Diez temas sobre plantas tropicales. Publicaciones de Capacitación Agraria, Madrid. pp. 7-29.
49. Samayoa, Ma. del Carmen. 1973. Ensayos sobre almacenamiento de Aguacate. *Am. Soc. Hort. Sc.* 17: 29-31.
50. Shaman, B.C. 1943. Tannic acid and iron alum with safranin and orange G. in studies of the shoot apex. *Stain Tech.* 18: 495-517.
51. Schnee, L. 1960. Plantas comunes de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela.* pp. 15.
52. Schroeder, C. 1954. Some aspects of pollination in the Avocado. *Calif. Avoc. Soc. Ybk.* 38: 159-162.
53. _____ .1955. New Avocado Research Materials from México, *Calif. Avoc. Soc. Ybk* 39: 89-90.
54. Schewrman, S., M. Goedewqagen. 1965. Methods for the examination of Root Systems and Roots. pp. 28-29.
55. Sedgley, M., M. Buttrose. 1978. Structure of the Stigma and Style of the Avocado. *Aust. J. Bot.* 26: 663-682.
56. Solares, M. 1976. El Aguacate. Su cultivo. Edit. Mexicanos Unidos, S.A. México. pp. 16-20.
57. Standley, P. 1937. Flora of Costa Rica. Field Museum of Natural History, Chicago. Botanical serie. Part. II. pp. 457.
58. Storey, W., G. Zentmyer. 1964. Variedades Comerciales de Aguacate. *Agricultura de las Américas*, 13(9): 24-50.
59. _____ .1965. Viveros comerciales de Aguacate. Preparación de Semillas y la Siembra. *Agricultura de las Américas*, 14(7): 66-72.
60. Tomer, E., M. Gottreich. 1976. Defective Ovules in Avocado cultivars *J. Amer. Soc. Hort. Sc.* 101(5): 620-623.
61. Tomer, E., S. Cazit. 1979. Early Stages in Avocado (*Persea americana* Mill. Fruit Development: Anatomical Aspects. *Bot. Caz.* 140(3): 304-309.

- Vásquez, J. 1974. Comportamiento durante el almacenamiento en frío de algunas variedades de Aguacate en Guatemala. Tesis, Universidad de San Carlos, Ciudad de Guatemala. pp. 7-8.
- Weaver, R. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Ed. Trillás, México. pp. 116-118.
- Zentmyer, G. et al. 1958. Hot-water treatment of avocado seed. Calif. Avoc. Soc. Ybk. 42: 108-110.
- Zentmyer, G., A. Schroeder. 1955. Further evidence of resistance to Phytophthora Rootrot of Avocado. Calif. Avoc. Soc. Ybk 39: 84-86.
- Zentmyer, G., A. Thorn. 1956. Resistance of the Duke variety of Avocado to Phytophthora Root-rot. CALIF. Avoc. Soc. Ybk 40: 169-173.