

LA TRANSICION DE RAIZ A TALLO EN *GYMNOCLADUS DIOICA* (L) KOCH

Por: José I. Santa S. *

RESUMEN

La anatomía de la región entre la raíz y el tallo nos da una evidencia de la adaptación evolutiva en las plantas. Hasta el presente se han hecho varios estudios en este campo, pero aún quedan muchas lagunas por llenar. Para el presente estudio se utilizaron plántulas fijadas a los 10 y 20 días después de la siembra de las semillas. Las semillas se coleccionarán en la vecindad de Gorham, Jackson County, Illinois E. U. A. Los cortes anatómicos demuestran un cambio diferente a cualquiera de los propuestos por Barnes y Mac Daniels en 1947. En el extremo de la raíz principal se observan 4 haces vasculares. Los haces radículo-cotiledonares se dividen en 2, cada uno de los cuales da una rama para el cotiledón; por consiguiente cada cotiledón tiene dos haces inicialmente. Cada uno de los haces laterales origina 4 ramas a nivel de la región de transición; por encima de los cotiledones hay un anillo de grupos de xilema primario rodeado por otro anillo de floema primario.

INTRODUCCION

Si damos una mirada a algunos textos sobre Morfología vegetal, nos encontramos con el siguiente interrogante: ¿Cuál es la posición del xilema en la raíz en comparación con la posición que ocupa en el tallo? desde luego que nos estamos refiriendo a una planta dicotiledónea.

La respuesta a la pregunta anterior está dada, al menos parcialmente, por los estudios de la transición raíz-tallo, estudios que se han hecho principalmente en algunas plantas con flores, uno de los varios grupos de las traqueofitas.

Crooks (1934) describe el cambio en la región de transición para *Linum usitatissimum* L. Según, él, la raíz es diarca en la parte inferior. Un poco más arriba se desarrolla una medula parenquimatosa en el centro de la estela y al mismo tiempo se divide cada haz de floema, originándose 4 haces vasculares. El desarrollo de los elementos de metaxilema gradualmente pasa a la parte externa del protoxilema y por consiguiente se forman 4 grupos de metaxilema, cada uno de los

cuales está en contacto con la parte interna del haz de floema.

En la mitad del hipocótilo cada uno de los 4 haces de metaxilema, junto con el floema que los acompaña, se divide en 2, formándose 8 haces colaterales los cuales constituyen las trazas cotiledonares.

Un poco más arriba, apenas por debajo del nudo de los cotiledones, las 8 trazas se organizan en 2 grupos opuestos de a 4. En el nudo cotiledonar las 2 trazas laterales, de cada grupo se separan y entran en los cotiledones donde forman las 2 venas laterales. Un poco más arriba los dos haces del metaxilema del nudo se aproximan el uno al otro en el lado extremo del protoxilema, o sea que el xilema primario es endarco en la base de los cotiledones. Los dos haces de metaxilema, que se han aproximado el uno al otro, eventualmente se unen y forman la vena media del cotiledón. Los grupos de floema de la vena media se unen a un nivel más alto dentro de los cotiledones. Las hojas que se forman por encima de los cotiledones desarrollan haces de tipo endarco basipetalmente.

* Profesor, Depto. de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia.

Esau (1940) encontró para *Daucus carota* L que a cada cotiledón entran 3 haces vasculares. De estos haces el central tiene maduración tipo exarco, es continuo con el protoxilema de la raíz y está acompañado lateralmente por dos haces de floema. En este haz se sigue una diferenciación centripeta a través de una distancia dentro del cotiledón. En contraste con ésto cada una de las trazas laterales es endarco. Estas trazas se originan de la porción central del xilema diarco de la raíz. Por consiguiente en el caso de *Daucus* hay una continuación definida sin inversión entre el sistema vascular primario de los cotiledones y aquel del eje común hipocotilo-radícula. Los haces vasculares originados por las hojas en el epicotilo se unen al tejido vascular secundario del hipocotilo y de la raíz.

Bottum (1941) estudiando la región de transición en *Melilotus alba* Desv. observó que la raíz primaria es triarco, se convierte a diarco o tetraarco en la parte inferior del hipocotilo, con la subsecuente desaparición del haz de xilema en el eje intercotiledonario. Por consiguiente no hay conexión con el xilema de los cotiledones o trazas plumulares.

En los casos anteriores hay inversión del tipo de maduración. El cambio de un tipo de estructura vascular al otro tiene lugar en la parte del eje llamada región de transición. Dicho cambio puede ocurrir abrupta o gradualmente. La longitud de la región de transición que es comunmente corta, varía de menos de un milímetro hasta dos o tres milímetros, raramente a varios centímetros. Puede presentarse la región de transición en el extremo de la radícula, en la base, centro o parte superior del hipocotilo.

El hipocotilo puede, por consiguiente poseer estructura de raíz o de tallo a través de casi toda su longitud, o puede considerarse como zona de transición.

La zona de transición coincide a menudo con aquella en la cual se originan y departen las trazas cotiledonarias.

Si la inversión de los haces cotiledonarios no ha ocurrido en el punto de su deapertura ello ocurrirá durante su pasaje hacia el interior de los cotiledones. Raramente la región de transición se extiende hasta el primero o aún el tercero o cuarto nudo por encima de los cotiledones. Externamente esta región puede ser visible como una zona de depresión o de cambio en diámetro, pero en muchas plantas tal línea externa no corresponde exactamente a la región de transición. En el cambio de raíz a tallo hay comunmente un aumento en el diámetro de la estela. Acompañando a este cambio van la multiplicación del tejido vascular y su bifurcación, la rotación y la fusión de haces vasculares. A continuación se describen los tipos de cambio en la región de transición reconocidos por Eames y Mac Daniels (1947) (Ver figura 24).

Tipo A — Cada haz de xilema de la raíz se bifurca por división radial; las ramas a medida de que se asciende giran lateralmente, una a la derecha y la otra a la izquierda rotando 180 grados y uniéndose a los haces de floema en su lado

interno. El floema ha permanecido sin cambiar en posición u orientación.

En este tipo de región se forman tantos haces en el tallo como haces de floema hay en la raíz.

Este tipo se presenta en *Dipsacus*, *Mirabilis* y *Fumaria*.

Tipo B — Difiere del anterior en cuanto los haces de floema, también como aquellos de xilema, se bifurcan. Las ramas del xilema tienen un cambio de 180 grados en su orientación.

En este caso se forman dos haces en el tallo por cada haz de floema en la raíz. Este tipo de transición es más común que el anterior. Se encuentra en *Acer*, *Cucurbita*, *Phaseolus* y *Tropaeolum*.

Tipo C — Los haces de xilema no se dividen, continúan su curso directo en el tallo, pero girando 180 grados. Los haces de floema se dividen y las mitades resultantes rotan lateralmente hacia la posición del xilema, uniéndose a la parte externa de los haces de xilema. En este caso se forman tantos haces en el tallo como haces de floema hay en la raíz. Este tipo ocurre en *Medicago*, *Lathyrus* y *Phoenix*.

Tipo D — La mitad de los haces de xilema se divide y las ramas rotan lateralmente para unirse a los otros haces de xilema no bifurcados, los cuales se han invertido. Los haces de floema no se dividen, pero se unen en pares con los haces triples de xilema.

Un haz del tallo se forma entonces por 5 trazas unidas. En el tallo se forma la mitad de haces vasculares como haces de floema hay en la raíz.

Este tipo de transición es raro y se conoce solamente en unos pocos monocotiledoneas tales como *Anemarrhena*.

Scheirer y Hillson (1973) han descrito el patrón de la región de transición para *Helianthus annuus* L. En este patrón se presentan tres variaciones los cuales no muestran similitud con los patrones de Eames y Mac Daniels. Se concluye entonces que el número de tipos de transición considerado como básico necesita ser ampliado y deben hacerse más trabajos para identificar otros tipos.

En el presente trabajo se describe la transición de raíz a tallo para *Gymnocladus dioica* (L) Koch para una longitud próxima a los 15 milímetros, en plántulas de unos 12 días de edad contados desde el momento en el cual se colocaron a germinar las semillas. Fahn (1967) establece que la zona de transición es la más larga para plántulas con un tipo de germinación hipogea. El primer estudio sobre ésta zona en *Gymnocladus dioica* (L) Koch se debe a List (1963), quien observó la continuidad del protoxilema entre la vena central de los cotiledones y de la raíz. List observó una condición exarca a nivel de esta vena central.

MATERIALES Y METODOS

Las semillas fueron removidas de la vaina a mano y lavadas en agua corriente para remover la pulpa adherente. Al introducir las semillas en el agua se descartaron las que flotaban por considerarse como no viables. Luego se las dejó secar al aire y se las escarificó con papel de lija.

Las semillas fueron luego sometidas a un proceso de esterilización superficial. Dicho proceso incluye varias etapas:

1. Inmersión de las semillas en etanol al 95o/o durante 10 minutos.
2. Inmersión en clorox (hipoclorito de sodio al 0.5o/o) por 10 minutos.
3. Lavado de las semillas en agua desmineralizada y estéril.

Las semillas se dejaron luego en agua estéril y desmineralizada por 48 horas, para permitirles que la absorbieran.

Después de este período se sembraron en materas que contuvieran una mezcla estéril de suelo regular (1/3) y mezcla Jiffy (2/3). La mayoría de las semillas germinaron en un período de 10 días. Las plántulas crecieron en una cámara de crecimiento, con luz continua, a una temperatura de 26°C. El material para seccionar fue fijado 10 y 20 días después de sembradas las semillas. Para la fijación se utilizó una solución de FAA compuesta por:

Alcohol etílico al 50o/o	90 mls.
Acido acético glacial	5 mls.
Formol	5 mls.

A las muestras fijadas se les extrajo el aire por medio de un aspirador y se dejaron en la solución fijadora por un espacio mínimo de 24 horas.

Cada paso de la deshidratación se llevó a cabo a un intervalo de 24 horas. Las soluciones deshidratantes se enuncian a continuación, con el orden seguido rigurosamente:

1. Paso del 50o/o (50 mls de agua destilada, 40 mls de etanol al 95o/o, 10 mls de ABT al 100o/o).
2. Paso del 70o/o (30 mls de agua destilada, 50 mls de etanol al 95o/o, 20 mls de ABT).
3. Paso del 85o/o (15 mls de agua destilada, 50 mls de etanol al 95o/o, 35 mls de ABT).
4. Paso del 95o/o (45 mls de etanol al 95o/o, 55 mls de ABT).
5. Paso del 100o/o (25 mls de etanol al 100o/o, 75 mls de ABT).

6. Paso del 100o/o (25 mls de etanol al 100o/o, 75 mls de ABT, Safranina).
7. ABT absoluto.
8. ABT absoluto.
9. ABT absoluto.

La infiltración tuvo lugar en la siguiente forma: Se vació la parafina en unos frasquitos y se le permitió que se endureciera; luego se colocó el material en ABT al tope de esta parafina y los frasquitos se colocaron en la estufa.

Se hicieron cerca de 3 cambios de parafina, uno cada 24 horas. La deshidratación se hizo en frasquitos tapados con corchos, pero durante la infiltración los frasquitos se conservaron destapados.

La inclusión se realizó como se indica a continuación:

Se limpiaron y se dejaron secar unas placas de porcelana. Luego se les cubrió internamente con una pequeña capa de glicerina y se colocaron sobre el extremo caliente del calentador de doble temperatura. Se vaciaron luego las muestras, junto con suficiente parafina, en las placas de porcelana. Dichas muestras fueron orientadas con agujas de disección, calentadas a la llama del mechero.

Luego las placas de porcelana con las muestras fueron movidos, a intervalos lentos, hacia el lado frío del calentador de doble temperatura. Una vez solidificada la parafina, las placas eran colocadas a flotar en un recipiente que contenía hielo y agua. Los bloques de parafina con las muestras incluidas se extrajeron de las placas de porcelana y se colocaron en un refrigerador durante la noche. Las muestras para ser seccionadas se cortaron del bloque de parafina y se montaron en cubos de madera, orientadas en la forma deseada.

Los cortes se hicieron en un micrótopo rotatorio, cada sección con un espesor aproximado de 9 micras. Los tejidos se adhirió a los portaobjetos en la siguiente forma: Los portaobjetos se limpiaron en etanol ácido al 30o/o y luego se secaron. A continuación se les colocó una película muy delgada de adhesivo de Haupt.

Para preparar el adhesivo de Haupt se disuelve un gramo de gelatina en 100 c.c. de agua destilada a 30°C. Luego se agregan 2 gramos de cristales de Fenol y 15 c.c. de glicerina pura. Se agita bien y se filtra.

Al portaobjetos sobre la película del adhesivo de Haupt se le colocó una gota de formol al 4o/o. Las secciones se colocaron sobre el portaobjetos, en tal forma que el lado brillante de las mismas hiciera contacto con la gota de formol. Los portaobjetos con los tejidos se colocaron sobre el calentador para láminas con el objeto de que los tejidos se secan y se estiraran.

La mayoría de los tejidos fueron coloreados en safranina siguiendo el programa propuesto por Jensen (1962). Otros tejidos se colorearon con Hematoxilina en lugar de safranina. La coloración con safranina incluye los siguientes pasos:

1. Rehidratación con los siguientes subpasos:

a. Xilol I	5 -- 10 min
b. Xilol II	2 -- 3 min
c. Xilol: alcohol abs.(1:1)	1 -- 2 min
d. Alcohol absoluto	1 -- 2 min
e. Alcohol al 95o/o	1 -- 2 min
f. Alcohol al 70o/o	1 -- 2 min
g. Alcohol al 50o/o	1 -- 2 min
2. Coloración en Safranina por un periodo de 1 a 24 horas. La solución estandar está formada por safranina al 1o/o en alcohol al 95o/o. Para usarla se diluye con una cantidad igual de agua destilada.
3. Lavado breve en agua destilada para remover el exceso de colorante en la preparación.
4. Lavado breve en alcohol al 70o/o.
5. Pasar rápidamente a través de alcohol al 95o/o.
6. Pasar rápidamente a través de alcohol absoluto.
7. Coloración con el colorante de contraste por un periodo de 5 segundos. Como colorante de contraste se utilizó fast-green. La solución contiene fast green al 0.5o/o en una mezcla con partes iguales de metil celosolve, alcohol absoluto y aceite de clavo (Johansen, 1940).
8. Diferenciación del fast-green en una solución compuesta del 50o/o de aceite de clavo, 25o/o de alcohol absoluto y 25o/o de xilol.
9. Lavado en xilol por 15 min.
10. Lavado en xilol por 15 min.
11. Lavado en xilol por 15 min.

Luego los portaobjetos fueron limpiados y montados. El montaje incluyó los siguientes pasos:

1. Lavado del cubreobjetos en etanol ácido al 30o/o y secado del mismo.
2. Colocación de una gota de resina sintética harleco (H.S.R.) sobre los secciones coloreadas y del cubreobjetos.

Las preparaciones se colocaron a secar en el calentador para láminas por una semana aproximadamente.

Una vez secas las preparaciones se limpiaron utilizando para ello etanol al 70o/o y cuchillas de afeitar. Después de la limpieza, las preparaciones se almacenaron para su observación microscópica. Las fotografías fueron tomadas con un equipo automático Leitz wetzler Orthomat.

RESULTADOS

Una sección media longitudinal de una raíz lateral (Fig.1) muestra claramente la cofia, el haz central de procambium y el parénquima fundamental. Basado en mis secciones no fue posible deducir si el protodermo se origina del córtex o de la cofia.

La misma raíz en sección transversal (Fig.2) muestra una condición diarca. El metaxilema está localizado en el centro. No hay presencia de médula. Hay un anillo de floema primario interrumpido por los puntos de protoxilema. Inmediatamente por fuera del floema primario encontramos la región del periciclo. La endodermis no se delimita claramente. El córtex es prominente, compuesto de células parenquimatosas. Hay espacios intercelulares de contorno triangular. Las células epidérmicas se han colapsado y la cutícula no se puede caracterizar.

La raíz principal en sección transversal, a menos de un centímetro del punto de crecimiento (Fig.3), es tetarca. El floema primario alterna con los puntos de protoxilema. El resto del área en sección transversal es similar al de la raíz lateral, excepto que es más ancho. Las células de la región pericíclica se alinean radicalmente. En esta sección se observa la cutícula.

Las figuras 4 y 5 corresponden a una sección aproximadamente 20 milímetros por debajo de los cotiledones. En estas secciones el centro parenquimático o medular ocupa cerca de un tercio del diámetro total y tiene un contorno circular. Entre el córtex y el centro medular el floema primario y el procambium forman un anillo que colorea densamente con fast green. En el centro medular hay varios espacios libres, originados por la desintegración de células parenquimáticas. Las cuatro venas de xilema primario están distribuidas uniformemente, parecen incrustadas en el anillo de floema primario.

A unos 15 milímetros por debajo de los cotiledones (Fig.6) se nota la emergencia de una raíz secundaria, la cual tiene su origen en la región pericíclica opuesta a un punto del protoxilema. En las raíces principales de las plántulas se notan 4 filas de raíces laterales. La raíz emergente produce enzimas hidrolíticas, no hay contacto con las células vecinas.

LA TRANSICION RAIZ-TALLO. Para evitar confusión, a los haces vasculares en esta descripción se le dará un nombre. En la figura 6 hay dos clases de haces vasculares. Aquellos que dan origen a las venas del cotiledón se denominarán haces "radiculo-cotiledonares" y los que alternan con ellos

se llamarán haces "laterales". Los primeros tienen forma de Y y los segundos son en forma de T.

Una sección a 8 milímetros por debajo del nivel de los cotiledones (Figs.8,9) muestra los haces radículo-cotiledonares en una condición opuesta, cada uno dividido en dos grupos de metaxilema. Cada haz tiene un punto de protoxilema. En estas figuras se aprecia el desarrollo de algunas raíces laterales. La medula es bastante grande, cerca de la mitad del diámetro total corresponde a la misma. El área entre el floema primario y la médula muestra un patrón radial de distribución celular. Las células organizadas radialmente son el resultado de divisiones periclinales. El tejido por fuera del floema está roto. En estas secciones la epidermis está intacta.

Las figuras 10, 11 y 12 muestran la estructura a 6 milímetros por debajo de los cotiledones. Los haces laterales están más expandidos lateralmente y centrípetamente; ha habido un leve aumento en el área de la medula, la cual tiene un contorno circular.

La epidermis está intacta, lo cual contrasta con la falta de epidermis en el extremo de la raíz.

A 3.5 milímetros por debajo de los cotiledones (Fig.13) todos los haces de metaxilema se han desplazado hacia la medula, por consiguiente tenemos xilema adentro y floema afuera. El anillo de floema es casi continuo. Cada haz radículo-cotiledonar tiene ahora forma de V. Los haces laterales se expanden y dividen. La médula tiene forma elíptica y ocupa cerca de un medio del área total a través del diámetro menor.

A 0.4 milímetros por encima de la sección anterior (Figs.14,15) los haces laterales se dividen, uno en 3 más pequeños y el otro en 4. Los grupos de xilema empiezan a doblarse hacia una condición endarca.

En las figuras 16, 17 y 18 se aprecia la organización a 2 milímetros del cotiledón. Los haces laterales tienen un patrón de maduración endarca, cada uno está dividido en 4. Cada haz radículo-cotiledonar está dividido en 2.

Las secciones descritas hasta ahora corresponden a plántulas fijadas a los 20 días después del tiempo de la siembra. En esta época es difícil lograr secciones intactas a nivel de los cotiledones; los haces vasculares parece que empiezan a lignificarse acropetalmente a partir de este nivel. Las figuras 19, 20 y 21 corresponden a embriones fijados 10 días después del tiempo de siembra. Estas secciones fueron hechas a nivel de los cotiledones. El metaxilema no se ha diferenciado aún.

La figura 22 corresponde a una sección a nivel del peciolo del cotiledón, en donde el haz vascular del cotiledón tiene una naturaleza triple.

La figura 23 está basada en las secciones seriadas ya descritas y en varios embriones y plántulas transparentadas. La reconstrucción muestra como cada haz radículo-cotiledonar origina 2 haces cotiledonares y luego 3. La mayoría de los cotiledones que observé tienen cinco haces a un nivel superior. Los haces del tallo localizados por encima de los cotiledones se originan por sucesivas divisiones de los haces laterales.

DISCUSION

Las raíces laterales para *Gymnocladus dioica* (L) Koch mostraron condición diaica. La raíz principal es tetraarca. Las regiones de transición descritas para *Linum usitatissimum* L., *Daucus Carota* L., *Melilotus alba* Desv. y *Helianthus annuus* L. se describen solo hasta la región cotiledonar o sea que no se incluye la descripción de la organización vascular en el epicotilo. Para *Gymnocladus dioica* (L) Koch la región de transición estudiada tiene una longitud aproximada de 15 mm. En esta última planta se prepararon cortes que muestran la organización del tejido vascular por encima de los cotiledones. La condición del cuerpo primario del tallo es una sifonostela ectofloica. Ninguna de las regiones de transición anunciadas aquí se acomodan a los modelos de Eames y Mac Daniels, de donde se deduce la necesidad de ampliar los estudios en este campo.

Para *Gymnocladus Dioica* (L) Koch la región de transición es relativamente larga, lo que está de acuerdo con el concepto de Fahn (1967) en el sentido de que las plantas hipogéas tienen la zona de transición más larga. Se denomina planta hipogea a aquella que al germinar deja los cotiledones por debajo de la superficie. Externamente se nota un aumento de diámetro que corresponde a la región de transición. Tal aumento de diámetro se localiza a nivel del hipocotilo.

A nivel del hipocotilo se origina una médula, la cual es de contorno circular en la parte inferior. A niveles más altos se torna elíptica y aumenta su diámetro. La configuración circular reaparece de nuevo por encima de los cotiledones.

Muchas células de la medula y del córtex aparecen desintegradas. Una posible explicación es el tipo de fijador, pero ello no afecta los resultados que me he propuesto en el presente trabajo.

El floema y el procambium forman un anillo alrededor de la zona central, el cual colorea más densamente que el resto del eje.

La figura 23 muestra los cambios del sistema vascular del cuerpo primario de la planta. Las ramas de los haces laterales se originan en dos maneras: Por división directa del haz simple y por aparición de nuevos haces no conectados al haz original. A nivel epicotilo estos haces se ramifican formando varios grupos de xilema primario organizados circularmente.

Los haces radículo cotiledonares tienen inicialmente un carácter simple, luego cada uno se divide en dos. De cada uno de los haces originados se desprende una vena para el cotiledón, por consiguiente inicialmente entran dos venas al cotiledón.

Un poco por debajo de la base de los cotiledones se presenta la inversión del patrón de maduración hacia una condición endarca, que es el tipo de maduración seguida a través del tallo. Asociados a la inversión en el patrón de maduración hay un cambio en la orientación del xilema hacia la parte interna y del floema hacia la parte externa.

La epidermis empieza a notarse desgarrada cerca del extremo de la raíz y continúa desgarrándose hacia arriba. La lignificación del xilema primario parece ocurrir en una dirección opuesta.

El protoxilema es continuo entre la raíz y los cotiledones, tal como lo observó List (1963). El metaxilema se ramifica en la forma que lo muestra la figura 23.

La formación de tejido vascular, es una consecuencia de la movilización polar de auxinas hacia la raíz.

Debe elucidarse si la formación del tejido obedece al mero hecho físico de la movilización de auxinas o si esta movilización es una consecuencia de la estructura genética. En este último caso los patrones de organización en el tejido vascular de las plantas estaría determinados genéticamente

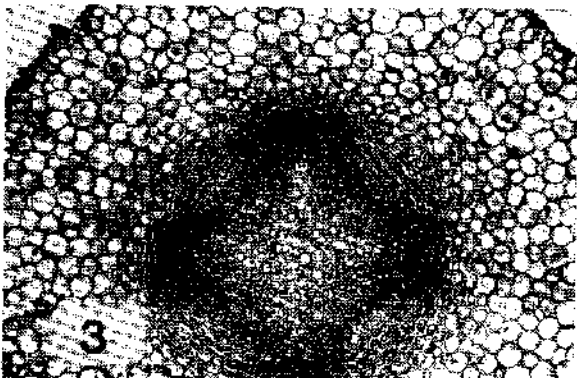
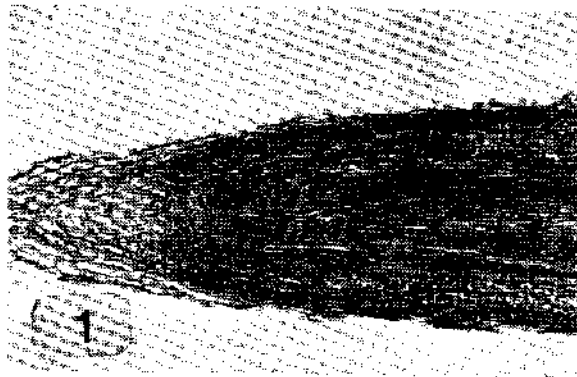


Figura 1.
Sección media longitudinal de una raíz secundaria (x 83).

Figura 2.
Sección transversal de una raíz secundaria (x 83).

Figura 3.
Sección transversal de la raíz principal, cerca al punto de crecimiento (x 83).

Figura 4 y figura 5.
Secciones transversales del hipocótilo aproximadamente a 20 milímetros por debajo del nivel de los cotiledones (x 31).

Figura 6.
Sección transversal del hipocótilo a 15 milímetros por debajo del nivel de los cotiledones (x 20).

Figura 7, 8 y 9.
Secciones transversales que representan la organización del hipocótilo a 8 milímetros por debajo de los cotiledones (x 20).

Figuras 10, 11 y 12.
Organización del hipocótilo a 6 milímetros por debajo de los cotiledones (x 20).

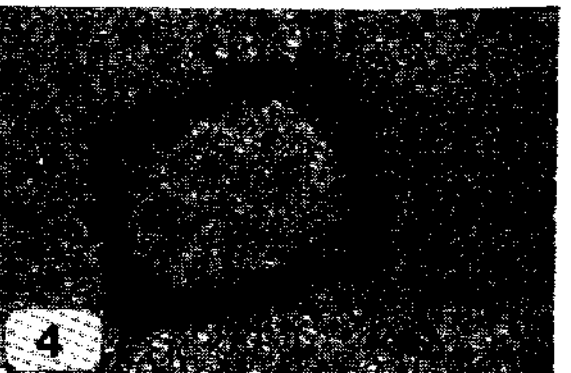
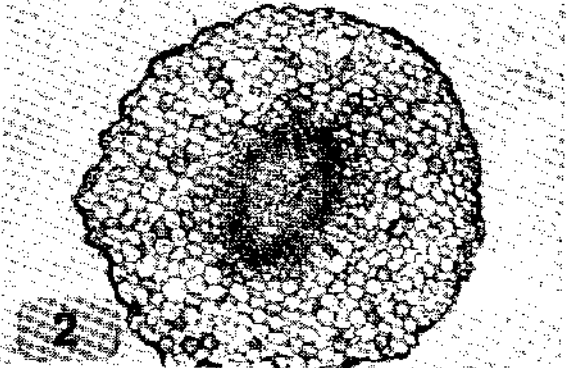
Figura 13.
Sección a 3.5 milímetros por debajo de los cotiledones (x 20).

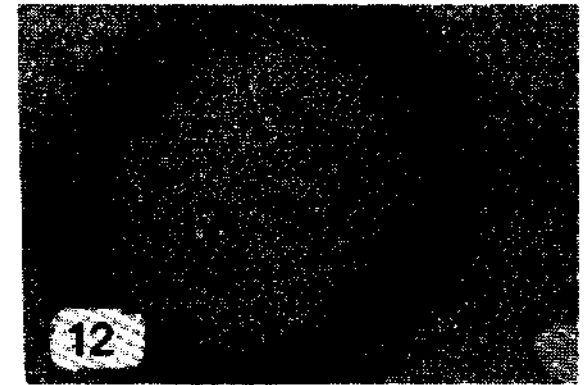
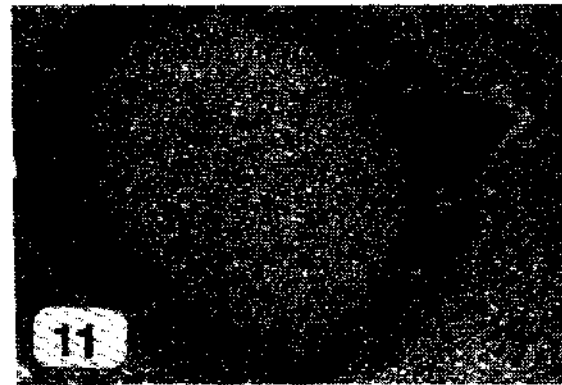
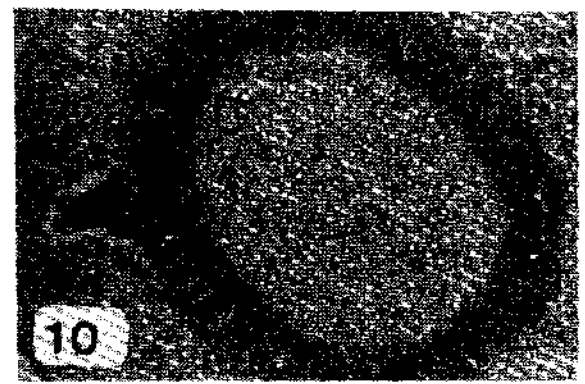
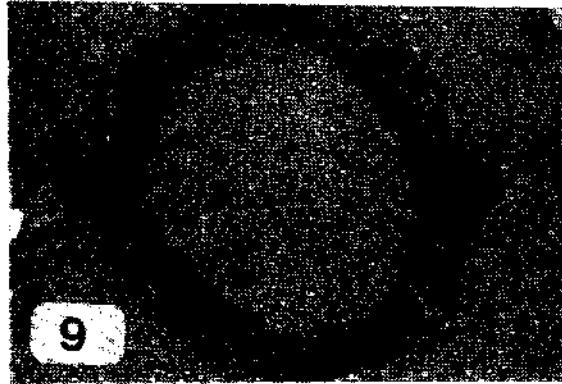
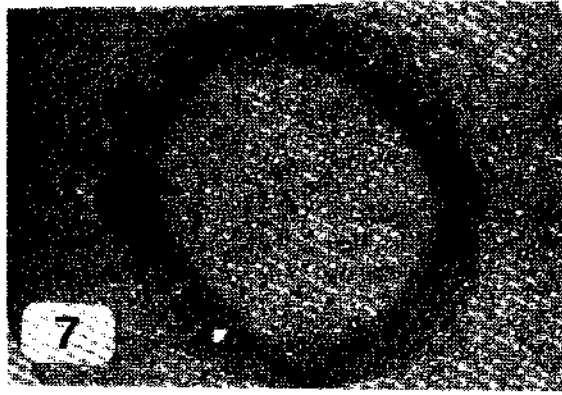
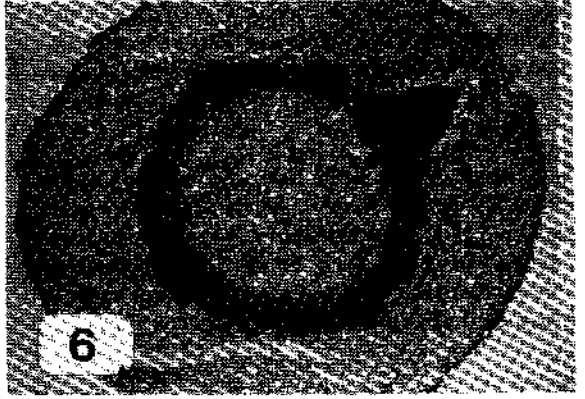
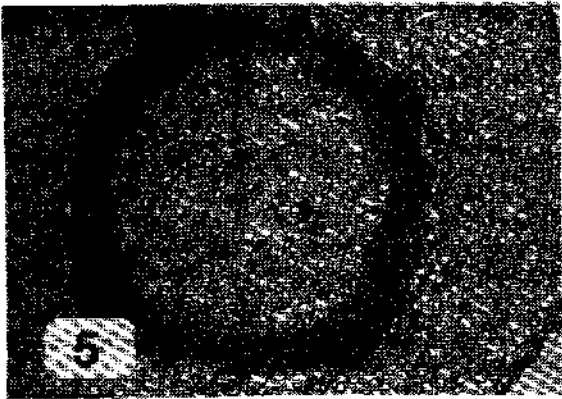
Figuras 14 y 15.
Secciones a 3 milímetros por debajo de los cotiledones (x 20).

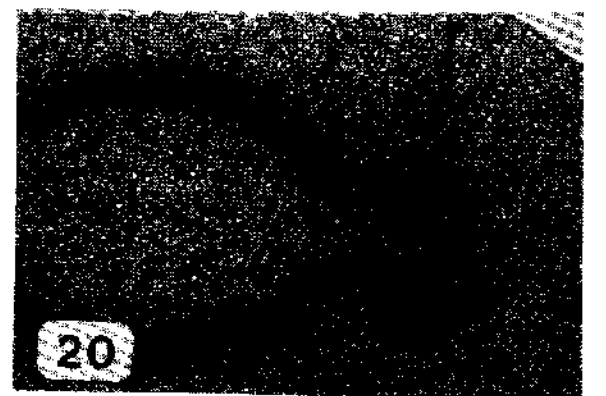
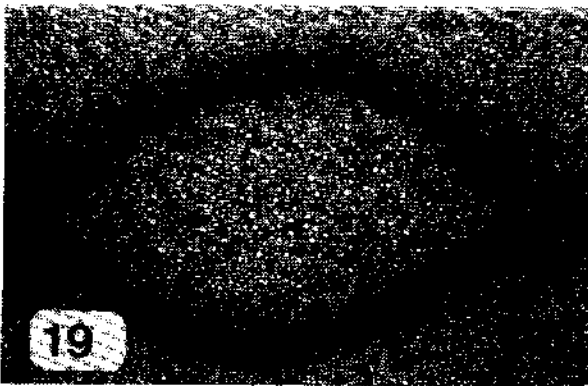
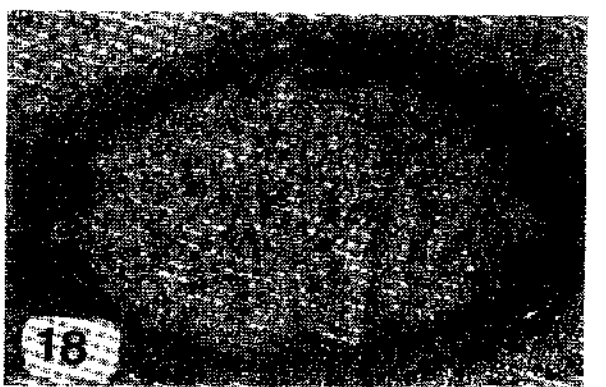
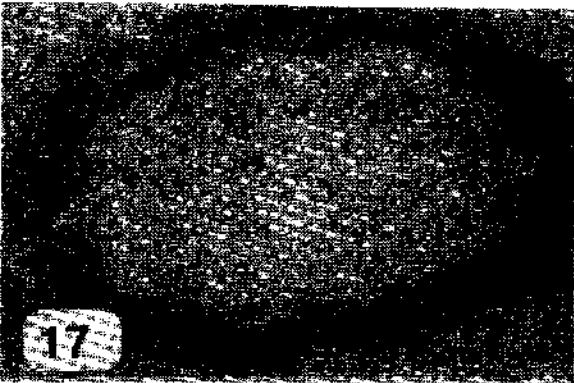
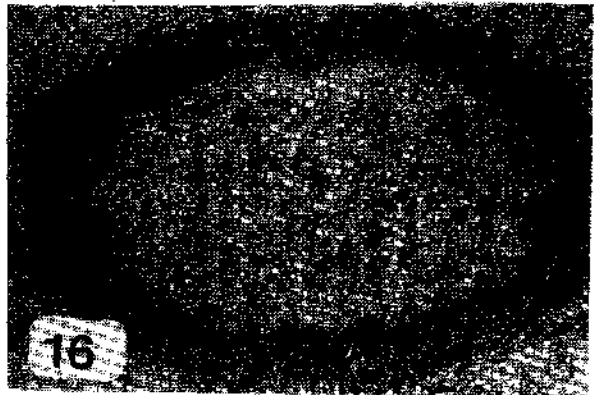
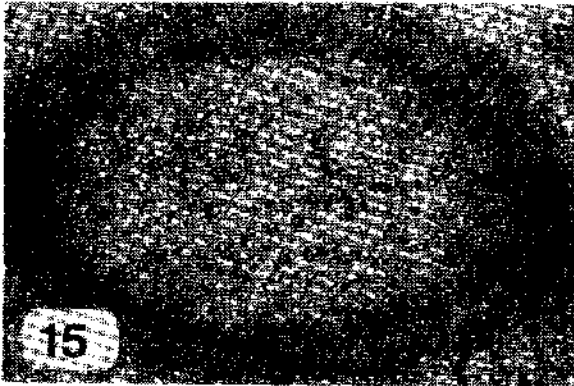
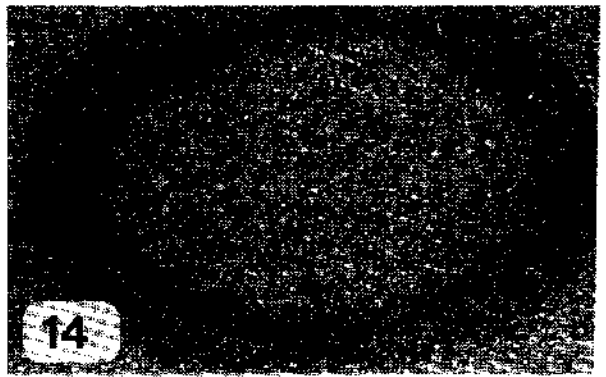
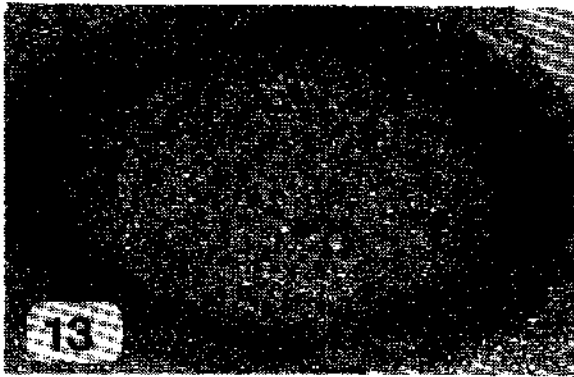
Figuras 16, 17 y 18.
Secciones a 2 milímetros por debajo de los cotiledones (x 20).

Figuras 19, 20 y 21.
Incluyen secciones a nivel de los cotiledones (x 20).

Figura 22.
Sección por encima de los cotiledones (x 20).







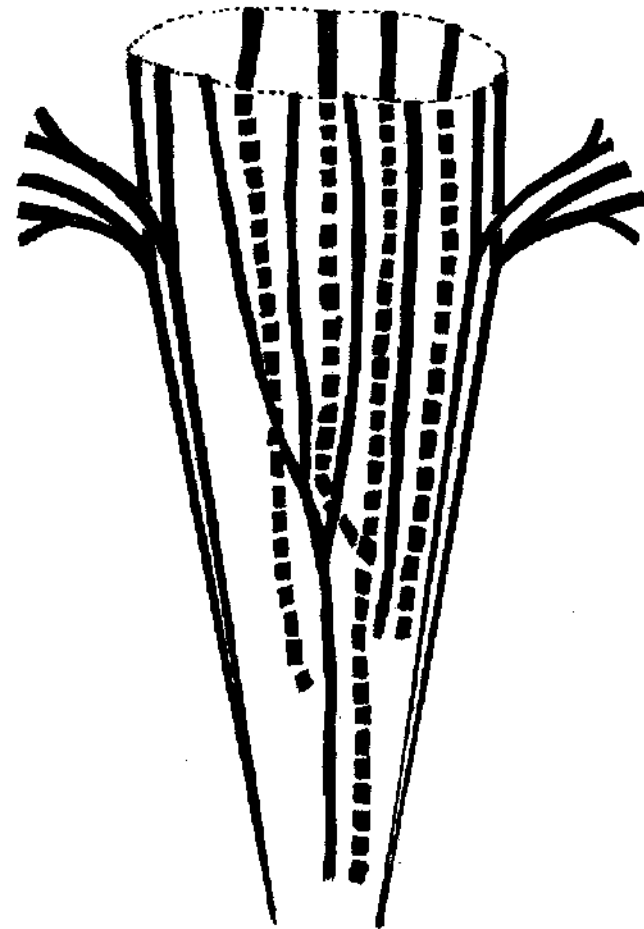
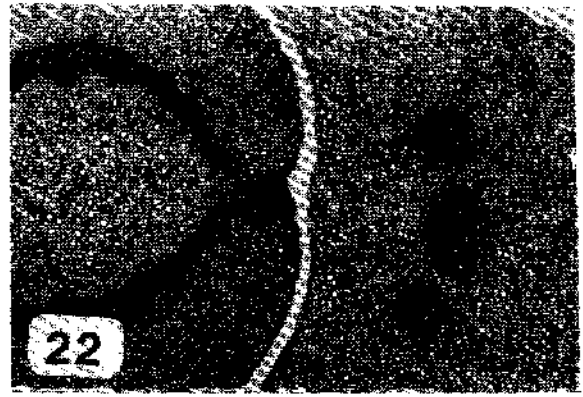


Figura 23.
Representación esquemática del xilema en el cuerpo primario de una plántula joven.

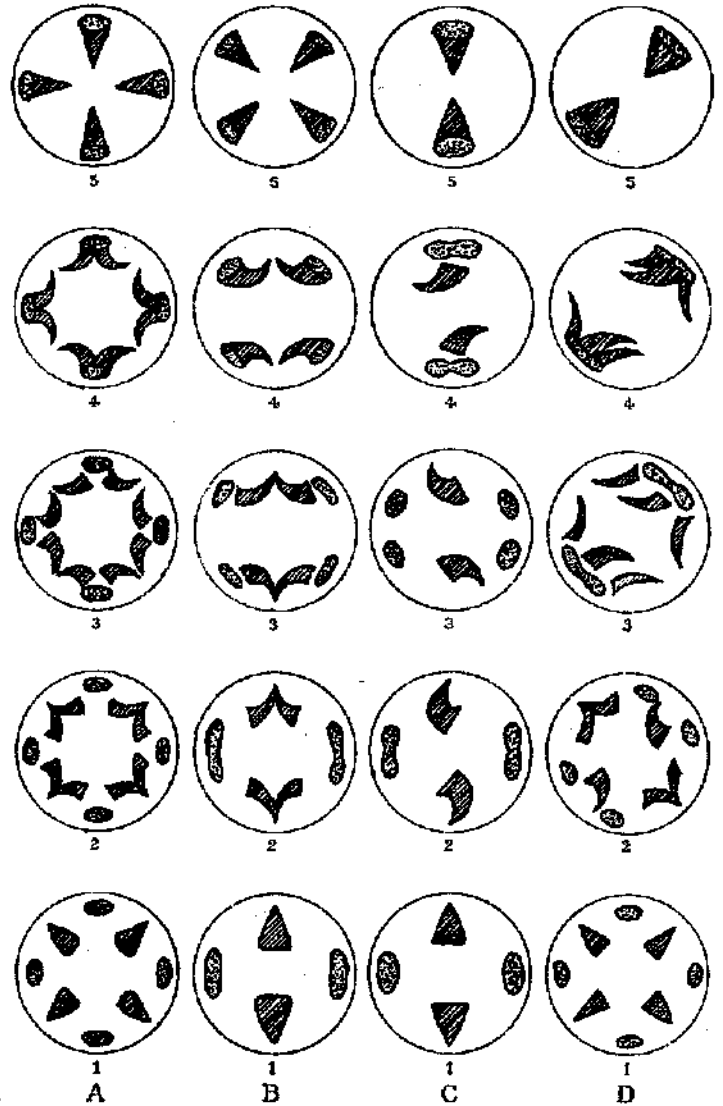


Figura 24.
Diagrama de los 4 tipos de transición raíz-tallo propuestos por Eames y Mac Daniels (tomado de Eames A.J., and L. Mac Daniels. 1947. An introduction to plant anatomy. Mc Graw-Hill Book company - New York pág. 294).

BIBLIOGRAFIA

1. Bailey, I. W. 1956. Nodal anatomy in retrospect. *J. Arnold Arb.* 37:269-287.
2. Bottum, F. R. 1941. Histological studies of the root of *Melilotus alba*. *Bot. Gaz.* 103:132-145.
3. Crooks, D. M. 1934. Histological and regenerative studies of the flax seedling. *Bot. Gaz.* 95:209-239.
4. Esau, K. 1940. Developmental anatomy of the fleshy storage organ of *Daucus carota*. *Hilgardia.* 13:175-226.
5. Eames A. J. and L. Mac Daniels. 1947. An introduction to plant anatomy, Mc Graw-Hill Book Company New York. 427 p.
6. Fahn, A. 1967. Plant Anatomy. Pergamon Press, New York, 534 pp.
7. Jensen, W. A. 1962. Botanical Histochemistry. W. H. Freeman and Co. San Francisco. 408 pp.
8. Johansen, D. A. 1940. Plant Microtechnique. Mc Graw Hill. New York 523 pp.
9. List, A. Jr. 1963. Some features of the transition zone in *Gleditsia*, *Gymnocladus*, and *Aesculus* late embryos. *A. J. Bot.* (6 pt. 2): 622.
10. Scheirer, D. C., and C. J. Hillson. 1973. The vascular transition region of *Helianthus annuus*. I. Bilateral and unilateral patterns of differentiation. *A. J. Bot.* 60:242-246.