

ESTUDIO HISTOLÓGICO DE ESPECIES DEL GÉNERO *AMARANTHUS* L.

M.T. ALONSO BEATO¹
M.I. CUADRADO RODRÍGUEZ¹
J.M. LARA PRADA¹
J. ALJÓN¹

Key words: Histology, *Amaranthus*.

RESUMEN.— Se han estudiado las características histológicas del tallo, hojas y raíz de especies del género *Amaranthus*. Destacamos las peculiaridades estructurales de estos órganos: existencia de haces vasculares medulares irregularmente distribuidos en el tallo; presencia de una endodermis o «vaina del haz» en los primordios foliares y florales; un meristemo lateral primario coincidente con el periciclo del tallo. También se analiza el modelo de desarrollo de la raíz, su sistema vascular central y la actividad meristemática responsable del crecimiento secundario de este órgano.

SUMMARY.— The histological characteristics of several species of the genus *Amaranthus* have been studied in stems, leaves and roots. Among the structural peculiarities of these organs can be pointed out the following: a) the existence of medular vascular bundles irregularly distributed in the stem; b) the presence of an endodermis or «bundle sheath» in the floral and folial primordia; c) a lateral primary meristem coincident with the pericycle of the stem. The model of development of the root, its central vascular system and the meristemal activity responsible of its secondary growth have also been analyzed.

INTRODUCCIÓN

La particular disposición de las distintas estructuras constituyentes del cuerpo de la planta de las especies de la familia *Amaranthaceae* ha llamado la atención de diversos autores que se han ocupado de su estudio histológico (WILSON, 1.924; EAMES y cols., 1.947; ESAU, 1.950-54; FOSTER, 1.959; PHILIPSON y cols.,

¹ Depto. Citología e Histología Vegetal y Animal. Fac. Biología. Salamanca.

1.971), incluyéndolas en el conjunto de plantas que sufren «*crecimiento anómalo*» (BALFOUR y PHILIPSON, 1.962; BALFOUR, 1.965; ESAU, 1.977; METCALFE y CHALK, 1.950).

En el presente trabajo se estudian algunas especies del género *Amaranthus*, haciendo especial hincapié en la histología del tallo, hoja y raíz, así como en la evolución ontogenética de los órganos y la peculiar disposición que adopta el sistema vascular en relación con los meristemos que contribuyen al desarrollo del mismo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Hemos empleado para su estudio las siguientes especies del género *Amaranthus*: *Amaranthus albus* L., *Amaranthus cruentus* L., *Amaranthus deflexus* L., y *Amaranthus lividus* L., recogidas todas ellas en la provincia de Salamanca (Ledesma, Vitigudino, Linares de Riofrío, Santa Marta de Tormes, Aldealengua, Ciudad Rodrigo, Villaseco de los Gamitos y la Fuente de San Esteban).

Las muestras a estudiar han sido sometidas al siguiente tratamiento:

- Fijación durante 24 horas en una mezcla de alcohol absoluto-Formol-Ácido acético (60:30:10).
- Sumersión durante 24 horas en una mezcla de agua destilada con un 10% de glicerina.
- Evaporación en cápsula de porcelana al baño maría.
- Sumersión durante 24 horas en una mezcla de glicerina y alcohol butílico (3:1).
- Sumersión durante 24 horas en glicerina-alcohol butílico (1:1).
- Sumersión durante 24 horas en glicerina-alcohol butílico (1:3)
- Sumersión durante 24 horas en butílico puro.
- Introducir en parafina fundida, durante 24 horas y hacer el bloque.

Las piezas incluidas fueron cortadas a 10, 12 y 15 micras con un microtomo tipo Minot (Leitz). Una vez desparafinados los cortes, se ensayaron diversos procedimientos de tinción encontrándose los mejores resultados con el siguiente:

- 15 minutos en Safranina.
- Lavado rápido en agua.
- 5 minutos en dicromato potásico al 3% (mordiente).

- Lavado rápido en agua.
- 3 minutos en Verde luz.
- Deshidratar comenzando por alcohol de 96° (5 minutos)
- Llevar a alcohol absoluto y a xilol.
- Montar en Entellan (Merck).

Técnicas seguidas para el estudio de la epidermis de cada una de las especies:

- 1.— El corte transversal de los órganos recubiertos por ella.
- 2.— Extracción de fragmentos de este tejido de los respectivos órganos.
 - Tratamiento con hidróxido sódico al 10%, durante 10 minutos.
 - Lavado en agua destilada.
 - Inmersión en ácido acético glacial al 20%, durante 10 minutos (a fin de neutralizar el efecto del hidróxido sódico).
 - Lavado con agua destilada.
 - Tinción con Hematoxilina de Delafield, durante 10 minutos.
 - Deshidratación y montaje, según el procedimiento normal.
- 3.— En cada caso concreto hemos realizado, también, réplicas de la superficie de la planta objeto de estudio, empleando para ello laca. Este procedimiento nos ha permitido confirmar algunos datos referentes a las características del tejido, entre los que cabe destacar la presencia ó ausencia de estomas así como la disposición y frecuencia de los mismos en cada órgano.

RESULTADOS

1. TALLO

Los haces vasculares completos, colaterales y cerrados, en el tallo de *Amaranthaceae* se distribuyen en el parénquima medular, y su disposición es irregular. Sin embargo, la zona medular se halla bien definida y es claramente distinta de la zona cortical, en la que no se encuentran elementos vasculares. Así, en cualquier corte transversal caulinar, independientemente del nivel ó la distancia del ápice al que se haya realizado, podemos observar tal disposición.

En el límite entre los cilindros cortical y medular, hemos observado la existencia de una zona generatriz, un meristemo extravascular de origen primario, que entra en acción tempranamente y genera de forma constante, durante el período vegetativo, elementos vasculares. En esta zona pueden apreciarse elementos xilemáticos teñidos de rojo intenso (cuando se emplea como colorante la sa-

franina) que marcan el lugar de aparición de nuevos haces, los cuales se incorporan al sistema vascular durante el crecimiento primario del vástago (fig. 1).

El cilindro cortical está compuesto por parénquima clorofílico como tejido fundamental y colénquima angular como tejido de sostén. Este último se dispone formando un cilindro continuo que se hace mas grueso y patente en las zonas basípetas del tallo.

Las células parenquimáticas (voluminosas y turgentes), tanto corticales como medulares, muestran a veces contornos sinuosos, resultado de las presiones que ejercen unas contra otras, observándose meatos de origen esquizógeno. Es notable la acumulación de paraplasma que adopta formas diversas: con frecuencia las sustancias se condensan en granulos esferoidales en los que cabe destacar un punto central refringente. En las regiones más jóvenes de las plantas, sobre todo a nivel de los primordios florales, predominan las drusas.

En cortes longitudinales del tallo de las especies estudiadas (*A. cruentus*, *A. deflexus*, *A. albus* y *A. lividus*) se aprecian, además de las características anteriormente descritas, algunos detalles del sistema vascular que tambien pueden ser significativos: los vasos xilemáticos son fundamentalmente anillados y espirales; no aparecen elementos reticulares, escaleriformes ó punteados. El parénquima en este tipo de cortes presenta una ordenación en fila muy marcada. Se distingue igualmente la zona generatriz, constituida por varios estratos de células prismáticas alargadas en el sentido del eje caulinar. Pueden hallarse hileras de células en las que adquiere mayor relieve el contenido paraplasmaico.

Los rasgos estructurales descritos son característicos del tallo independientemente del nivel al que se realicen los cortes (no existen diferencias marcadas entre las zonas apicales y basales del mismo, salvo el número de componentes del sistema vascular), y esta misma disposición de tejidos se encuentra tambien en el eje de la inflorescencia. En ningun caso hemos encontrado tejidos ó conductos de secreción específicamente diferenciados.

Las especies del genero *Amaranthus* presentan un tejido de protección que responde a una epidermis monoestratificada con una serie de características comunes a la de numerosas plantas dicotiledoneas y, otras, que pueden considerarse mas propias de este genero tales como:

- En corte transversal sus células presentan aspecto globular, bastante isodiamétrico, y una fina cutícula. Vistas de frente, muestran perfiles variables dependiendo de su ubicación concreta dentro de la misma planta.
- En la epidermis del tallo se aprecia una alternancia de bandas que coinciden con áreas constituidas, unas por células marcadamente estrechas y alargadas en el sentido del eje del tallo y en las que no se distinguen estomas y, otras, integradas por células mas poliedricas entre las que se aprecian algunos estomas de características semejantes a los del limbo foliar.

2. HOJA

Los cortes de las hojas de estas especies muestran una estructura bastante característica. Independientemente del grado de desarrollo de este órgano destaca la «*vaina*» que envuelve los haces vasculares (fig. 2), la cual se encuentra presente ya en el peciolo (fig. 3) y se extiende en torno a todas las ramificaciones que surcan el limbo foliar. Su presencia se pone de manifiesto con diversos colorantes (Hematoxilina férrica, Verde iodo, Verde luz, Safranina, Cloroyoduro de zinc, etc.) apreciándose especialmente engrosadas las porciones de la pared más próximas a los haces vasculares. El engrosamiento tiene forma de cúpula ó caperuza y abarca aproximadamente un tercio de la superficie celular. Sin embargo, hay que destacar que no hemos hallado ninguna estructura de este tipo en el tallo y sí en las espículas de las inflorescencias y en cada uno de los elementos del perianto de las flores.

El resto del mesófilo lo constituye una parénquima en empalizada denso en cuyas células se observa abundante paraplasma.

La epidermis de la hoja, tanto en el haz como en el envés, muestra con claridad y similar frecuencia abundantes estomas, cuyas células anejas en número de tres a cinco no se diferencian del resto de las células epidérmicas.

Las Amaranthaceas poseen abundantes tricomas que aparecen ya en los primeros estadios del desarrollo de la plántula, y su frecuencia es mayor en las partes más jóvenes. En las zonas apicales, en los primordios foliares existen fundamentalmente tricomas de tipo glandular que en el resto de la superficie se alternan con otras diferenciaciones, tales como pelos pluricelulares uni y multiseriados (fig. 4).

3. RAIZ

Hemos observado las raíces de *Amaranthus* en distintas etapas de crecimiento. Para ello hemos utilizado plantulas en diverso grado de desarrollo, que se han procesado en secciones transversales seriadas a partir del ápice radicular.

El primer elemento xilemático se hace visible en el procambium, superado el nivel de la caliptra, en un punto que puede ser coincidente con el eje central de simetría. A este primer elemento se van agregando, en sucesivas etapas, otros nuevos que surgen por pares, uno a cada lado, adoptando una disposición rectilínea. Cuando el número de vasos diferenciados es superior a siete, comienzan a aparecer los elementos laterales determinando así el aspecto papilionaceo del haz vascular central, característico de estas especies (fig. 5).

Cuando el crecimiento secundario avanza, las presiones debidas a la proliferación celular, proporciona a la raíz un aspecto aparentemente regular. En estas etapas del desarrollo se hace mas patente la disposición de cada uno de los periciclos que, unidos al floema correspondiente, quedan encajados y carentes de actividad entre el xilema de periodos de crecimiento consecutivos (fig. 6).

Las células que forman el cortex de la raíz son isodiametricas en las primeras etapas del desarrollo y a medida que este progresa adquieren aspecto tabular debido a las presiones que los tejidos vasculares ejercen durante el crecimiento del organo. El parénquima, a todos los niveles, posee grandes drusas y una considerable cantidad de sustancias orgánicas.

En cortes longitudinales se observa que los elementos conductores del xilema son espiralados fundamentalmente, y que existe un estrato de células que, a modo de endodermis, envuelve el cilindro estelar y actúa como tejido reservante. Este solo se presenta en estadios avanzados del desarrollo y, quizás, tenga como misión fundamental la de retener ó almacenar agua, pudiendo identificarse (junto con las inclusiones mencionadas) cierta cantidad de mucilagos.

DISCUSION

En *Amaranthus* estudiamos las características estructurales de elementos epigeos y organos hipogeos de diversas especies. La disposición medular de los haces vasculares en el tallo es un caracter que las asemeja a las monocotiledoneas, no hallandose estas formaciones en el cortex. Es de destacar la semejanza estructural existente entre este organo y el eje de la inflorescencia. En el límite entre los cilindros cortical y medular se describe la existencia de una zona generatriz, que creemos de origen primario, la cual entra en acción tempranamente generando de forma constante, durante todo el periodo de crecimiento vegetativo, nuevos elementos vasculares. Así, tinciones con Safranina-Verde luz, ponen de manifiesto en esta zona elementos xilemáticos que marcan el lugar de aparición de los haces que se incorporan al sistema vascular primario. Entendemos que esta zona generatriz contribuye al crecimiento primario de la planta y que es mas asimilable a un periciclo activo que a un cambium, dado que: 1) el origen de las células que lo integran radica en el meristemo apical caulinar; 2) su situación topográfica limita el cilindro medular; y 3) genera tejidos primarios.

En caso contrario, tendríamos que aceptar que estas plantas tienen un crecimiento secundario que se inicia precozmente, ya en el procambium.

En el tallo no hemos encontrado una endodermis aparentemente diferenciada; sin embargo, llama la atención el alto desarrollo que alcanza en las hojas lo que en principio podríamos denominar «*vaina del haz*», constituida por un estrato de células que difieren del resto de las parenquimáticas por su tamaño y caracte-

terísticas tintóreas. Son voluminosas y almacenadoras de agua y otras sustancias amorfas.

En la raíz primaria se distinguen las zonas cortical y estelar. El sistema vascular lo constituye fundamentalmente la estructura papilionacea central. Durante el crecimiento secundario los elementos vasculares son generados por meristemos laterales coexistentes y coincidentes, a nuestro parecer, con sucesivos periciclos (lugar de origen de raíces laterales). La actividad de cada periciclo no es uniforme, sino que alternan zonas que generan haces libero-leñosos con otras que originan parénquima; y esto ocurre en todos los periciclos concéntricos.

La disposición de los tejidos en el tallo y raíz de las Amaranthaceas no responde al modelo estructural habitualmente propuesto para las plantas dicotiledoneas, por lo que se las ha considerado de «*crecimiento secundario anómalo*». La calificación es adecuada en el sentido de que su forma de crecimiento se aparta del modelo que se ha dado en aceptar como «*normal*», pero si tales anomalías se perpetúan puede tratarse de un carácter permanente con significación taxonómica. En tal caso, esa especial modalidad de desarrollo debe de responder a un proceso de especialización o aislamiento taxonómico puesto que, en caso contrario, las características anatómicas no serían semejantes para todos los individuos de la misma especie.

Por otra parte, hay múltiples referencias que aluden a especies vegetales cuyo comportamiento en este sentido se aleja del típicamente propuesto. Esto indica que las «*excepciones*» son bastante numerosas —aunque parezca contradictorio— y quizás habría que introducir un nuevo criterio de clasificación de las plantas teniendo en consideración estas circunstancias, puntualizando cómo dentro de las dicotiledoneas pueden distinguirse diferentes tipos de estructuras relacionadas con otros tantos modelos de crecimiento, que no por «*infrecuentes*» hay que considerarlos anómalos, ya que, como en este caso, los individuos de un mismo taxon presentan siempre el mismo comportamiento, independientemente de los condicionamientos ecológicos.

AGRADECIMIENTOS

A los Departamentos de Botánica de las Facultades de Biología y Farmacia de Salamanca, por la ayuda prestada para la recogida y determinación de las muestras.

(Aceptado para su publicación el 10-XII-1.983)

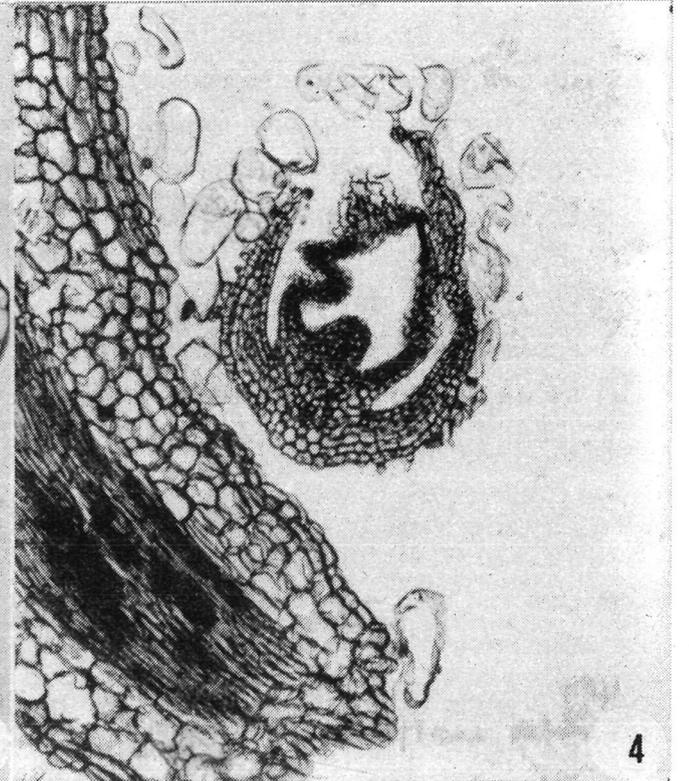
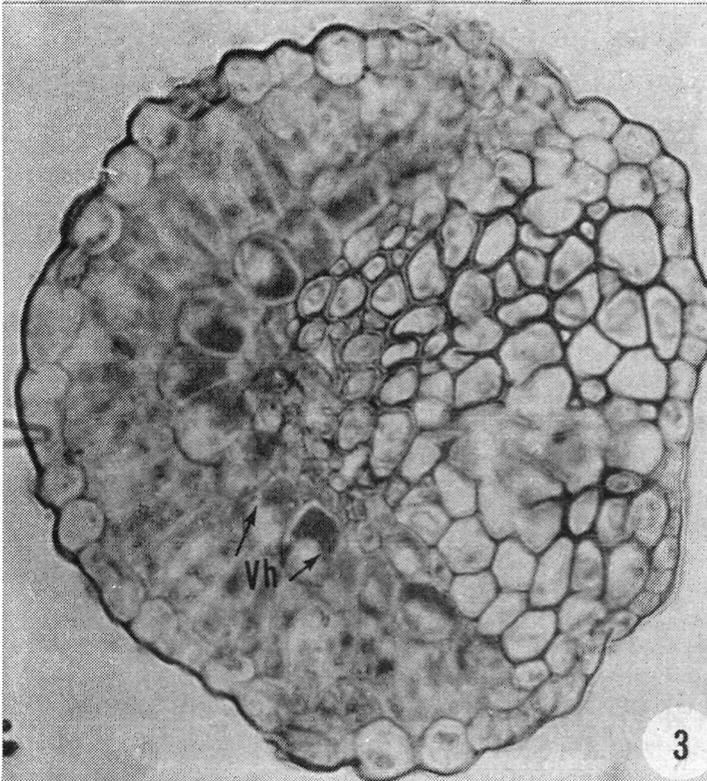
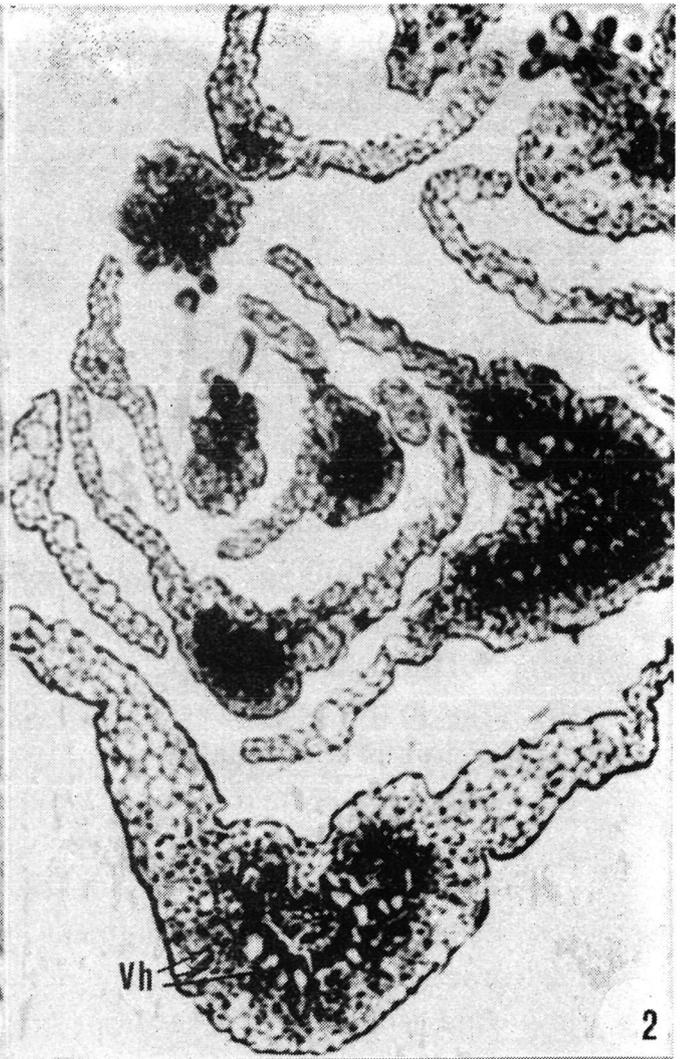
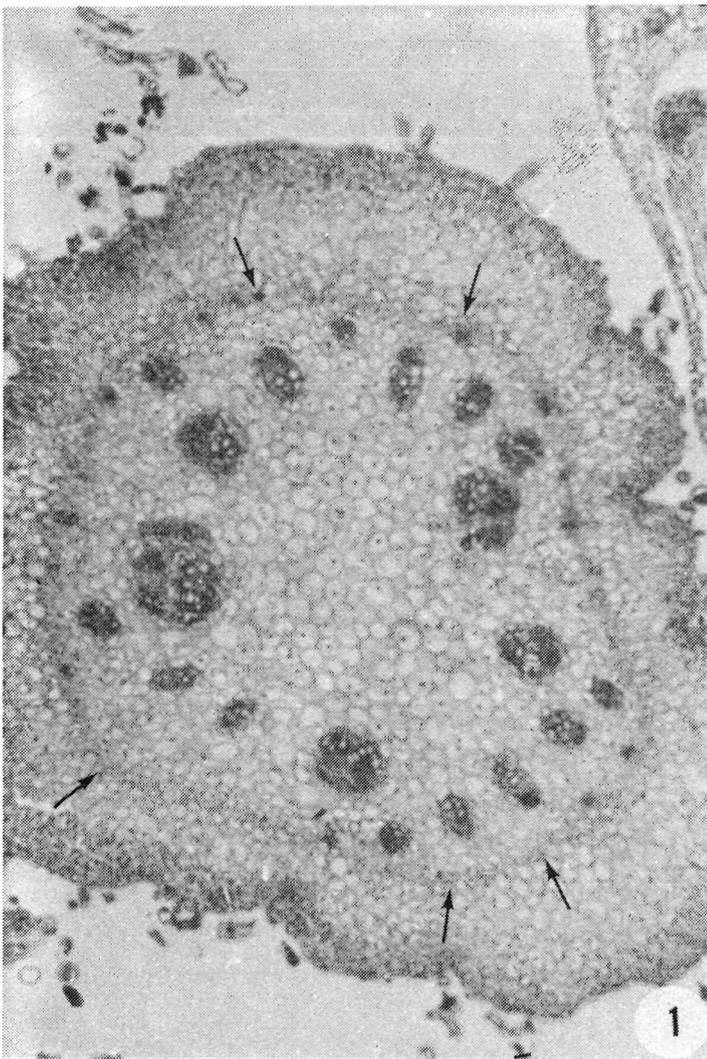


Fig. 1. Corte transversal del tallo de *Amaranthus*. Las flechas indican la zona generatriz lateral (40X).

Fig. 2. Estructuras foliares; Vh, vaina del haz. (100X).

Fig. 3. Pecíolo foliar; Vh, vaina del haz. (400X).

Fig. 4. Tricomas glandulares pedicelados, en primordios florales. (100X)

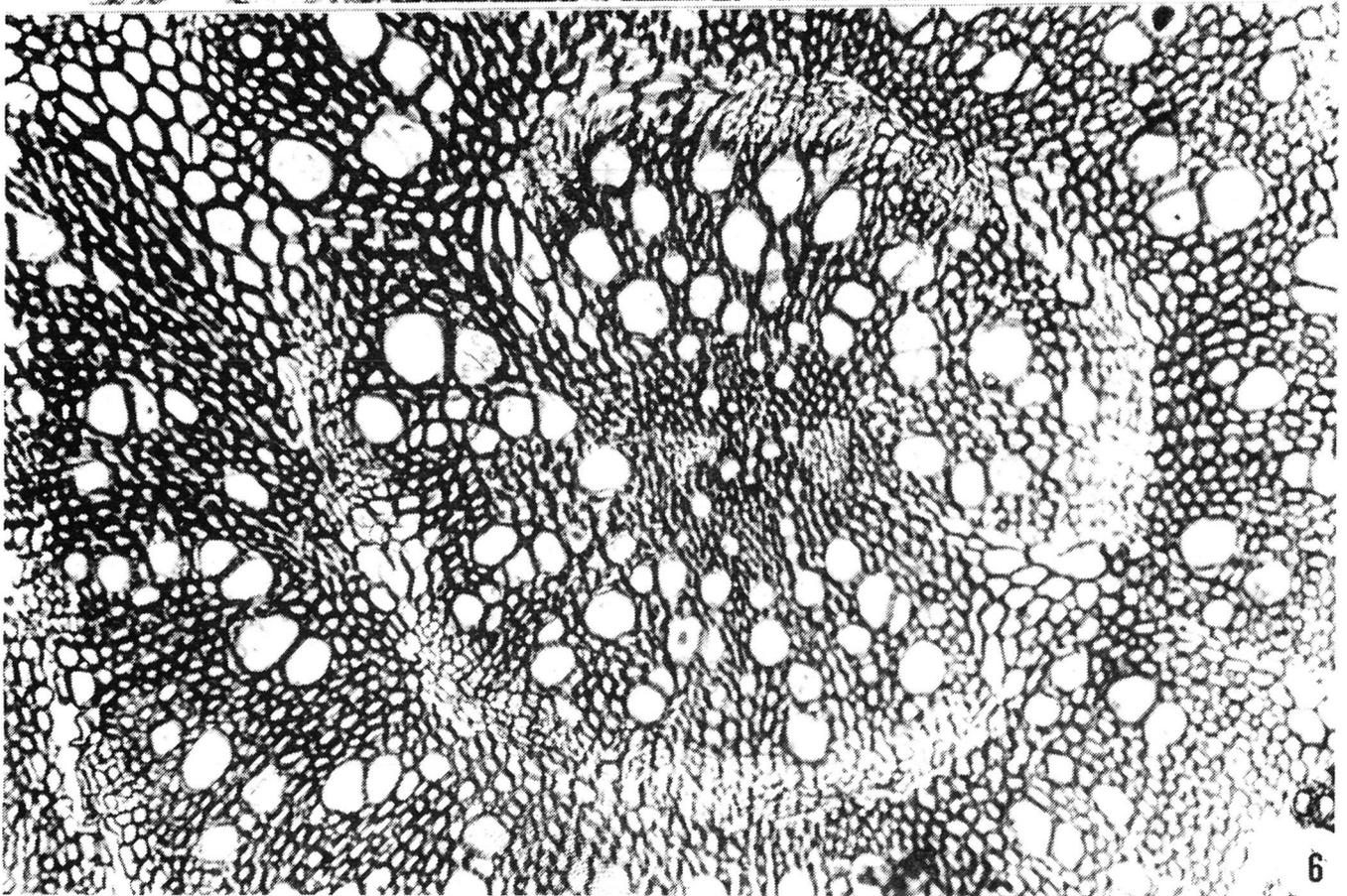
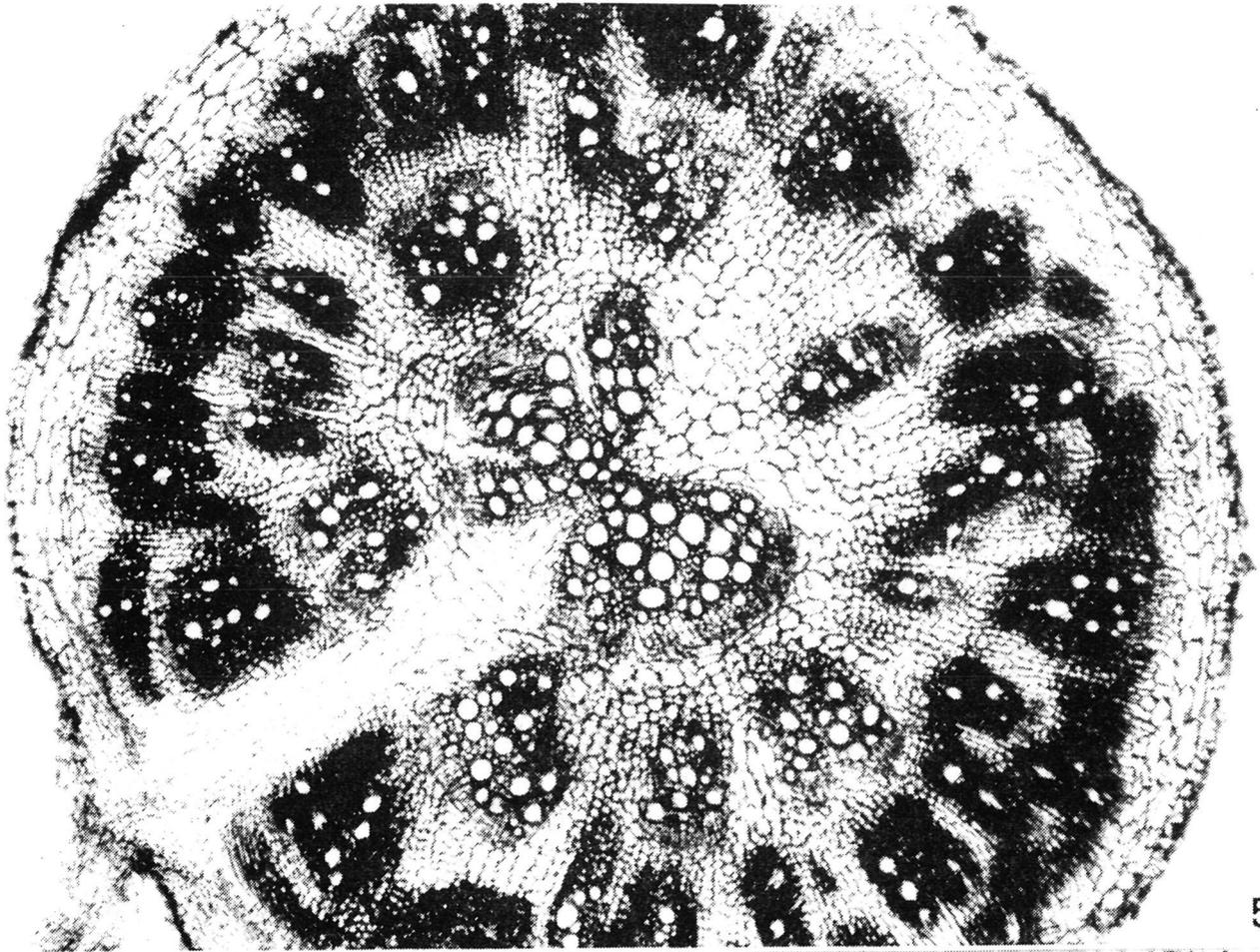


Fig. 5. Corte transversal de raíz después de iniciado el crecimiento secundario (40X)

Fig. 6. Corte transversal de raíz secundaria una vez finalizado el crecimiento. (250X)

BIBLIOGRAFÍA

- BALFOUR, E. (1965). Anomalous secondary thickening in *Chenopodiaceae*, *Nyctaginaceae* and *Amaranthaceae*. *Phytomorphol.* 15: 111-122.
- BALFOUR, E. and PHILIPSON, W.R. (1962). The development of the primary vascular system of certain dicotyledons. *Phytomorphol.* 12: 110-143.
- EAMES, A.J. y MacDANIELS, L.H. (1947). Introduction to Plant Anatomy. 2^a ed. New York, *McGraw-Hill Co.*
- ESAU, K. (1950). Development and structure of the phloem tissue. *Bot. Rev.* 16: 67-114.
- ESAU, K. (1954). Primary vascular differentiation in plants. *Biol. Rev.* 29: 46-86.
- ESAU, K. (1977). Anatomy of Seed Plants. *John Wiley and Sons Inc.*, New York.
- FOSTER, A.S. y GIFFORD, E.M. (1959). Comparative Morphology of Vascular Plants. *W.H. Freeman*, San Francisco.
- METCALFE, C.R. y CHALK, L. (1950). Anatomy of Dicotyledons. *Clarendon Press*, Oxford.
- PHILIPSON, W.R., WARD, J.M. y BUTTERFIELD, B.G. (1971). The vascular cambium. *Chapman and Hall*, Londres.
- WILSON, C.L. (1924). Medullary bundle in relation to primary vascular system in *Chenopodiaceae* and *Amaranthaceae*. *Bot. Gaz.* 78: 175-179.