

ASPECTOS HISTOLOGICOS DE *KOCHIA SCOPARIA* (L.) SCHRADER. HIPOTESIS SOBRE LA ONTOGENIA

M.T. ALONSO BEATO

Dpto. de Citología e Histología Vegetal y Animal, Facultad de Biología. Universidad de Salamanca. 37008 Salamanca

RESUMEN: En el presente trabajo se describen ciertos aspectos estructurales y ontogenéticos de *Kochia scoparia* (L.) Schrader. Se estudian diversas etapas del desarrollo embrionario, apreciándose una asincronía marcada durante el proceso de elongación. Se analiza la ontogenia del sistema vascular. Se estudia la extensión del área de transición.

Del análisis del desarrollo de las semillas se deduce la existencia inicial de tres sistemas vasculares separados en la plántula, que posteriormente contactan. Se estudia la forma de desarrollo del sistema vascular secundario y la actividad secuencial de diversos meristemas laterales, presentándose la asincronía como una característica funcional relevante.

SUMMARY: The present work reports on certain structural aspects of seeds of *Kochia scoparia* (L.) Schrader. Different stages of embryonic development are studied with the finding that mainly on the ontogeny of the vascular system. A study is made of the transition area.

According to analysis of the development of the seeds it is possible to infer the initial existence of three separate vascular systems in the seedling, that later contact.

A study is made of the developmental mode of the secondary vascular system of the stem and the sequential activity of the several meristems. The asynchrony appears as an important functional characteristic.

Keywords: *Kochia*, seeds, ontogenetic development, vascular system, transition region, asynchrony.

INTRODUCCION

Siguiendo la línea general de anteriores trabajos (ALONSO BEATO & *al.*, 1984a, 1984b, 1985, ALONSO BEATO, 1987a, 1987b), y la bibliografía en ellos citada, en el presente trabajo se describen diversos aspectos histológicos y ontogenéticos de *Kochia scoparia* (L.) Schrader.

MATERIAL Y METODOS

El material empleado en el presente trabajo lo constituyen las semillas de *Kochia scoparia*, las plantas resultantes de la germinación de las mismas en distintas etapas de desarrollo, e individuos adultos de la misma especie, siendo procesados de acuerdo con los protocolos descritos por ALONSO BEATO & *al.*, (1984).

RESULTADOS

Anatomía de la semilla

La semilla de *Kochia scoparia* presenta una cubierta constituida por la testa y el tegmen. La testa la forman elementos de perfiles poligonales, con paredes profusamente punteadas. El tegmen se muestra refringente, aparentemente amorfo (figs. 1D, 1E, 1F). El embrión se encuentra curvado alrededor del perisperma (fig. 1A), rasgo común a las ciclolobas (ULBRICH, 1934). Sus características dependen del grado de desarrollo de la semilla.

El perisperma, muy desarrollado, lo integran células con perfiles bien delimitados, que contienen abundantes sustancias de reserva (fig. 1B).

Desarrollo del embrión

La germinación de las semillas de *Kochia scoparia* es epigea. Durante el periodo germinativo, la elongación de las distintas partes del embrión parece ser asincrónica. En la primera etapa, la parte inferior del hipocótilo y la radícula crecen con más rapidez que el resto del embrión, abriéndose paso a través de la testa, y emerge por una fisura coronal radial, producida como consecuencia de las presiones que ejerce el embrión sobre la testa de la semilla. A partir de este momento, en la epidermis de la radícula se diferencian los tricoblastos, que aumentan las posibilidades de absorción de la plántula.

La elongación de la parte alta del hipocótilo y de los cotiledones en esta especie tiene lugar durante las venticuatro horas siguientes a la germinación e implica disminución del ritmo de crecimiento de las otras partes del embrión.

Cuando la longitud del eje hipocótilo-radicular se encuentra entre 1,5-2,5 cms. (aproximadamente el 5º día), el proceso de elongación del mismo se retarda y cesa. Sin embargo, los cotiledones continúan creciendo hasta completar el desarrollo, que culmina aproximadamente quince días después de la germinación, permaneciendo activos alrededor de un mes. Durante este periodo, se diferencia el epicótilo. Su presencia se hace ostensible durante la tercera semana.

En la etapa germinativa, la histología del embrión es muy elemental. Destacan el meristemo apical epigeo, en el que, a veces, se esbozan los brotes axilares (figs. 1C, 1E). El ápice radicular con la correspondiente caliptra (fig. 1G). El hipocótilo, protegido por una protodermis con células en mitosis. Solamente los cotiledones presentan tejidos diferenciados.

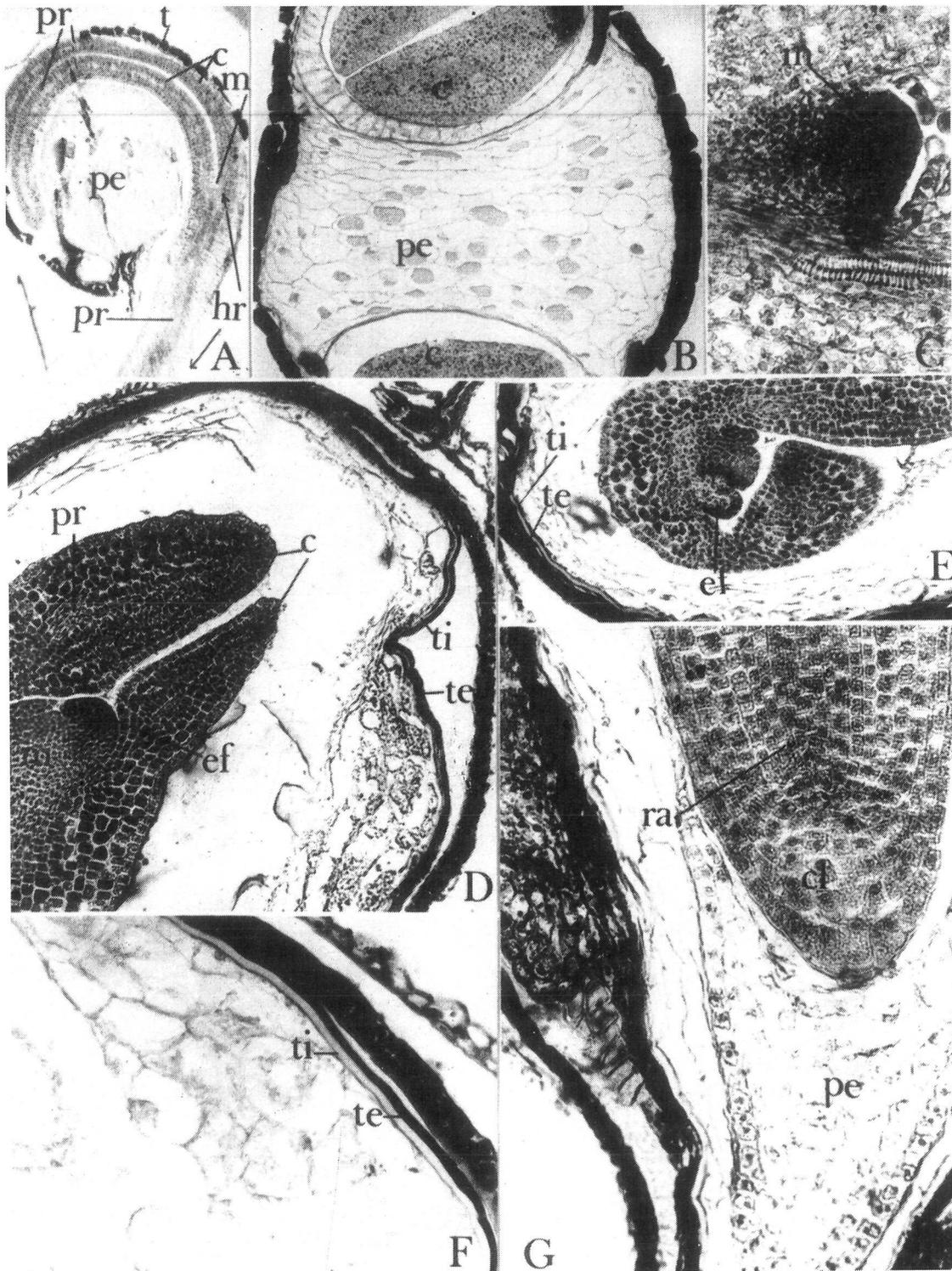


Figura 1

A) Corte coronal medial de la semilla de *Kochia scoparia* (40X); (c: cotiledones; hr: eje hipocótilo-radicular) m: meristemo epicótilo; pr: procambium; pe: perisperma. B) Corte transversal de semilla (100X) (c: cotiledones; pe: perisperma). C) Detalle del meristemo hipocótilo (400X), (m: meristemo). D y E) Corte de semilla (250X), (c: cotiledones ef: esbozos foliares; m: meristemos; ti: tegmen; te: testa). F) Detalle de la microfotografía D, (400X), (ti: tegmen; te: testa). G) Porción radicular del embrión (400X), (cl: caliptra; pe: perisperma; ra: radícula).

Histología de los cotiledones

Los cotiledones, de aspecto suculento, están revestidos de una epidermis poco cutinizada. Numerosos estomas se distribuyen entre las superficies adaxial y abaxial. En el mesófilo predomina el parénquima asimilador en empalizada, formado por células que dejan extensos espacios aéreos y que contienen abundantes sustancias de reserva.

Los haces vasculares, poco desarrollados, están envueltos por una vaina de elementos parenquimáticos modificados. Estas células voluminosas ocupan casi todo el espacio que separa los tejidos en empalizada del haz y del envés. Rellenan los espacios intervasculares pequeñas cantidades de tejido esponjoso.

Vascularización del embrión

El estudio de los cortes coronales, sagitales y transversales permite interpretar la forma de evolución y vascularización del embrión. El sistema procambial, tanto del eje como de los cotiledones, se detecta tempranamente. El grado de desarrollo y los límites del mismo, se aprecian por la disminución de la capacidad tintórea y por el alargamiento que experimentan sus células en relación con el tejido fundamental.

Examinando los cortes de embriones en estados pregerminativos, se aprecia que el procambium del eje hipocótilo-radicular y el de los cotiledones forman un sistema continuo, que según observaciones realizadas por ESAU (1954), MILLER & WETMORE (1954) en otras especies, crece por aposición. Sin embargo, en *Kochia scoparia* se observa que, en principio, el procambium no se desarrolla como un bloque unitario, sino que aparecen diversos centros de diferenciación, cuyo crecimiento conduce a la yuxtaposición de las áreas iniciales y a la integración del sistema.

En la región radicular, el procambium se interrumpe antes de alcanzar el extremo, separándolo del ápice un número variable de células. En la parte superior del hipocótilo, en cordón procambial se bifurca, extendiéndose en esta situación hasta la base de los cotiledones y aparece como consecuencia el cilindro medular y el área de transición.

La aparición del protoxilema cotiledonar es previa a la germinación. En segundo lugar, surge un centro en el eje hipocótilo-radicular. Y, por último, se diferencia un centro en el epicótilo. Esta secuencia parece tener relación con el grado de desarrollo que alcanza el procambium a distintos niveles.

Aunque la diferenciación del protoxilema tienen lugar de forma aislada e independiente en distintos puntos del embrión, tal aislamiento es temporal. Inmediatamente se fusiona, formándose un sistema vascular continuo desde los cotiledones a la radícula.

Quince días después de la germinación, la plántula presenta un sistema vascular muy simple. Los cortes a nivel de la raíz muestran seis o siete elementos protoxilemáticos diametralmente dispuestos (fig. 2A). En la zona de transición se aprecian dos grupos de tres o cuatro vasos, correspondientes a las trazas cotiledonares (figs. 2B, 2C). En niveles superiores, próximos al epicótilo, pueden distinguirse nuevas trazas, tantas como esbozos foliares.

El protoxilema en el eje es endarco y en los cotiledones exarco.

Pasado un mes, se detectan ya los elementos metaxilemáticos del eje. En los cotiledones no se diferencian nunca.

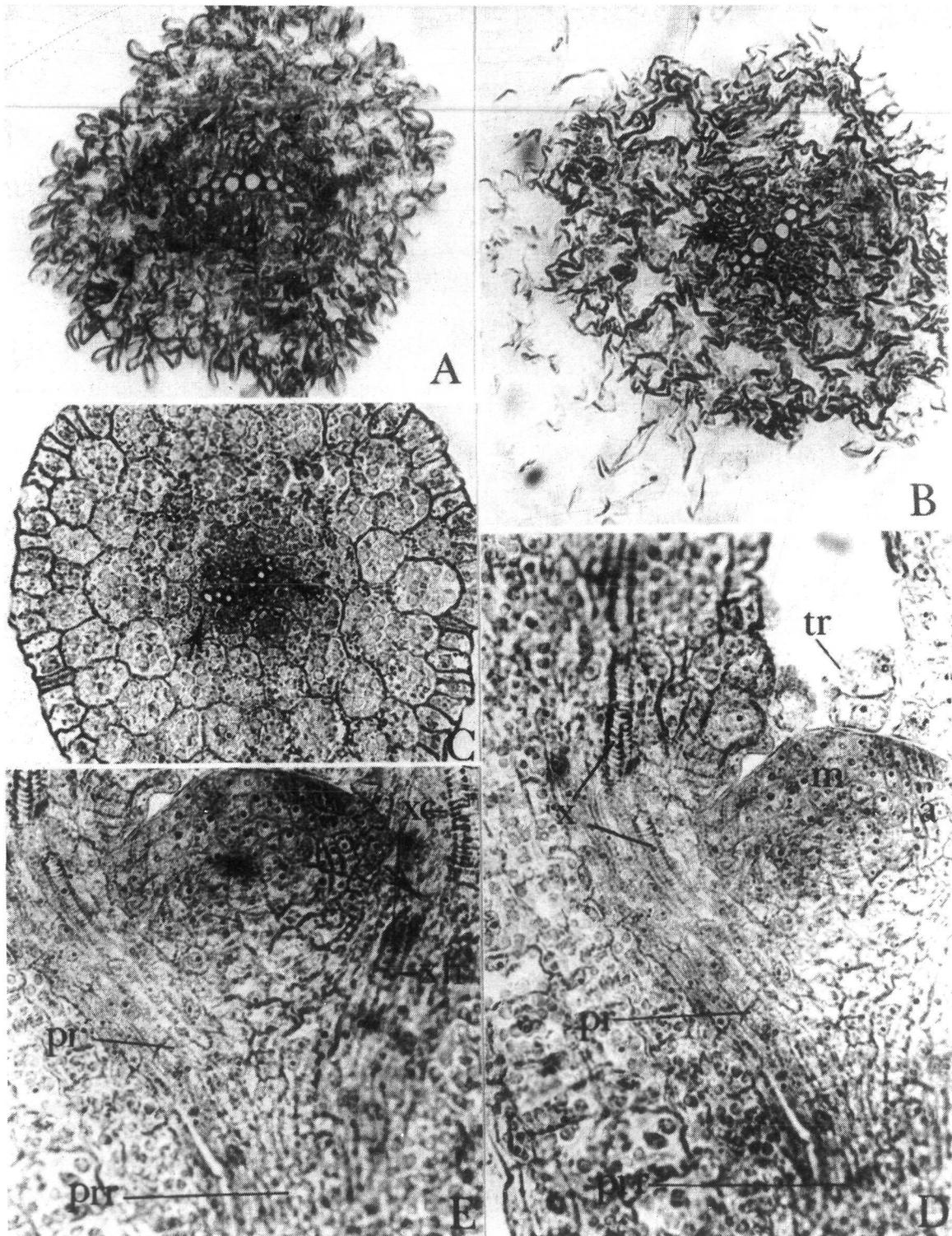


Figura 2

A) Corte transversal de radícula (100X). Se aprecian los vasos protoxilemáticos diametralmente opuestos. B) Corte del eje hipocótilo en la región de transición (100X): se distinguen dos grupos de vasos xilemáticos. C) Idem, a nivel superior, donde la separación de los vasos resulta más patente. D y E) Cortes longitudinales de una plántula. Se aprecian los niveles de contacto y separación de los sistemas vascular cotiledonar y del hipocótilo (m: meristemo; pr: procambium; prr: procambium radicular; tr: tricomas; x: xilema cotiledonar; xh: xilema hipocótilo; a: anafase).

Anatomía del tallo y de la hoja

El tallo de *Kochia scoparia* se encuentra revestido de una epidermis integrada por células de perfil poligonal, (algunas binucleadas), en la que se alternan áreas estomáticas y anastomáticas.

Los estomas están rodeados de 2-5 células epidérmicas. Se distinguen tricomas pluricelulares uniseriados en los que el lumen de cada elemento decrece gradualmente de la base al ápice, debido al engrosamiento progresivo de las paredes celulares, en las que se observan varicosidades y numerosas punteaduras. Existe otro tipo de protuberancias bicelulares, con paredes estriadas, cuyo origen se discutirá, (fig. 3A).

El colénquima cortical, más abundante en las regiones apicales que en las basales, forma amplios cordones longitudinales, que se yuxtaponen a la epidermis en las zonas anastomáticas.

El sistema vascular lo integran un número variable de haces liberoleñosos colaterales, (de 10 a 12 en las regiones más desarrolladas), que circundan el parénquima medular (fig. 3B), en los que se encuentran elementos anillados, escaleriformes y punteados. En las regiones del tallo que han crecido secundariamente, el aspecto estructural varía: se distinguen dos o más cilindros liberoleñosos ectofloemáticos irregulares en disposición concéntrica y una serie de haces medulares (fig. 3C). En la médula se hallan cribas dispersas, no floemáticas.

Los tejidos corticales también se modifican: el colenquima desaparece gradualmente, a medida que se desarrolla el xilema secundario; las células parenquimáticas se estrechan radialmente y acumulan sustancias de reserva. La epidermis es sustituida por un estrato suberoso incipiente. Características que se aprecian con mayor claridad en la zona de transición tallo-raíz (fig. 3E).

Las hojas van ligadas a nudos unilacunares de una sola traza. Su epidermis presenta numerosos estomas distribuidos al azar y en proporciones semejantes entre las caras adaxial y abaxial. Las células oclusivas comparten punteaduras con las anexas. Los tricomas y excrescencias tienen las características descritas. Se aprecia con frecuencia que la célula anexa a un estoma es a la vez elemento basal de un tricoma.

El parénquima asimilador en empalizada es multiestratificado y se distribuye entre las caras adaxial y abaxial. El parénquima lagunar sólo se encuentra en la parte media del mesófilo, siendo más abundante en las proximidades del haz vascular central. En las regiones marginales del limbo, el parénquima es sustituido por el colénquima, modificándose también el espesor de las paredes de las células epidérmicas adyacentes. Las cámaras subestomáticas adquieren escaso relieve.

Anatomía de la raíz

En etapas postembrionales, la raíz tiene una estructura muy simple: la epidermis escasamente engrosada, con numerosos tricoblastos; el cilindro cortical parenquimático; una estela diarca, en la que los elementos xilemáticos, siete en principio, se disponen diametralmente. En estadios posteriores, el sistema vascular evoluciona hacia una aparente protostela, que enmascara la estructura inicial, cuyos elementos derivan progresivamente del procambium.

El crecimiento secundario suma nuevos elementos vasculares. Cada anillo de crecimiento está formado por una serie de haces colaterales. El tejido floemático permanece en los espacios interanulares.

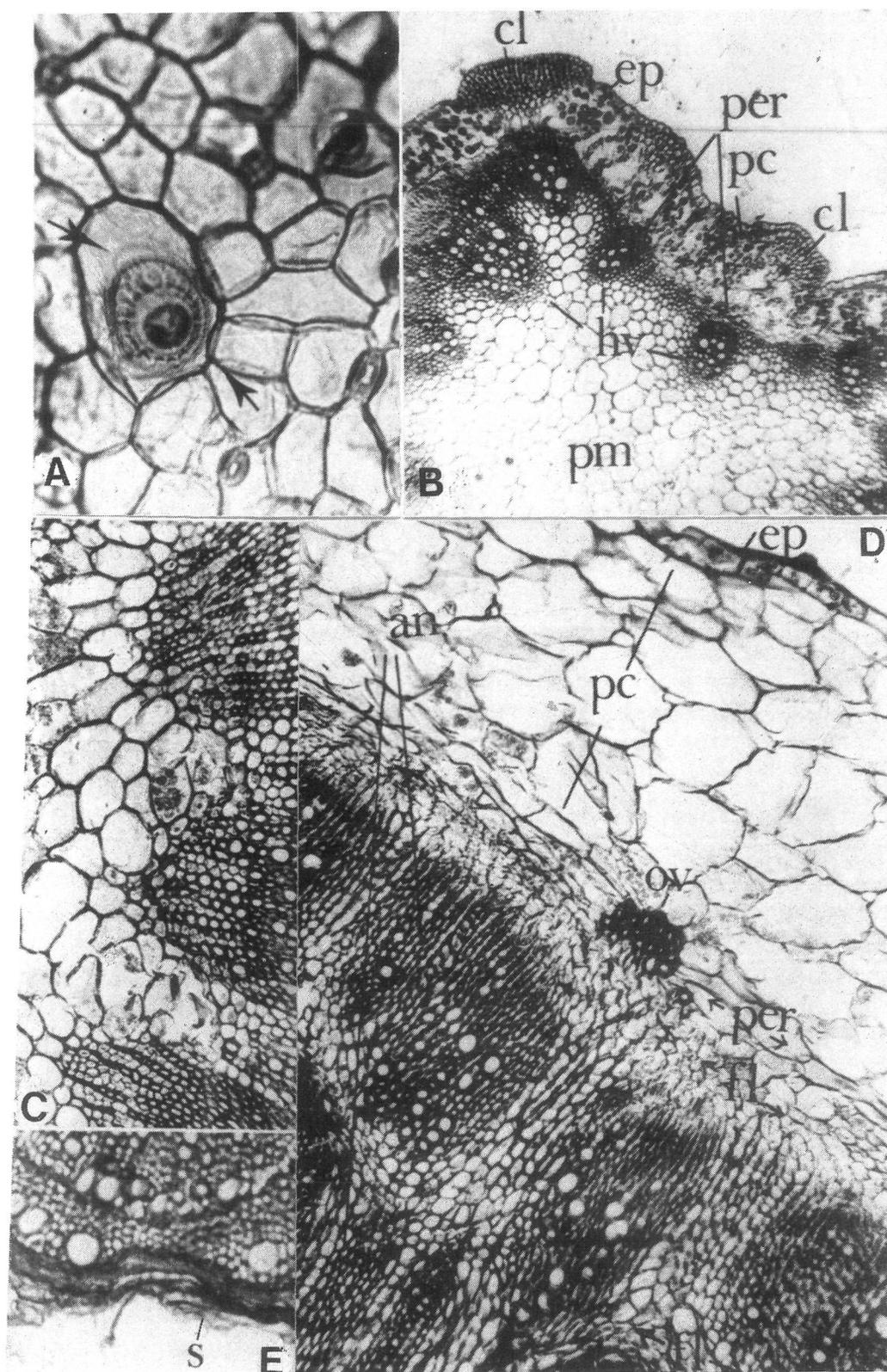


Figura 3

A) Protuberancia epidérmica (250X). B) Fragmento de corte transversal de tallo de *Kochia scoparia* (40X), (ep: epidermis; cl: colénquima; pc: parénquima cortical; per: periciclo; hv: haces vasculares colaterales cerrados; an: anillos vasculares secundarios; fl: ectofloemático; ov: origen de un nuevo cilindro vascular. E) Detalle de la peridermis (250X), (s: suber).

DISCUSION

Estudiado el desarrollo ontogenético de *Kochia scoparia*, se aprecia que, durante el período germinativo, la elongación de las distintas partes del embrión es asincrónica. Esta asincronía determina alguna de las características del individuo adulto, tales como la situación, morfología y extensión de la zona de transición tallo-raíz.

Se observa que el desarrollo total del sistema procambial del embrión tiene lugar en periodos pregerminativos, comenzando su génesis en varios centros de forma secuencial.

En términos generales, los primeros elementos xilemáticos se originan también en períodos pregerminativos, encontrándose elementos protoxilemáticos en embriones de semillas sin germinar, que hacen aparición en puntos aislados del procambium.

El desarrollo del epicótilo es posterior a la vascularización del embrión.

Se concluye que el modelo de transición radícula cotiledones, durante el desarrollo embrionario, está condicionada por los mismos órganos.

van TIEGEM (1891) y EAMES & McDANIELS (1947) postulan que en paso tallo-raíz tiene lugar un proceso de bifurcación e inversión o reorientación del xilema y del floema; sin embargo, tal situación no se ha podido comprobar en la especie objeto de este trabajo. En *Kochia scoparia*, lo mismo que en otras quenopodiáceas, la conexión de los sistemas vasculares se concreta en el contacto lateral, consecuencia de la proximidad entre ambos sistemas, (figs. 2E, 2D). Los haces vasculares del epicótilo, (endarco en la diferenciación primaria), se unen con el sistema radicular en el hipocótilo. El protoxilema del epicótilo se une al del hipocótilo, que está adosado al metaxilema.

Se concluye que el sistema vascular del epicótilo y el del hipocótilo son en realidad sistemas separados.

Según FRON (1899), la forma de transición en las quenopodiáceas puede estar localizada en distintos niveles del hipocótilo (alto, medio, bajo). En *Kochia scoparia* se encuentra en la zona inferior. Habiéndose observado que la elongación del hipocótilo superior determina esta posición, así como el punto de diferenciación del tejido vascular y de la médula observada en las plántulas.

En *Kochia scoparia* el procambium del eje hipocótilo radicular forma un cordón macizo que se bifurca, penetrando en cada una de las ramas de los cotiledones. Cuando la parte superior de hipocótilo se alarga, el punto de bifurcación del procambium se aleja cada vez más del ápice y la médula se extiende al hipocótilo inferior. Estudiando la transición del sistema vascular, se observa que el punto de origen coincide con el de la médula y que en un nivel inferior a este, se determina la condición exarca de la raíz.

La diferenciación de los tejidos vasculares a partir de cordones procambiales que se encuentran en este punto y los cotiledones, está influenciada por los sistemas adyacentes, cotiledonar, de un lado, y radicular, del otro. El tejido vascular de esta región presenta características intermedias entre los dos.

Del estudio realizado se deduce la existencia de tres sistemas de tejidos vasculares en los embriones: el cotiledonar, el radicular y el del hipocótilo. Estas observaciones coinciden con las teorías de DANGEARD (1889).

En la epidermis de la planta adulta de *Kochia scoparia* se observan, además de los tricomas pluricelulares descritos, un tipo de excrecencias que llaman la atención, tanto por su frecuencia, como por las características de sus paredes celulares. Del estudio detallado de las mismas se concluye que no se trata de un tipo de tricomas diferentes de

los ya mencionados, sino que tales protuberancias corresponden a un número considerable de aquellos, que por razones traumáticas o de envejecimiento natural, se fragmentan a nivel de la tercera célula basal, la cual ofrece menor resistencia debido al escaso engrosamiento de sus paredes.

La vinculación del colénquima del tallo a las áreas anastomáticas de la epidermis debe de interpretarse como una adaptación funcional: la cohesión entre los elementos celulares del colénquima limita la formación de espacios intercelulares que facilitan el intercambio a través de los estomas, por lo que tal asociación puede considerarse adecuada a los requerimientos funcionales de intercambio y sostén del esporofito.

La asincronía que se observa en los primeros estadios del desarrollo, se perpetúa durante la ontogenia y determina, junto a otros factores, la asimetría morfológica de órganos concretos, perfilándose, a nuestro juicio, como una constante observable también en otras quenopodiáceas, (ALONSO BEATO & *al.*, 1985).

Las sucesivas modificaciones estructurales del eje vegetativo, tanto del tallo como de la raíz, parecen condicionadas por la actividad secuencial de una serie de meristemas laterales ectofloemáticos, de fácil localización, que parecen coincidir con sucesivos periciclos (fig. 3D), cuya existencia y actividad ha sido estudiada y discutida en otras especies pertenecientes a la misma familia (ALONSO BEATO & *al.* 1984a, 1984b, 1985).

BIBLIOGRAFIA

- ALONSO BEATO, M.T. (1987): Histología comparada de especies de Cariofiláceas. Hipótesis sobre la ontogenia del tallo. *Studia Botanica*, 6: 137-145.
- ALONSO BEATO, M.T. (1987): Características histológicas de *Bufonia macropetala* Willk. *Studia Botanica*, 6: 129-135.
- ALONSO BEATO, M.T. & M.I. CUADRADO RODRIGUEZ (1985): Hipótesis sobre la ontogenia del sistema vascular de las raíces de los géneros *Chenopodium* L. y *Atriplex* L. *Studia Botanica*, 4: 89-98.
- ALONSO BEATO, M.T., M.I. CUADRADO RODRIGUEZ, J.M. LARA PRADA & J. AIJON, (1984): Estudio histológico comparado de especies de *Amaranthus* L. *Studia Botanica*, 3: 237-246.
- ALONSO BEATO, M.T., M.I. CUADRADO RODRIGUEZ, J.M. LARA PRADA & J. AIJON, (1984): Características histológicas de especies del género *Chenopodium* L. *Studia Botanica*, 4: 287-293.
- DANGEARD, P.A. (1889): Recherches sur le mode d'union de la tige de la racine chez les Dicotylédones. *Botaniste*, 1: 75-125.
- EAMES, A. J. & L.H. McDANIELS (1947): *An Introduction to Plant Anatomy*. 2nd Ed. 293-6 (McGraw-Hill Book Co. New York).
- ESAU, K. (1954): Primary vascular differentiation in plants. *Bio. Rev.* 29: 46-86.
- FRON, M.G. (1899): Recherches anatomiques sur la racine et tige des Chenopodiacees. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 9: 157-240.
- MILLER, H.A. & R.H. WETMORE (1945): Studies in development anatomy of *Phlox drummondii* Hook. I. The Embryo. *Amer. J. Bot.*, 32: 588-99.
- van TIEGHEM, P. (1871): Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires. I. Memoire racine. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 13: 1.
- van TIEGHEM, P. (1891): *Traité de Botanique*. 2nd Ed. (Librairie F. Savy). Paris.
- ULBRICH, E. (1934): *Chenopodiaceae*. In A. Engler & K. Prantl, "Die natürlichen Pflanzenfamilien". Ed. 16 (Engleman. Leipzig).

(Aceptado para su publicación el 19.IV.1989)