

HIPÓTESIS SOBRE LA ONTOGENIA DEL DEL SISTEMA VASCULAR EN LAS RAÍCES DE LOS GÉNEROS *CHENOPODIUM* L. Y *ATRIPLEX* L.

M.T. ALONSO BEATO *

M.I. CUADRADO RODRÍGUEZ *

Key words: *Chenopodium*, *Atriplex*, the vascular system, the ontogenetic development.

RESUMEN.— En el presente trabajo hemos realizado un estudio de las características histológicas de las raíces primarias y secundarias de especies de los géneros *Chenopodium* L. y *Atriplex* L. Se describe el desarrollo ontogenético del sistema vascular y la forma de acción de los meristemas laterales que configuran definitivamente la raíz de cada una de las especies estudiadas, proponiendo los respectivos modelos de crecimiento.

SUMMARY.— The present work describes the histological characteristics of the primary and secondary roots of species from the genus *Chenopodium* L. and *Atriplex* L. The ontogenetic development of the vascular system is described together with mechanism of the lateral meristems which give the final configuration to the root in each of the plants studied. The respective growth models are proposed.

INTRODUCCIÓN

La particular disposición que presentan los tejidos que integran los órganos en el cuerpo vegetativo de las plantas que constituyen determinados taxones ha llamado la atención de diversos autores como EAMES y McDANIELS (1947), ESAU (1954, 1977), FAHN y ARZEE (1959), BALFOUR (1965), BALFOUR y PHILIPSON (1962), FRAINE (1912), METCALFE (1950), KIRSCHNER y cols. (1971), PHILIPSON y cols. (1971), SCHISCHKIN (1936) y otros, incluyéndolas en el conjunto de plantas que sufren «crecimiento secundario anómalo».

En el presente trabajo se estudia la histología de las raíces de algunas de las especies de los géneros *Chenopodium* L. y *Atriplex* L., así como su evolución ontogenética.

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

MATERIAL Y MÉTODOS

El material empleado en el presente estudio lo constituyen las raíces de las plantas de especies de los géneros *Chenopodium* L. (*Ch. album*, *Ch. opulifolium*, *Ch. ambrosioides*, *Ch. vulvaria*) y *Atriplex* (*A. patula*, *A. hastata*, *A. rosea*, *A. hortensis*), tomadas en distintas etapas de desarrollo. De las mismas especies hicimos germinar semillas, cuyas raíces nos permitieron seguir con detalle el desarrollo ontogenético de este órgano.

El tratamiento de las muestras se hizo de acuerdo con el protocolo descrito ya por nosotros (ALONSO BEATO y cols. 1984).

RESULTADOS

Mediante la observación microscópica de los cortes transversales de las raíces en las diversas etapas de desarrollo, pudimos apreciar diferencias estructurales marcadas dentro de una misma especie, por lo que creimos conveniente hacer germinar semillas de cada uno de los ejemplares objeto de estudio, con el fin de realizar un examen detallado del desarrollo ontogenético que nos permitiera, por un lado, establecer la relación secuencial existente entre las imágenes observadas y, por otro, detectar la existencia de tejidos concretos cuya actividad determinara las características anatómico-microscópicas a las que aludiremos.

Comenzamos las observaciones en cortes apicales, a nivel del procambium, donde todavía se distinguen de forma imprecisa los cilindros cortical y central, constituidos ambos por elementos bastantes indiferenciados.

El primer elemento xilemático se hace visible en cortes subsiguientes, una vez superado el nivel de la caliptra, y surge en un punto que puede ser coincidente con el eje de la raíz. A este primer vaso se van agregando, en etapas posteriores, otros nuevos que se diferencian por pares, de forma centrífuga bilateral, marcando una línea recta, como puede observarse en las figuras 1 y 2. Cuando el número de vasos indiferenciados alcanza la cifra de siete aproximadamente (en todo caso, un número impar), comienzan a aparecer elementos laterales: primero un par que se dispone perpendicularmente a los anteriores (fig. 3), uno a cada lado del eje inicial; después, un segundo par, también perpendicular a aquellos y paralelo a estos últimos, de los que les separa un istmo constituido por un solo vaso (fig. 4). Así, comienzan a esbozarse dos zonas xilemáticas: la adición polarizada de elementos conduce a la formación de una estela diarca cuyo xilema presenta aspecto papilionaceo (fig. 5). Este perfil se completa cuando comienza el crecimiento secundario, proceso que configura el aspecto definitivo de la raíz, en la que se observan una serie de anillos concéntricos, más o menos regulares, según los casos.

DISCUSIÓN

En las raíces de las plantas de los géneros *Chenopodium* y *Atriplex* hemos podido observar diferencias histológicas de unas especies a otras y dentro de una misma especie, según el nivel a que se ha realizado el corte. Así, el sistema xilemático primario, de forma papilionacea, cuya formación hemos descrito en el apartado anterior, no es observable a todos los niveles, sino que desaparece a cierta distancia del cuello, en la llamada zona de transición, donde se produce un reajuste de los elementos vasculares. A este nivel, los elementos xilemáticos desvían su trayectoria, abandonan la zona central y se dirigen hacia las regiones más periféricas, incorporándose al cilindro vascular caulinar.

Hemos podido observar que en el crecimiento de la raíz de las quenopodiáceas estudiadas intervienen, al igual que en el tallo de las mismas, varios meristemos que operan secuencialmente (ALONSO BEATO, M.T. y cols., 1984), aunque de forma distinta, por lo cual, la morfología de ambas regiones del eje difieren considerablemente.

Entre el floema y el xilema de la raíz primaria diarca existe un cambium o meristemo lateral cuyo periodo funcional parece ser considerablemente corto, y que contribuye especialmente al crecimiento de los haces vasculares centrales. Antes de que su actividad haya terminado, hacen aparición otros meristemos laterales. El funcionalismo de estas zonas generatrices conduce, a nuestro juicio, a diferentes resultados, según la especie de que se trate. Así, encontramos que en *Chenopodium vulvaria* existe en principio un meristemo coincidente con el periciclo, cuya forma operacional es la siguiente: el meristemo, a la vista de lo observado, estaría formado por células distribuidas en cuatro segmentos, asociados en sus funciones dos a dos y dispuestos de forma alternante, desempeñando la misma actividad simultáneamente de los que se encuentran en posiciones diametralmente opuestas, de manera que, mientras las células de un par de segmentos opuestos originan floema y parénquima, las del otro par dan lugar a parénquima y xilema. Cuando termina el primer periodo de crecimiento, este periciclo pierde su actividad, quedando atrapados entre los tejidos generados por él y los que origina una nueva zona generatriz lateral, un segundo periciclo, en la que la actividad funcional de los segmentos se invierte respecto a la anterior (frente al floema de antes ahora se origina xilema, y a la inversa), y así sucesivamente. El resultado de esta forma de crecimiento proporciona la imagen cuya interpretación se recoge en la figura 6.

Afirmamos que las sucesivas zonas generatrices coinciden con otros tantos periciclos basándose en un hecho observable: estas zonas son lugares de emergencia potencial de raíces laterales.

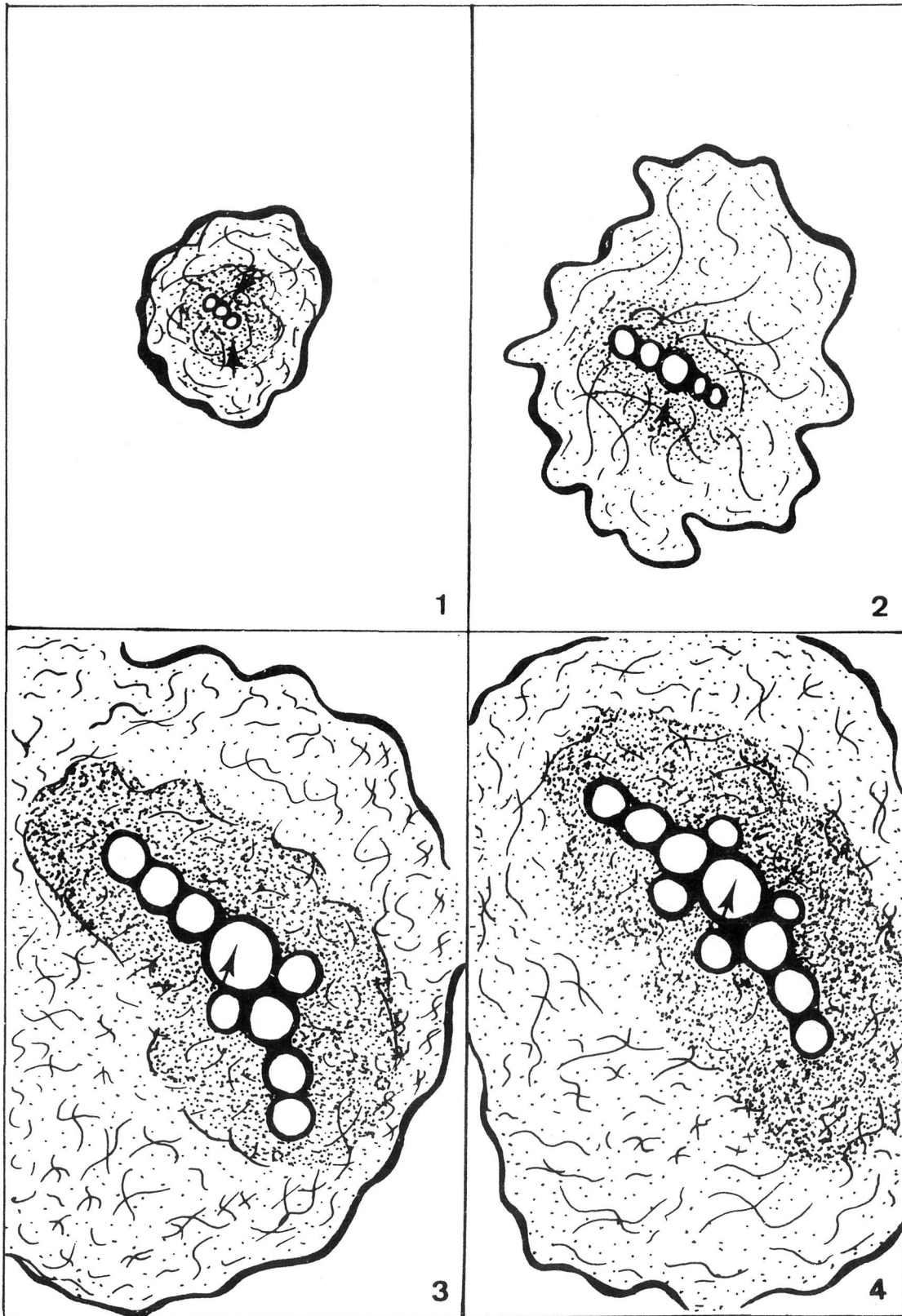
En la especie *Chenopodium opulifolium*, el crecimiento de la raíz presenta características semejantes a *Chenopodium vulvaria*, la diferencia radica en que el número de segmentos del periciclo que alternan su función es mayor en aquella que en ésta. Otro tanto podría decirse de *Chenopodium album*. En la figura 7 se esquematiza de forma simplificada esta forma de crecimiento.

En *Chenopodium ambrosioides*, cuando las raíces han alcanzado cierto grado de desarrollo, una vez superadas las primeras etapas anteriormente descritas, observamos que la zona generatriz secundaria presenta un perfil helicoidal, lo cual nos conduce a pensar que la actividad del periciclo es secuencial (no simultánea) existiendo, por tanto, un desfase o asincronía apreciable a largo plazo, y que la actividad puntual debe de ser inducida (fig. 8).

En las raíces muy desarrolladas este efecto, aunque real, resulta menos llamativo, pues las presiones que ejercen unos tejidos sobre otros les confieren un aspecto bastante uniforme, que oculta en parte estos detalles. Sin embargo, mediante un examen microscópico minucioso puede seguirse la trayectoria de cada meristemo, desde el punto de partida hasta la zona terminal que descansa en la endodermis.

Las especies de *Atriplex* mencionadas presentan características muy semejantes entre sí: durante el crecimiento secundario el cambium vascular sufre una serie de reorientaciones alternativas, parecidas a las que se han descrito para *Chenopodium*, la diferencia radica en que la actividad de los segmentos meristemáticos es marcadamente asincrónica, de ahí el aspecto cuarteado que caracteriza las secciones transversales, sobre todo en las regiones periféricas, hasta el extremo de parecer integradas por una serie de haces colaterales más o menos regulares y yuxtapuestos (figs. 9 y 10).

No podemos olvidar que paralelamente al desarrollo del sistema vascular se modifican los demás tejidos. En los primeros estadios del crecimiento de la raíz el cortex está constituido fundamentalmente por células parenquimáticas voluminosas en las que se aprecian numerosas drusas. El volumen de estos tejidos respecto a la estela disminuye considerablemente a medida que la raíz se configura.



FIGS. 1, 2, 3 y 4 Interpretación de la forma de desarrollo del xilema primario en las raíces de especies de *Chenopodium* L. y *Atriplex* L.

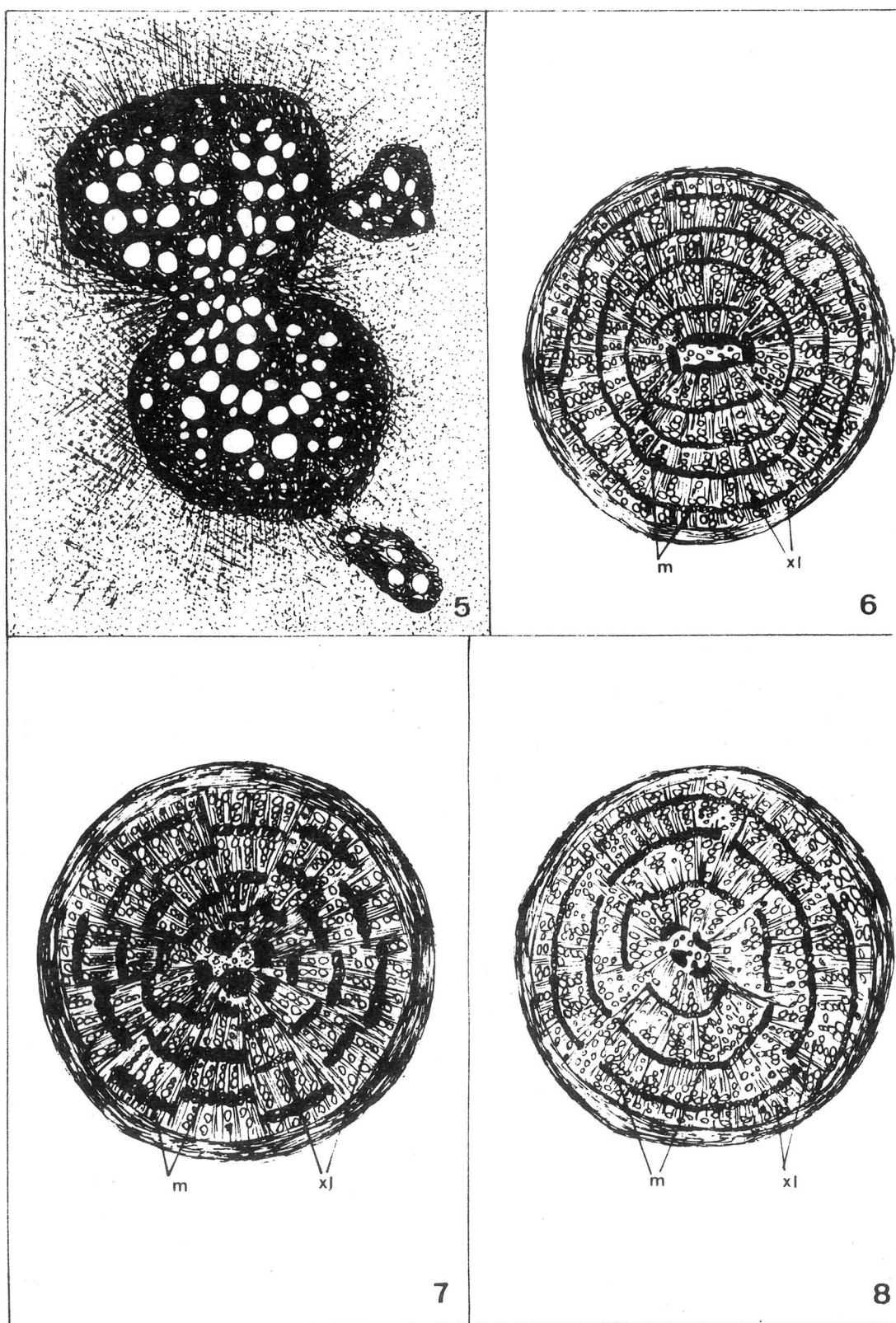


FIG. 5 Sistema vascular central de las mismas raíces.

FIG. 6 Interpretación de la forma de acción de los meristemos laterales o periciclos en el desarrollo de la raíz secundaria de *Chenopodium vulvaria* L. (m: meristemos; xl: xilema)

FIG. 7 Idem en *Chenopodium album* L.

FIG. 8 Idem en *Chenopodium ambrosioides* L.

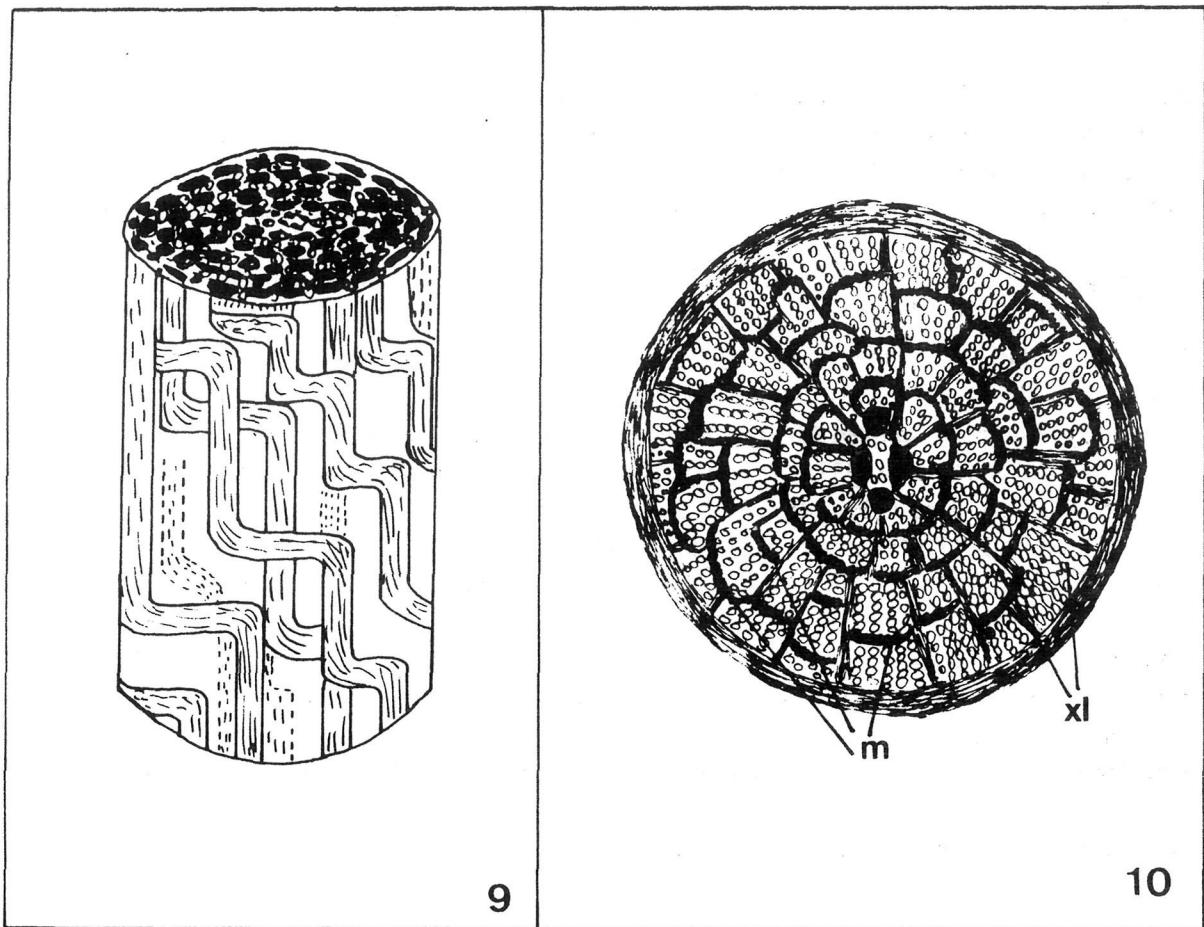


FIG. 9 Interpretación de la reorientación del xilema de las raíces de las plantas del género *Atriplex* L. (xl: xilema)

FIG. 10 Interpretación del corte transversal de la raíz secundaria de *Atriplex* L. (m: meristemos; xl: xilema)

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO BEATO, M.T., CUADRADO RODRÍGUEZ, M.I., LARA PRADA, J.M. ALJÓN, J. (1984). Características histológicas de especies del género *Chenopodium* L. *Studia Bot.* 3: 287-293.
- (1984): Estudio histológico de especies de *Amaranthus* L. *Studia Bot.* 3: 237-246.
- BALFOUR, E. (1965). Anomalous secondary thickening in Chenopodiaceae, and Amaranthaceae. *Phytomorphology*, 15: 111-22.
- BALFOUR, E., & PHILIPSON, W.R. (1962): The development of the primary vascular system of certain dicotyledons. *Phytomorphology*, 12: 110-43.
- EAMES & McDANIELS (1947). An Introduction to Plant Anatomy. 2ª ed. *McGraw-Hill*. N. York.
- ESAU, K. (1954). Primary vascular differentiation in plants. *Biol. Rev.* 29: 46-86.
- (1977). Anatomy of Seed Plants. *John Wiley and Sons, Inc.* N. York.
- FAHN, A. & ARZEE, T. (1959). Vascularization of articulate Chenopodiaceae and nature of their fleshy cortex. *Am. J. Bot.* 46: 330-332.
- FRAINE, E. (1912). The anatomy of genus *Salicornia* J. *Linn Soc. Bot.* 41: 317-48.
- KIRSCHNER, H., SACHS, T., FAHN, A. (1971). Secondary xylem reorientation as a special case of vascular tissue differentiation. *Israel J. Bot.* 20: 184-198.
- METCALFE, C.R., & CLARK, L. (1950). Anatomy of the Dicotyledons. II. *Clarendon Press*. Oxford.
- PHILIPSON, W.R., WARD, J.M., & BUTTERFIELD, B.G. (1971). The vascular cambium. *Chapman and Hall*. Londres.
- SCHISHKIN, B.K. (1936) Chenopodiaceae. *In Flora. URSS. V.L. Komarov. Ed.* 6: -354.

(Aceptado para su publicación el 30-XI-1984)