

Canales Secretores en los Organos Vegetativos de *Eupatorium inulaefolium* H.B.K. (Compositae)

ANA MARIA RAGONESE

Instituto de Botánica Darwinion, Lavardén 200, Casilla de Correo 22,
San Isidro 1642, Argentina

RESUMEN. Se describe la morfología, topografía y origen de los canales secretores esquizógenos de *Eupatorium inulaefolium* H.B.K. (Compositae). Están presentes en la corteza y médula de rizomas y tallos aéreos y en pecíolos y hojas. Durante el crecimiento secundario se forma una nueva serie de canales en corteza y médula y en el floema secundario de los rizomas. Los canales están revestidos por 2-3 capas de células epiteliales secretoras de sustancias lipofílicas. Los rizomas muestran una masiva deposición del polisacárido inulina al estado cristalino, que oblitera todos los tejidos. Se acompaña una breve descripción anatómica de los órganos vegetativos de la planta, de uso medicinal en la Argentina.

SUMMARY. "Secretory canals in the Vegetative Organs of *Eupatorium inulaefolium* H.B.K. (Compositae)". The morphology, position and origin of the schizogenous secretory canals in *Eupatorium inulaefolium* is described in this paper. They occur in cortex and pith of rhizomes and aerial stems, in petioles and leaves. A new serie of canals arises during secondary growth in cortex and pith and likewise in the secondary phloem of rhizomes. The canals are lined by 2-3 layers of epithelial cells secreting lipophilic substances. A massive deposition of the polisaccharide inulin in crystalized state obliterates all the tissues of the rhizomes in secondary growth. A short anatomical description of the vegetative organs is also given. This plant is used in folk medicine in Argentina.

INTRODUCCION

Las Compuestas se caracterizan por poseer canales y cavidades secretoras tanto en órganos vegetativos como reproductivos. En las Compuestas de la flora argentina no se han hecho estudios específicos sobre estas estructuras sino que por lo general tan sólo se ha mencionado su presencia en trabajos anatómicos enfocados desde un punto de vista sistemático, ecológico, etno-

botánico o farmacobotánico. Zardini¹ y Amat² incluyen a *Eupatorium inulaefolium* H.B.K. entre las Compuestas con propiedades medicinales, aconsejando este último autor la necesidad de encarar estudios sobre esta familia debido a la cantidad y diversidad de productos naturales que poseen. Para la provincia de Buenos Aires están citadas aproximadamente unas 300 especies, lo que constituye la cuarta parte del total que

PALABRAS CLAVE: Compositae; *Eupatorium inulaefolium*; Anatomía; Rizomas; Tallos aéreos; Canales Secretores Esquizógenos; Inulina; Etnofarmacobotánica

KEY WORDS: Compositae; *Eupatorium inulaefolium*; Anatomy; Rhizomes; Aerial Stems; Schizogenous Secretory Canals; Inulin; Ethnopharmacobotany

habita en nuestro país¹. Al hacer referencia a este arbusto de 1 a 2 m de altura, Cabrera^{3, 4} señala que es frecuente en América cálida, desde las Antillas hasta el centro de la República Argentina; en la provincia de Buenos Aires se lo halla en el delta y en la ribera platense.

Dado el escaso número de trabajos anatómicos existentes sobre Compuestas argentinas de importancia medicinal, se ha considerado de interés encarar este estudio de la anatomía de las estructuras secretoras de los órganos vegetativos de *E. inulaefolium*, principalmente las presentes en los tallos subterráneos en donde son muy numerosas, y a su vez compararlas con las de los tallos aéreos.

MATERIALES Y METODOS

Se ha utilizado material fijado en alcohol etílico al 70%. Se realizaron cortes a mano alzada de raíces, rizomas, tallos aéreos, pecíolos y hojas en distintos estados de crecimiento. Se colorearon con safranina-“alcian blue” o safranina y se montaron en gelatina glicerínada o glicerina. Con el fin de detectar la presencia de ciertas sustancias se ensayaron los reactivos que se enumeran a continuación: cloro-ioduro de cinc (celulosa), floroglucina clorhídrica (lignina), lugol (almidón), sudán IV (óleosresinas) y rojo de rutenio (sustancias pécticas). Para la interpretación de los cristales de inulina se empleó luz polarizada.

Los dibujos fueron realizados por la autora con un tubo de dibujo Zeiss, utilizándose en los esquemas los signos convencionales de Metcalfe y Chalk⁵.

Las abreviaturas usadas en las láminas se detallan en las leyendas respectivas. Los preparados microscópicos están depositados en el Instituto de Botánica Darwinion.

Material estudiado. Prov. Buenos Aires, Escobar. Leg. J.H. Hunziker 12118, 1-5-1984 (SI).

RESULTADOS

Se estudiaron rizomas y tallos aéreos de un grosor aproximadamente similar, a los efectos de comparar los resultados obtenidos.

Rizomas

En secciones transversales de rizomas de aproximadamente 2-2,5 mm de diámetro, que han comenzado su crecimiento secundario (Fig. 1A), los tejidos vasculares se van disponiendo gradualmente en un cilindro continuo, mientras que los islotes de floema primario son desplazados hacia afuera por el aumento de los tejidos vasculares internos y forman las típicas fibras protofloemáticas en forma de casquetes. La endodermis adquiere un contorno sinuoso ya que es asimismo desplazada hacia afuera y queda rodeando inmediatamente a estos casquetes fibrosos; exteriormente a ella se observan los canales secretores corticales (Fig. 1 A, c) formados durante el crecimiento primario por divisiones de las células de la endodermis y de la capa cortical vecina a ésta. A veces puede ocurrir que aparezcan algo desplazados y se sitúen más hacia la zona externa de la corteza. En el parénquima medular, rodeando al xilema primario, se observan canales de diferentes tamaños (Fig. 1 A, m), muchos de ellos en procesos de formación (Fig. 1, B, C), que aparecen como islotes dispersos en medio del parénquima medular de paredes engrosadas y lignificadas, con numerosas puntuaciones. Se originan a partir de divisiones en un grupo de células parenquimáticas de paredes muy delgadas. Posteriormente, divisiones periclinales tanto en los canales corticales como medulares forman un epitelio secretor bi- o triestratificado (Fig. 1, D, e). A su tiempo, el continuo crecimiento secundario en grosor del rizoma produce una considerable proporción de xilema y floema secundarios (Fig. 1, E). Los radios floemáticos adquie-

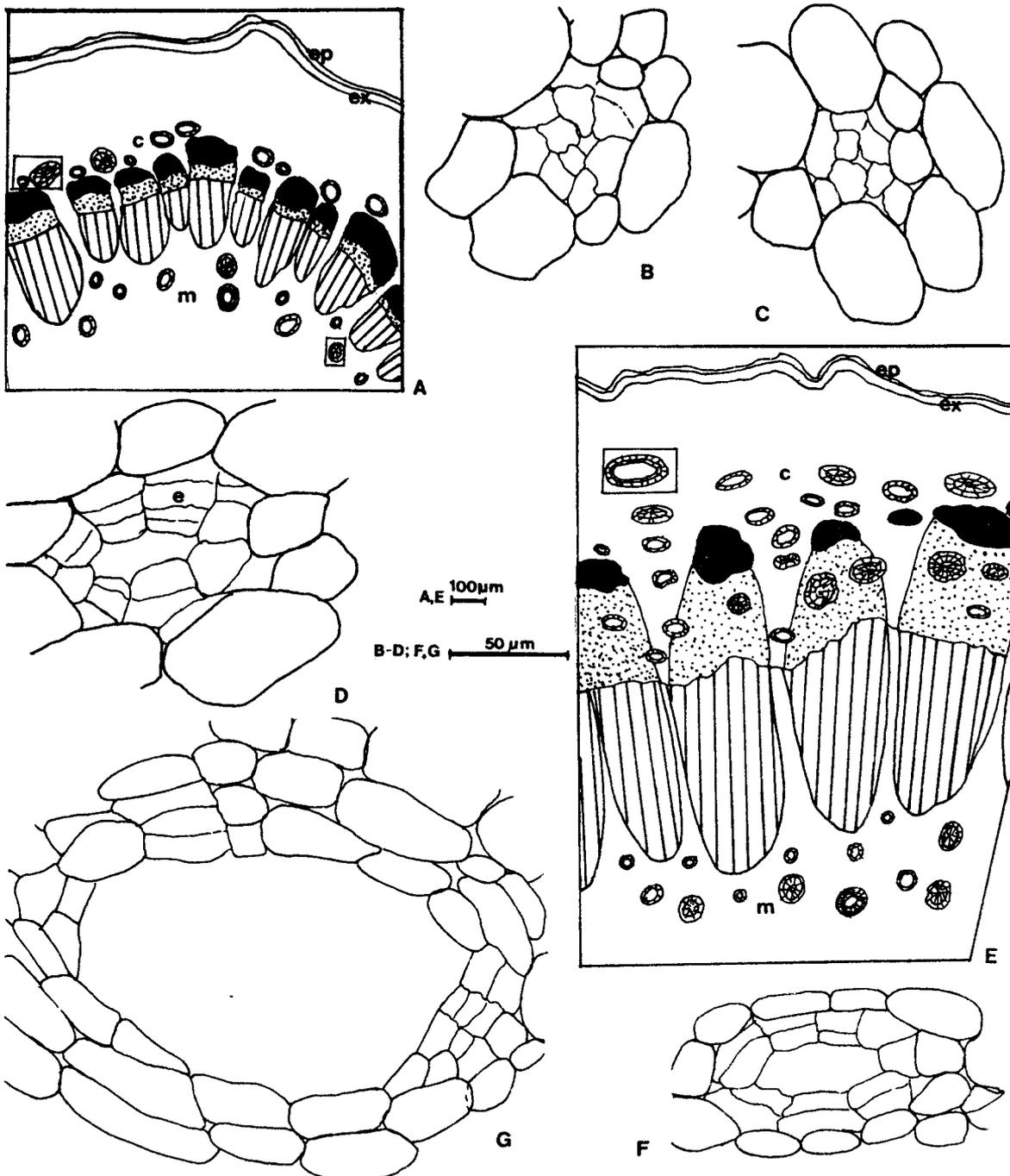


Figura 1. A, Esquema de la sección transversal de un rizoma de *Eupatorium inulaefolium* que ha iniciado su crecimiento secundario, con canales corticales (*c*) y medulares (*m*). B, C, dos canales medulares en formación. D, un canal con el epitelio formado (*e*). E, esquema de la sección transversal de un rizoma con varias series de canales en la corteza, médula y floema secundario. F, canal cortical de un tallo aéreo. G, ídem de un rizoma formado durante el crecimiento primario, que corresponde al indicado en el recuadro de E (De J.H. Hunziker 12118, S1). *c*: canales corticales; *m*: canales medulares; *e*: epitelio secretor; *ep*: epidermis; *ex*: exodermis.

ren la típica forma de cuña, mientras que en su contraparte en el xilema secundario las células parenquimáticas engrosan y lignifican considerablemente sus paredes. Tubos cribosos con placas características y parénquima floemático alternan con los radios en el floema. En estas zonas aparecen nuevas estructuras cuya ontogenia difiere de las anteriormente descritas, ya que aquí se forman a partir de células de parénquima originadas por el cambium vascular (Fig. 2 A, B, k), las que luego se separan entre sí para dar lugar al conducto secretor. Es posible observar los canales en distintos estadios de desarrollo debido a que su aparición se produce gradualmente a medida que se forma el floema secundario. Así, en rizomas de 1,5 cm de grosor, se observan 4-5 series de canales dispuestos en anillos o bandas tangenciales concéntricas. A veces aparecen 2 canales contiguos en el anillo (Fig. 2 C). Las células epiteliales secretoras en los cortes transversales del rizoma son aplanadas en el sentido tangencial, lo que se hace aún más manifiesto en un canal maduro. En todos los casos observados, estas células epiteliales se caracterizan por poseer un citoplasma denso y a su vez contienen gotitas de sustancias lipofílicas, ya que dan una reacción positiva con el Sudán IV, las que son secretadas al interior del conducto.

En ningún caso se han visto canales en el floema primario.

En los rizomas de *Eupatorium inulaefolium* el felógeno que da origen al súber no se inicia internamente en el periciclo como ocurre por lo general en los órganos subterráneos de las dicotiledóneas, sino que su posición es superficial y por lo tanto son persistentes la endodermis y la corteza al estado secundario, quedando como capa de protección más externa la exodermis, por desintegración de la epidermis. En la corteza aparecen nuevos canales, originados en este caso por divisiones de células parenqui-

máticas corticales. La corteza también ha experimentado un crecimiento en sentido tangencial (por divisiones anticlinales de sus células), para permitir el aumento en grosor de los tejidos vasculares internos. Estos nuevos canales se disponen en una serie de posición más interna con respecto a los formados durante el crecimiento primario del órgano. Estos últimos quedan aproximadamente en la parte media de la corteza, alcanzando a veces un gran tamaño (Fig. 1 G; señalado en el recuadro en 1 E). Lo mismo ocurre en la médula con la formación de nuevos canales en una posición perimedular, más interna (Fig. 1 E).

Raíces

Se cortaron raíces en distintos estados de desarrollo primario y secundario, de 0,5, 1 y 2 mm de grosor, no habiéndose observado la presencia de canales secretores semejantes a los que se encuentran en los rizomas.

Tallos aéreos

Se estudiaron tallos jóvenes de 1-1,5 mm de grosor (estado primario) y adultos de 6-15 mm (estado secundario). En los primeros hay un anillo de canales corticales y otro de medulares (Fig. 2 D c, m, respectivamente); en los segundos aparecen unos pocos canales adicionales en corteza y médula (Fig. 2 E). Todos ellos son semejantes por su origen, morfología y topografía a los descritos para los tallos subterráneos. Debe destacarse que los mismos están ausentes en el floema secundario, tejido que presenta en los tallos aéreos un desarrollo considerablemente menor comparado con el del rizoma. Además, los canales corticales de los tallos aéreos son en muchos casos de un tamaño considerablemente menor con respecto a los existentes en los rizomas (cfr. Fig. 1 F y G).

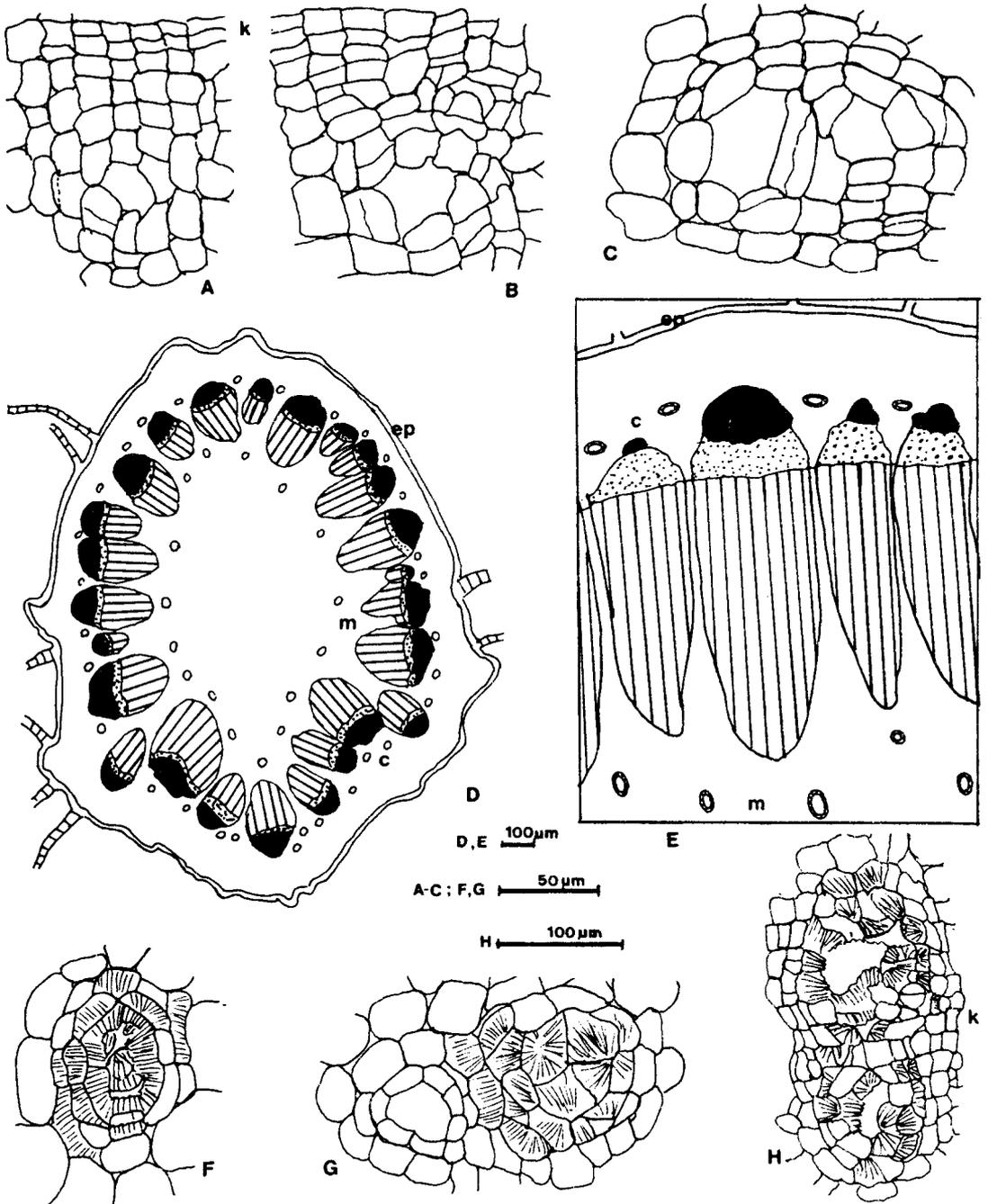


Figura 2. A, B, canales en formación en el floema secundario del rizoma de *E. inulaefolium*, con algunas divisiones epiteliales. C, dos canales contiguos en el mismo tejido. D, esquema de la sección transversal de un tallo aéreo joven (estado primario) con canales corticales (*c*) y medulares (*m*). E, ídem de tallo con crecimiento secundario. F, G, canales de los rizomas (detalles de la Fig. 1 A, señalados en los recuadros) obliterados por la deposición de inulina: F, medular; G, corticales, el de la izquierda, sin inulina. H, ídem en el floema secundario (De J.H. Hunziker 12118, SI). K, cambium; *c*: canales corticales; *m*: canales medulares; *ep*: epidermis.

Hojas y pecíolos

El sistema vascular del pecíolo y nervio medio foliar es compuesto, constituido por lo general por 3 haces separados. En ambos casos cada uno de los haces está acompañado por 2 canales adaxiales y 2 abaxiales.

Depósitos de inulina

En los rizomas se observa la presencia, en material fijado en alcohol al 70%, de una gran acumulación de inulina en los parénquimas cortical y medular y en los tejidos vasculares secundarios, la que oblitera por completo el lumen celular. Es muy característica la estructura cristalina de la inulina, en forma de cristales aciculares refringentes a la luz polarizada, que irradian de la parte central hacia las paredes, como en el caso del lumen de los vasos del xilema. Los canales secretores corticales y medulares están obliterados totalmente por la inulina, incluyendo sus células epiteliales (Fig. 2 F, G); lo propio ocurre en el floema secundario y en el cambium (Fig. 2 H; cfr. además Fig. 1 E). Por el contrario, este polisacárido no se deposita en los órganos aéreos.

DISCUSION

Los primeros autores que describieron los canales secretores de la corteza en los órganos vegetativos de las Compuestas durante el crecimiento primario los denominaron *endodermales*, debido a su origen a partir de la endodermis, particularmente en las raíces. Van Tieghem⁶, Villuemin⁷ y Col⁸ mencionaron este carácter como típico de numerosos géneros y especies de la familia, proporcionando una extensa lista con ejemplos de diversas tribus. Según el último autor⁸ los canales secretores existen en las distintas partes del eje de la planta en el género *Eupatorium*, incluyendo tallos aéreos, pecíolos y hojas, aunque en estos dos últimos a veces pueden faltar. Men-

ciona asimismo la influencia del medio subterráneo en la aparición de estas estructuras, habiendo realizado estudios experimentales para comprobarlo, pero no cita al respecto ejemplos en ninguna especie del género. Esta influencia se pudo constatar en los rizomas de *Eupatorium inulaefolium* estudiados aquí, ya que los canales secretores son más numerosos y de mayor tamaño en estos órganos que en los tallos aéreos de la planta, como se ha visto.

Faust⁹ describió en *Balsamorhiza sagittata* (tribu Heliantheae) el desarrollo de los canales secretores, llegando a la conclusión que en raíces y tallos se originan como dos sistemas separados, permaneciendo así en el estado adulto de la planta. Observó además la presencia de cristales de inulina en material fijado en alcohol, cuando hay una penetración lenta del mismo en los tejidos, ilustrando la deposición de estos cristales en el parénquima cortical y radial de las raíces. Por otra parte, estableció una hipotética relación entre el polisacárido y la formación de resinas secretadas por los canales. Los resultados obtenidos en *E. inulaefolium* son coincidentes sólo en lo que se refiere a la forma de deposición cristalina de la inulina en los tejidos mencionados, no habiéndose encarado aquí un estudio de la naturaleza química de las sustancias secretadas específicamente por los canales, la que se supone tampoco ha sido investigada hasta el presente por otros autores en esta especie, de acuerdo a la revisión bibliográfica realizada. Debe destacarse que Metcalfe y Chalk¹⁰ mencionan la existencia en las Compuestas de canales con contenidos químicos diversos, mientras que autores anteriores a ellos se referían a los mismos como supuestamente resiníferos. El único dato sobre estudios fitoquímicos en *E. inulaefolium* es el de Ferraro *et al.*¹¹, quienes aislaron e identificaron flavonoides en los órganos aéreos de esta planta, compuestos que

han sido hallados en otras especies del género.

Tanto Hegnauer¹² en su estudio químico de las Compuestas como Wagner¹³ en su reseña sobre usos farmacéuticos de las mismas, se han referido a la presencia de grandes cantidades de inulina en raíces y rizomas de *Inula*, en tubérculos de *Dahlia* y *Helianthus*, en raíces de *Taraxacum officinale*, *Arctium lappa* y en algunas especies de *Pyrethrum* y *Cichorium*, pero probablemente estarían presentes en todas las tribus de Compuestas, excepto en unas pocas especies anuales. Este polisacárido de reserva consiste de 30 a 40 unidades de D-fructosa; en el extremo reductor hay una molécula de glucosa y probablemente otra esté localizada en el centro de la molécula y tiene un peso molecular aproximado de 5000¹⁴.

Según Metcalfe y Chalk¹⁰ los cristales de inulina tienen valor diagnóstico debido a que son propios de ciertas Compuestas, reemplazando al almidón, siendo asimismo la principal sustancia de reserva de otras familias como las Styliaceae.

Dada la masiva deposición de cristales de inulina en los rizomas de *Eupatorium inulaefolium*, sería interesante extender este tipo de investigaciones a otras especies del género o de otros géneros de Compuestas bianuales o perennes que posean órganos de reserva, con el fin de constatar si la deposición masiva de este polisacárido es frecuente en los mismos.

CONCLUSIONES

Los canales secretores de *Eupatorium inulaefolium* (Compositae), cuyo desarrollo es de tipo esquizógeno, están presentes en

la corteza y médula de rizomas y tallos aéreos durante el crecimiento primario de estos órganos, acompañando asimismo en posición adaxial y abaxial al sistema de haces vasculares del nervio medio foliar y pecíolo. Durante el crecimiento secundario se forma una nueva serie concéntrica dispuesta en anillo en la corteza y en la médula, mientras que en el floema secundario de los rizomas se han observado hasta 3-4 series de los mismos, no siendo así en los tallos aéreos, en donde están ausentes. Los canales corticales primarios son endodermales debido a su origen en relación a la endodermis; en el floema secundario son originados por el cambium, mientras que en todos los demás casos se producen por divisiones de células parenquimáticas, tanto durante el crecimiento primario como secundario. Los canales son más numerosos y de mayor tamaño en los rizomas que en los tallos aéreos, constatándose así la influencia del medio subterráneo en la aparición de estas estructuras, como fuera sugerido por otros autores para esta familia. En las raíces, tanto primarias como secundarias, no se observaron canales secretores. Existen 2-3 capas de células epiteliales, siendo lipofílicas las sustancias secretadas.

Los rizomas al estado secundario muestran una masiva deposición del polisacárido inulina al estado cristalino, en forma de cristales aciculares que obliteran todos los tejidos, incluyendo los canales.

AGRADECIMIENTOS. La autora agradece a los Dres. Juan H. Hunziker por la provisión de material en líquido conservador y Angel L. Cabrera por la determinación del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Zardini, E.M. (1984) *Acta Farm. Bonaerense* 3: 77-99; 169-94
2. Amat, A.G. (1983) *Acta Farm. Bonaerense* 2: 23-36
3. Cabrera, A.L. (1963) *Compositae*, en A.L. Cabrera "Flora de la Provincia de Bs. As.", Colec. Cient. INTA, tomo IV, parte VI
4. Cabrera, A.L. (1978) *Compositae*, en A.L. Cabrera, "Flora de la Provincia de Jujuy", Colec. Cient. INTA, tomo XIII, parte X
5. Metcalfe, C.R. y L. Chalk (1950) "Anatomy of the Dicotyledons", vol. I y II, Oxford, Clarendon Press
6. Tieghem, P. van (1884) *Bull. Soc. Bot. France* 31: 112-6
7. Villuemin, P. (1884) *Bull. Soc. Bot. France* 31: 108-10; 266
8. Col. A. (1904) *Journ. Bot.* 110-33; 153-75
9. Faust, E.C. (1917) *Bot. Gaz.* 64: 441-79
10. Metcalfe, C.R. y L. Chalk (1983) "Anatomy of the Dicotyledons" vol. II 2nd. ed., Oxford, Clarendon Press
11. Ferraro, G.E., V.S. Martino y J.D. Coussio (1977) *Phytochemistry* 16: 1618-9
12. Hegnauer, R. (1977) "The chemistry of the Compositae" en "The Biology and Chemistry of the Compositae" (V.H. Heywood, J.B. Harbone y B.L. Turner, eds.), Academic Press, London, Cap. X
13. Wagner, H. (1977) "Pharmaceutical and economic uses of the Compositae" en "The Biology and Chemistry of the Compositae" (V.H. Heywood, J.B. Harbone y B.L. Turner, eds.), Academic Press, London, Cap. XIV
14. Richter, G. (1972) "Fisiología del metabolismo de las plantas", CECSA, México, pág. 185