

CARACTERES MICROMORFOLÓGICOS Y ANATÓMICOS
DE ALGUNAS PLANTAS HALÓFILAS DE LA CUENCA
DEL DUERO (ESPAÑA)

*Micromorphological and anatomical characteristics
of some halophiles plants of Duero basin (Spain)*

M.^a Ángeles SÁNCHEZ ANTA & Florentino NAVARRO ANDRÉS

*Departamento de Botánica, Universidad de Salamanca, Avda. Licenciado Méndez Nieto,
s/n, 37007 Salamanca, España. fna@usal.es*

BIBLID [0211-9714 (2004) 23, 43-62]

Fecha de aceptación del artículo: 7-02-2005

RESUMEN: Se estudian las diferentes adaptaciones micromorfológicas y anatómicas de las hojas y artejos de algunas plantas halófilas de la cuenca del Duero (Lagunas de Villafáfila, Zamora, España).

Tales adaptaciones se traducen principalmente en un gran desarrollo del clorénquima y del parénquima acuífero.

Las especies estudiadas son: *Atriplex patula*, *Camphorosma monspeliaca*, *Frankeniania laevis*, *F. pulverulenta*, *Plantago coronopus* var. *columnae*, *P. maritima*, *Salicornia ramosissima*, *Salsola soda*, *Spergularia marina*, *Suaeda splendens* y *S. vera*.

Palabras clave: micromorfología, anatomía, hojas, artejos, plantas halófilas, Lagunas de Villafáfila, Zamora, cuenca del Duero, España.

ABSTRACT: A study is made of different micromorphological and anatomical adaptations of leaves and segments in some halophiles plants from the Duero basin (Lagunas de Villafáfila, Zamora, Spain).

Such adaptations result mainly in a big growth of chlorenchyma and hidroparenchyma.

This species are: *Atriplex patula*, *Camphorosma monspeliaca*, *Frankenia laevis*, *F. pulverulenta*, *Plantago coronopus* var. *columnnae*, *P. maritima*, *Salicornia ramossissima*, *Salsola soda*, *Spergularia marina*, *Suaeda splendens* and *S. vera*.

Keywords: micromorphology, anatomy, leaves, segments, halophiles plants, Lagunas de Villafáfila, Zamora, Duero basin, Spain.

INTRODUCCIÓN

Continuando con nuestras investigaciones sobre determinados aspectos de plantas halófilas de la cuenca del Duero (NAVARRO & SÁNCHEZ ANTA, 2004), en este trabajo nos ocupamos del estudio de algunas peculiaridades micromorfológicas y anatómicas de los mismos taxones que hemos considerado en el trabajo anteriormente citado y se han ordenado alfabéticamente.

FAHN (1990) hace referencia a la anatomía foliar de *Salicornia* sp. a la vez que recoge las interpretaciones funcionales dadas por otros autores a las estructuras por él observadas.

DAWES (1986: 534) da una descripción más detallada de las estructuras caulo-anatómicas de *Salicornia*, con especial atención a *S. virginica* L.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han estudiado numerosas muestras de hojas y artejos adultos de plantas halófilas, procedentes de diferentes poblaciones de la misma especie, localizadas en la cuenca del Duero, concretamente en el Espacio Natural Lagunas de Villafáfila, Zamora (España).

Las observaciones micromorfológicas se han llevado a cabo, fundamentalmente, con la ayuda de un microscopio estereoscópico.

Para el examen anatómico-microscópico de cada uno de los ejemplares se realizaron cortes transversales de 15 micras de espesor, con un criomicrotomo, en la parte inferior del limbo de las hojas y a nivel medio del artejo, en material tanto fresco como fijado. El fijador utilizado ha sido la mezcla alcohol-formol-ácido acético (9:0,5:0,5). Estos cortes se tiñeron con azul de metileno y para su observación se utilizó un fotomicroscopio.

El estudio de algunas estructuras superficiales se hizo con un microscopio electrónico de barrido y también, sobre todo para observar estomas y tricomas, en réplicas de la epidermis abaxial montada sobre una gota de glicerina. En ocasiones se ha observado la epidermis adaxial.

RESULTADOS

Hacemos una descripción de los caracteres micromorfológicos y anatómicos más significativos de hojas o artejos de cada taxon estudiado.

Atriplex patula L.

Procedencia del material: Villarrín de Campos (Za), 30TTM7929, 690 m, convive con *Salsola soda* y *Suaeda vera*.

Caracteres anatómicos y micromorfológicos observados: Fig. 1.

En la sección transversal de la hoja se observa parénquima en empalizada en ambas caras; como consecuencia de ello, sólo hay una delgada banda de parénquima esponjoso (hidrénquima) en la porción central del limbo foliar, recorrido por nerviaciones que a diferencia de lo que ocurre con otros congéneres no presenta anatomía Kranz o en corona, tal como apunta METCALFE *in* METCALFE & CHALK (1979: 73) basándose en lo referido por FRANKTON & BASSETT (1970). La hoja es pues equilateral o equibilateral (Figs. 1E y 1F).

En la cara abaxial de la epidermis hay numerosos estomas de tipo anomocítico (Figs. 1A, 1B y 1D) y células secretoras de sal (Fig. 1E).

Concordamos con FAHN (*l. c.*) en que las células secretoras terminan secándose cuando la hoja envejece y gran parte del contenido salino queda en la superficie celular como una capa blanca pulverulenta que le da a la planta aspecto farinoso (Fig. 1C).

Camphorosma monspeliaca L.

Procedencia del material: Otero de Sariegos (Za), 30TTM8232, 675 m, forma parte de pastizales salinos y subsalinos de vocación esteparia.

Caracteres anatómicos y micromorfológicos observados: Fig. 2.

En sus hojas, no crasas, se desarrolla una amplia franja de parénquima clorofílico, en empalizada, que almacena agua y que rodea una zona central parenquimática de reserva, también almacenadora de agua (Figs. 2E y 2F).

La epidermis de dichas hojas está recubierta de una gruesa cutícula; tiene numerosos estomas de tipo paracítico, paralelos entre sí, hundidos y generalmente recubiertos por numerosos pelos tectores eglandulares, que al tratar el material se desprenden con facilidad dejando cicatrices circulares bien manifiestas (Figs. 2C, 2D y 2B).

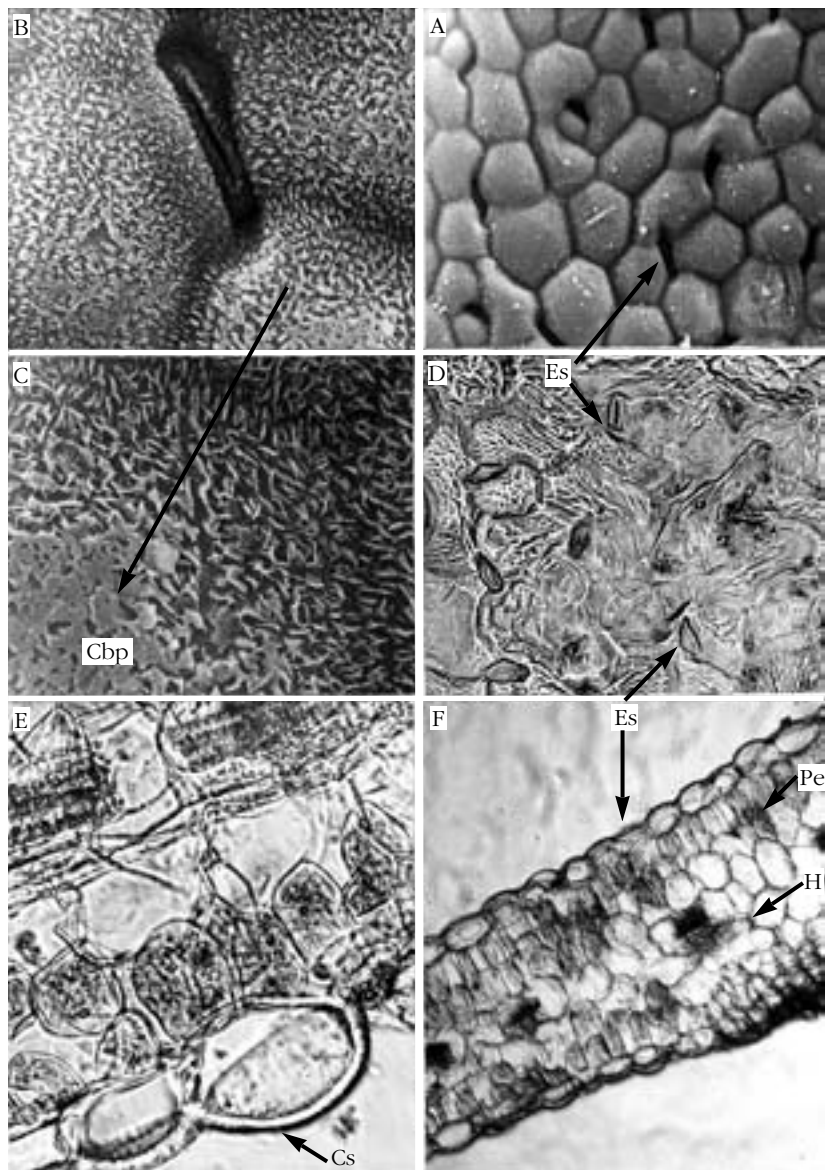


FIGURA 1. *Atriplex patula*. Micromorfología y anatomía de la hoja. A, B y C superficie abaxial al MEB (x200, x1.000, x2.000). D, réplica de la superficie (x160); E y F cortes transversales de la hoja (x400, x100). Es, estomas; Pe, parénquima en empalizada; H, hidrénquima; Cbp, capa pulverulenta; Cs, célula secretora.

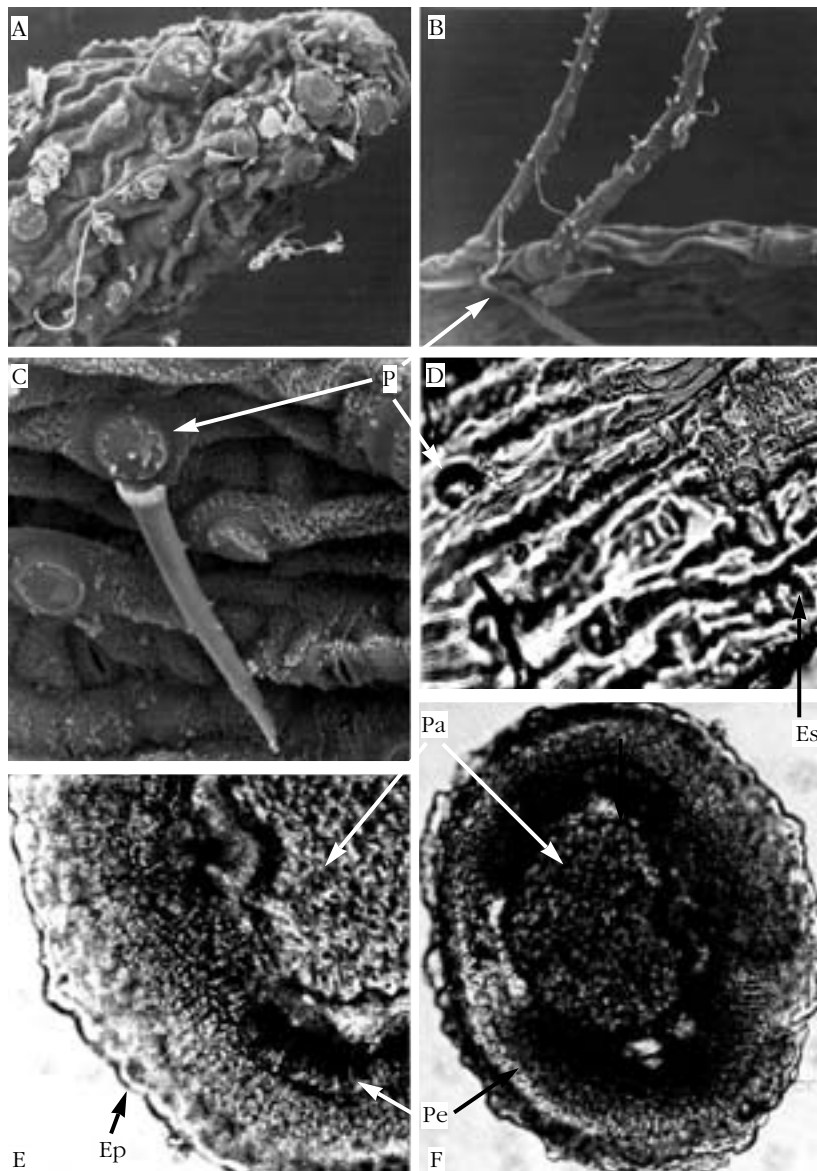


FIGURA 2. *Campborosma monspeliaca*. Micromorfología y anatomía de la hoja. A (parte apical), B (pelos tectores) y C (superficie abaxial) al MEB (x200, x200, x500). D, réplica de la superficie (x160). E y F cortes transversales de la hoja (x160, x100). P, pelos; Pa, parénquima almacenador; Es, estomas; Ep, epidermis; Pe, parénquima en empalizada.

Frankenia laevis L.

Procedencia del material: Villarrín de Campos (Za), 30TTM7929, 690 m. Generalmente se halla en los mismos suelos que *Spergularia marina*.

Caracteres anatómicos y micromorfológicos observados: Fig. 3.

Coincide en sus características con las observadas en *Frankenia pulverulenta*, si bien la presencia de tricomas es menor, lo que permite una mejor observación de los estomas, de tipo paracítico (Fig. 3B).

La secreción de sales también es bien manifiesta (Figs. 3B y 3C).

Frankenia pulverulenta L.

Procedencia del material: Villarrín de Campos (Za), 30TTM7929, 690 m. Tiene preferencias por fitocenosis halonitrófilas.

Caracteres anatómicos y micromorfológicos observados: Fig. 4.

Lo más destacado de las hojas de esta especie es la existencia de una disposición equilateral de los tejidos del mesofilo (Figs. 4D y 4E) y una epidermis recubierta de una gruesa cutícula y numerosos tricomas (Figs. 4B y 4C) que secretan las sales acumuladas que forman una costra blanquecina en la superficie foliar, tanto en el haz (Fig. 4F a) como en el envés (Fig. 4F b) en contra de lo que indica SANTOS (1993) para el que dichos depósitos salinos se localizan solamente en el haz. La abundancia de tricomas y depósitos salinos dificulta enormemente la observación de los estomas.

Plantago coronopus L. var. **columnae** (Gouan) Willd.

Procedencia del material: Revellinos, Laguna de Barillos (Za), 30TTM8737, 680 m. En comunidades halófilas con *Suaeda splendens*.

Caracteres anatómicos y micromorfológicos observados: Fig. 5.

Las características anatómicas observadas son muy similares a las que se encuentran en *P. maritima*; el mesofilo está formado por parénquima en empalizada, con tejido vascular muy desarrollado (Figs. 5E y 5F).

La epidermis, con una gruesa cutícula, posee numerosos estomas de tipo dia-cítico y es pelosa (Figs. 5A, 5B, 5C y 5D).

Plantago maritima L.

Procedencia del material: Otero de Sariegos (Za), 30TTM8232, 675 m, donde cohabita con *Camphorosma monspeliaca*, tanto en suelos salinos como subsalinos.

Caracteres anatómicos y micromorfológicos observados: Fig. 6.

Presenta parénquima en empalizada homogéneo y ausencia de parénquima lagunar. Haces vasculares compactos (Figs. 6E y 6F).

La epidermis tiene sus células con paredes celulares gruesas y una cutícula muy desarrollada; aparecen numerosos estomas de tipo paracítico, dispuestos en surcos (Figs. 6A, 6B, 6C y 6D).

Con el estereomicroscopio y el MEB se aprecia que algunas hojas tienen pequeños dientes (Figs. 6A y 6B).

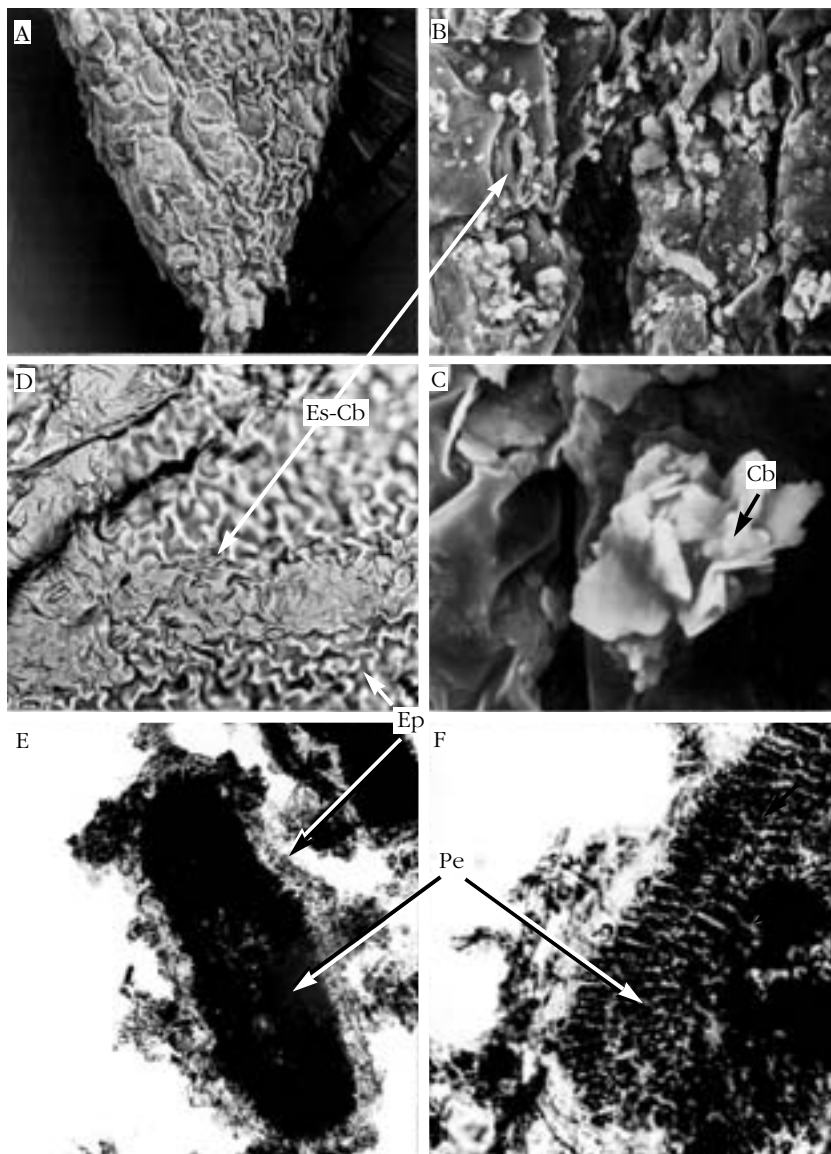


FIGURA 3. *Frankenia laevis*. Micromorfología y anatomía de la hoja. A (parte apical), B y C (detalles de la superficie abaxial) al MEB (x100, x500, x2.000). D, réplica de la superficie (x160). E y F, cortes transversales de la hoja (x100, x200). Ep, epidermis; Pe, parénquima en empalizada; Es, estomas; Cb, costra blanquecina.

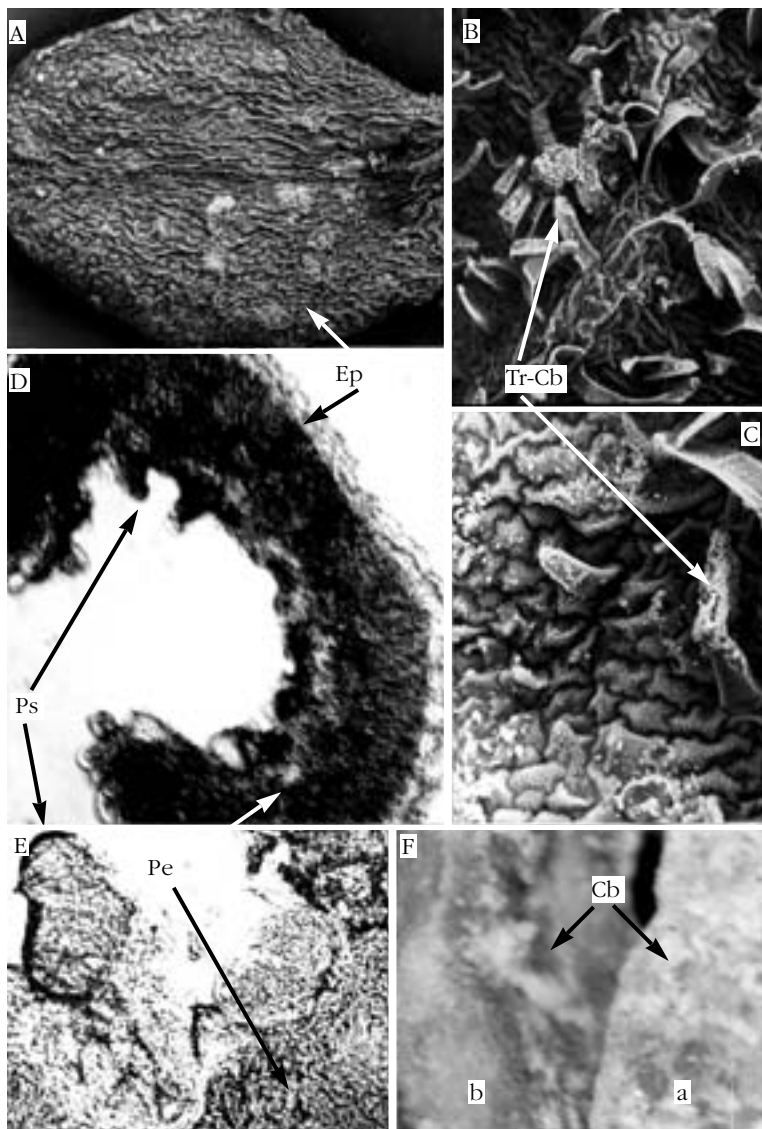


FIGURA 4. *Frankenia pulverulenta*. Micromorfología y anatomía de la hoja. A, B y C (superficie abaxial) al MEB (x40, x100, x200). D y E, cortes transversales de la hoja (x100, x400). F, vista al microscopio estereoscópico de las superficies adaxial y abaxial (x20). Ep, epidermis; Tr, tricomas; Cb, costra blanca; Ps, pelos secretores; Pe, parénquima en empalizada.

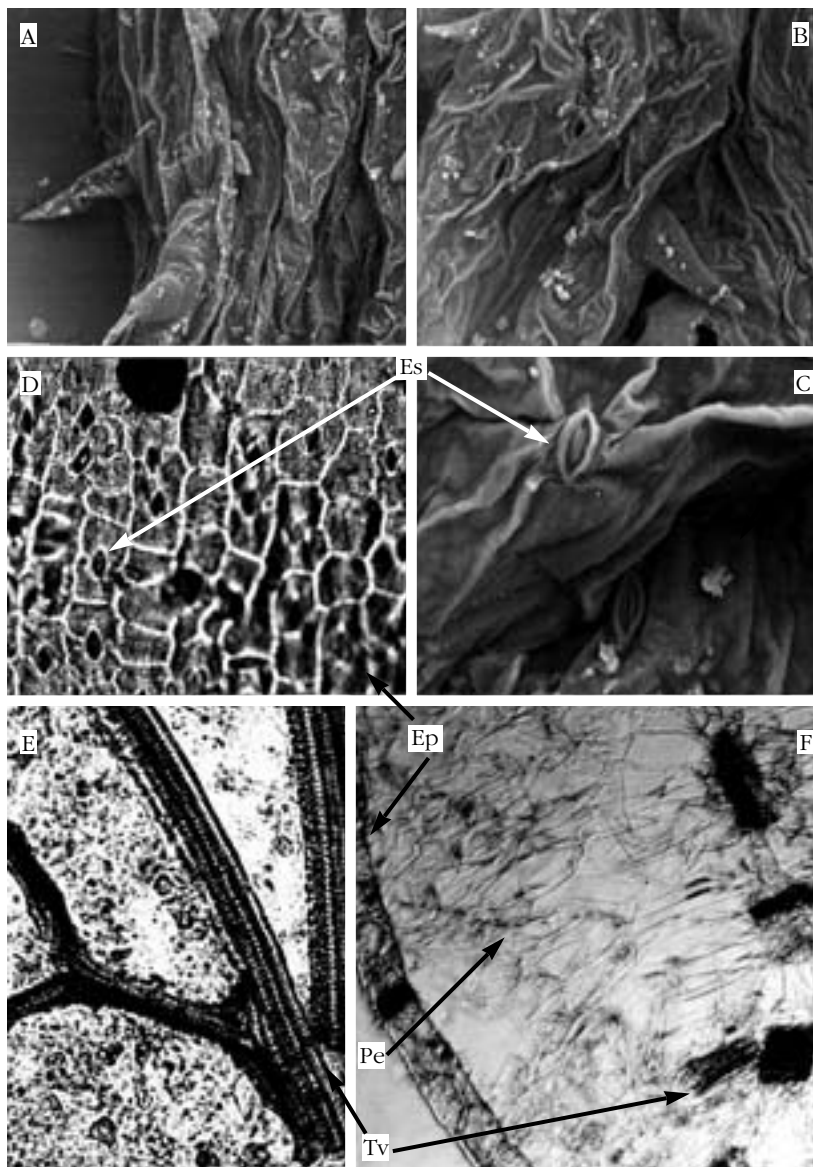


FIGURA 5. *Plantago coronopus* var. *columnae*. Micromorfología y anatomía de la hoja. A, B y C detalles de la superficie abaxial al MEB (x100, x200, x500). D, réplica de la superficie (x100). E y F, cortes transversales de la hoja (x200, x100). Ep, epidermis; Es, estomas; Pe, parénquima en empalizada; Tv, tejido vascular.

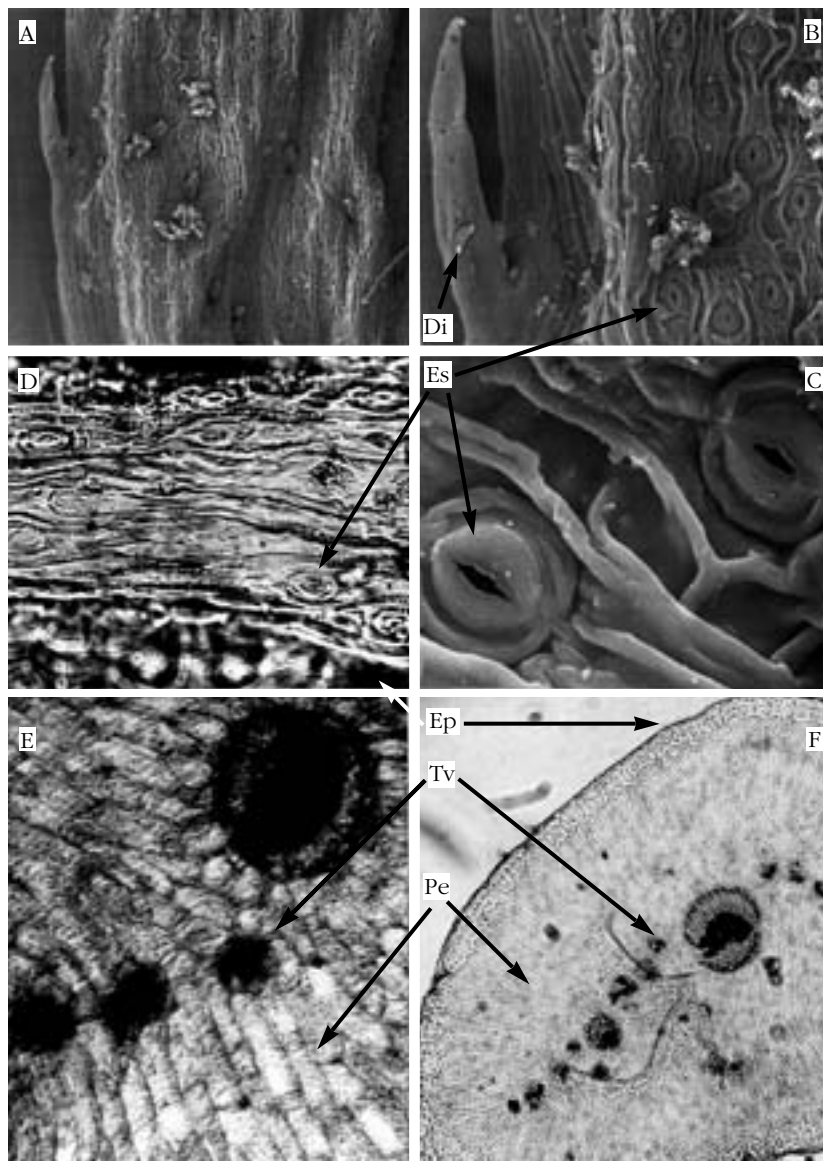


FIGURA 6. *Plantago maritima*. Micromorfología y anatomía de la hoja. A, B y C detalles de la superficie abaxial al MEB (x80, x200, x1.000). D, réplica de la superficie (x160). E y F, cortes transversales de la hoja (x100, x50). Ep, epidermis; Es, estomas; Pe, parénquima en empalizada; Tv, tejido vascular; Di, diente.

Salicornia ramosissima J. Woods

Procedencia del material: Villarrín de Campos (Za), 30TTM7929, 690 m, en suelos muy salinos, no nitrófilos, inundados durante gran parte del año y que se desecan con la llegada del estío.

Caracteres anatómicos y micromorfológicos observados: Fig. 7.

Exhibe un tipo de anatomía caulofoliar suculenta muy manifiesta.

En corte transversal a través de un artejo craso, formado por hojas opuestas soldadas entre sí y el entrenudo del tallo –VALDÉS & CASTROVIEJO (1990)– observamos un clorénquima que consta de grandes células en empalizada que pueden almacenar agua; la región interna posee células del mesofilo esponjoso, que son voluminosas e irregulares y que según nuestros estudios (NAVARRO & *al.*, 2004) contienen altas concentraciones de sales. Algunos haces vasculares y haces de fibras pequeñas se encuentran también en la región central (Figs. 7E y 7F).

La naturaleza suculenta de ésta y otras especies de *Salicornia* se debe a que las grandes células del mesofilo esponjoso contienen un vacuoma muy desarrollado cargado de agua.

Entre las células del parénquima en empalizada también se encuentran células del traqueoma, anchas y cortas, con engrosamientos helicoidales, observación que recoge FAHN (1990).

La epidermis está formada por células con una pared externa gruesa y rodeada de una cutícula también engrosada con ornamentación reticulado-sinuosa; en el margen superior aparecen secretadas escamas salinas que se disuelven con facilidad al fijar el material. Hay numerosos estomas paracíticos hundidos en la epidermis, observados, mejor que en el corte transversal, sobre réplicas del material fresco (Fig. 7D) y en observaciones con el microscopio electrónico de barrido (MEB) (Figs. 7B y 7C).

Salsola soda L.

Procedencia del material: Villarrín de Campos (Za), 30TTM7929, 690 m, coloniza suelos salinos removidos, así como fondos de pequeños lavajos y bodones, donde es frecuente *Frankenia pulverulenta* L.

Caracteres anatómicos y micromorfológicos observados: Fig. 8.

Nuestras apreciaciones coinciden con las de FAHN (1990) en que estas hojas tienen abundante tejido almacenador de agua que consta de grandes células con amplias vacuolas que contienen un tonoplasma diluido (Figs. 8D y 8E). Dichas células tienen una capa delgada de citoplasma parietal en el que pueden encontrarse cloroplastos dispersos.

En este tejido también se hallan con frecuencia depósitos de sales (drusas) y haces vasculares rodeados por grandes células parenquimáticas (Figs. 8D y 8E).

En la epidermis hay numerosos estomas paracíticos, con estrías extendidas como alas laterales y con los bordes elevados, con una estructura infundibuliforme y con una larga y estrecha apertura (Figs. 8A, 8B y 8C). Dicha epidermis también está recubierta de incrustaciones salinas (Fig. 8B).

Spergularia marina (L.) Besser

Procedencia del material: Villarrín de Campos (Za), 30TTM7920, 690 m. En varias comunidades asentadas sobre suelos salinos, desde subhalófilas a hiperhalófilas.

Caracteres anatómicos y micromorfológicos observados: Fig. 9.

En el corte transversal de la hoja, carnosa, mucronada y glabra, se observa un mesofilo con parénquima clorofílico dispuesto periféricamente y en el interior hidrénquima acumulador de sales con tejido vascular muy desarrollado (Figs. 9E y 9F).

Numerosos estomas de tipo anomocítico, con los bordes elevados, se localizan fundamentalmente en la cara abaxial de la epidermis, que está protegida por una gruesa cutícula, cuya ornamentación estriada se pone en evidencia tanto con el MEB (Figs. 9 A, 9B y 9C) como con la réplica hecha sobre material fresco (Fig. 9D).

Suaeda splendens (Pourret) Gren. & Godron

Procedencia del material: Revellinos, Laguna de Barillos (Za), 30TTM8737, 680 m. En comunidades halófilas con *Salicornia ramosissima*, *Salsola soda* y *Plantago coronopus* var. *columnae*, entre otras. De esta localidad fue citada por VALLE & NAVARRO (2002) como novedad para la cuenca del Duero.

Caracteres anatómicos y micromorfológicos observados: Fig. 10.

Como puede observarse a continuación, en la descripción de los caracteres de *S. vera*, comparte con ésta las características anatómicas –tipo de parénquima (Fig. 10E), tipo y disposición de los estomas (Figs. 10B, 10C y 10F), desarrollo del tejido traqueoidal (Fig. 10E), así como el aspecto que le da la secreción de sales (Fig. 10D)–. La cutícula es notablemente más gruesa, lo que se traduce morfológicamente en un reborde hialino que le confiere un aspecto glauco-cristalino a las hojas cuando se observan al estereomicroscopio.

Por otra parte, como puede apreciarse en la Fig. 10A, las hojas tienen un acumen, a veces caduco en la madurez (PEDROL & CASTROVIEJO, 1990).

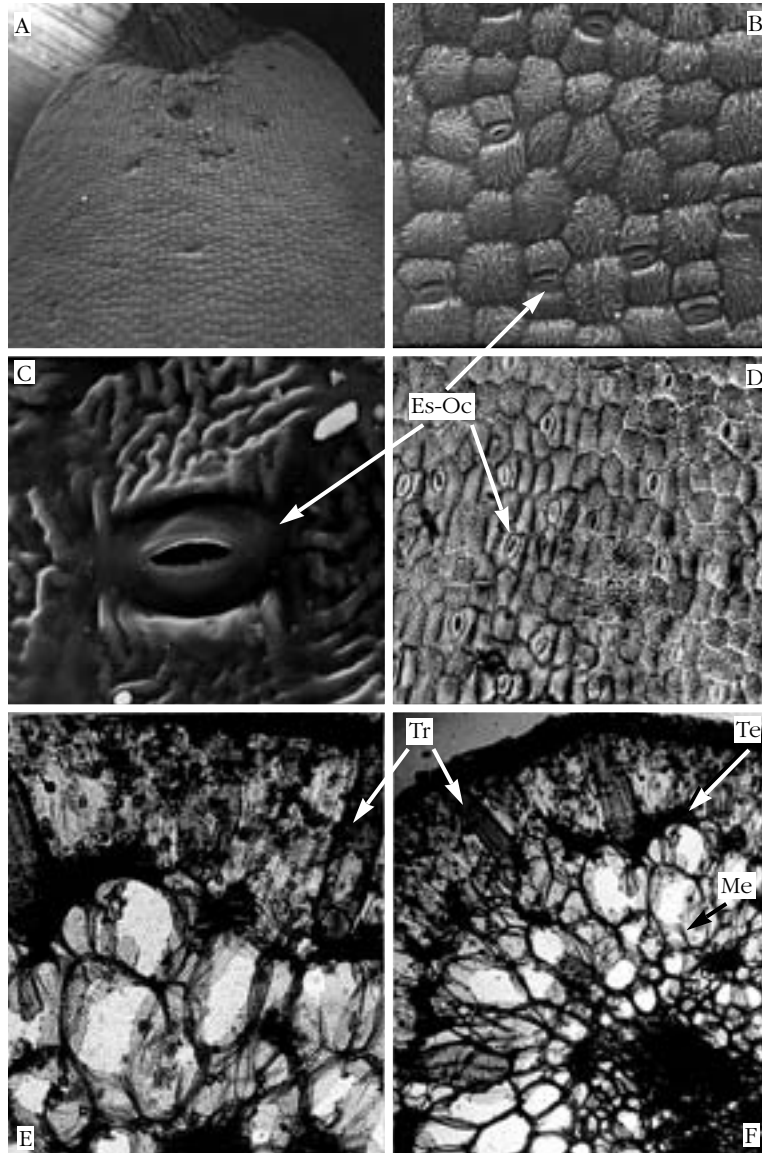


FIGURA 7. *Salicornia ramosissima*. Micromorfología y anatomía de la hoja. A (parte apical), B y C (detalles de la superficie abaxial) al MEB (x40, x200, x1.000). D, réplica de la superficie (x100). E y F, cortes transversales de artejos (x100, x50). Tr, traqueoma; Es, estomas; Te, tejido en empalizada; Me, mesófilo esponjoso; Oc, cutícula ornamentada.

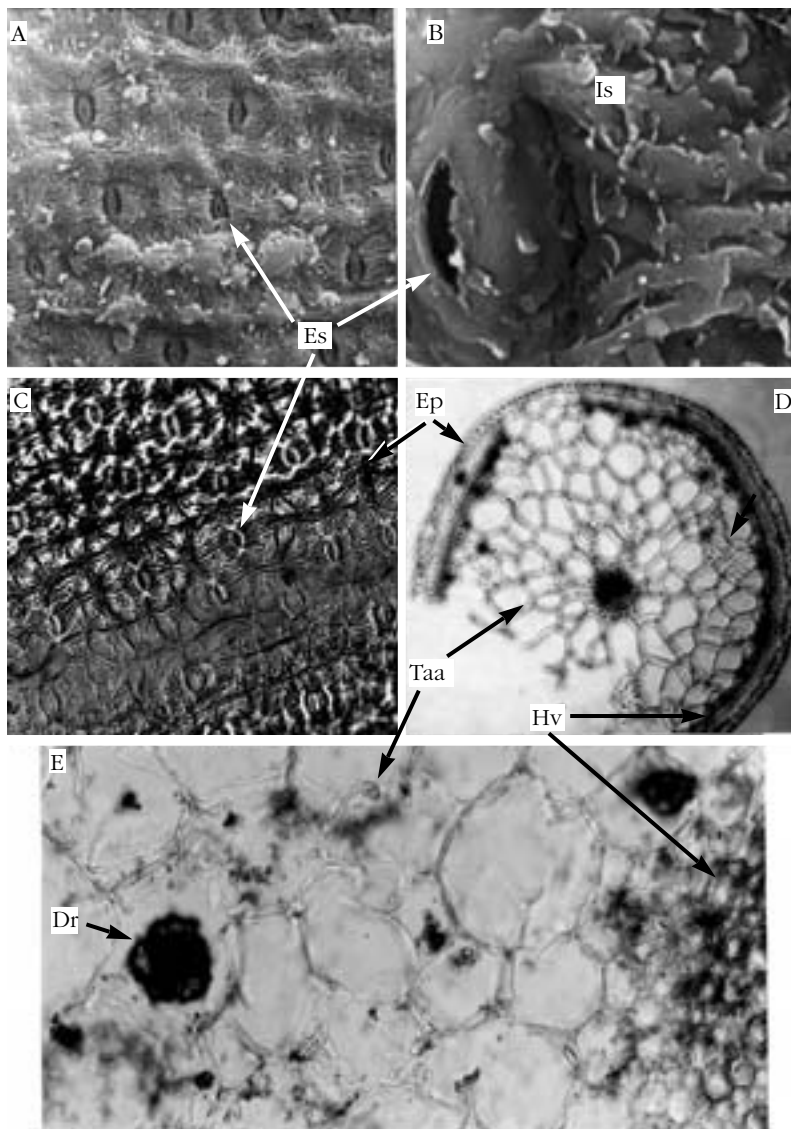


FIGURA 8. *Salsola soda*. Micromorfología y anatomía de la hoja. A y B (detalles de la superficie abaxial) al MEB (x200, x2.000). C, réplica de la superficie (x100). D y E, cortes transversales (x25, x160). Ep, epidermis; Es, estomas; Hv, haz vascular; Dr, drusa; Taa, tejido almacenador de agua; Is, incrustaciones salinas.

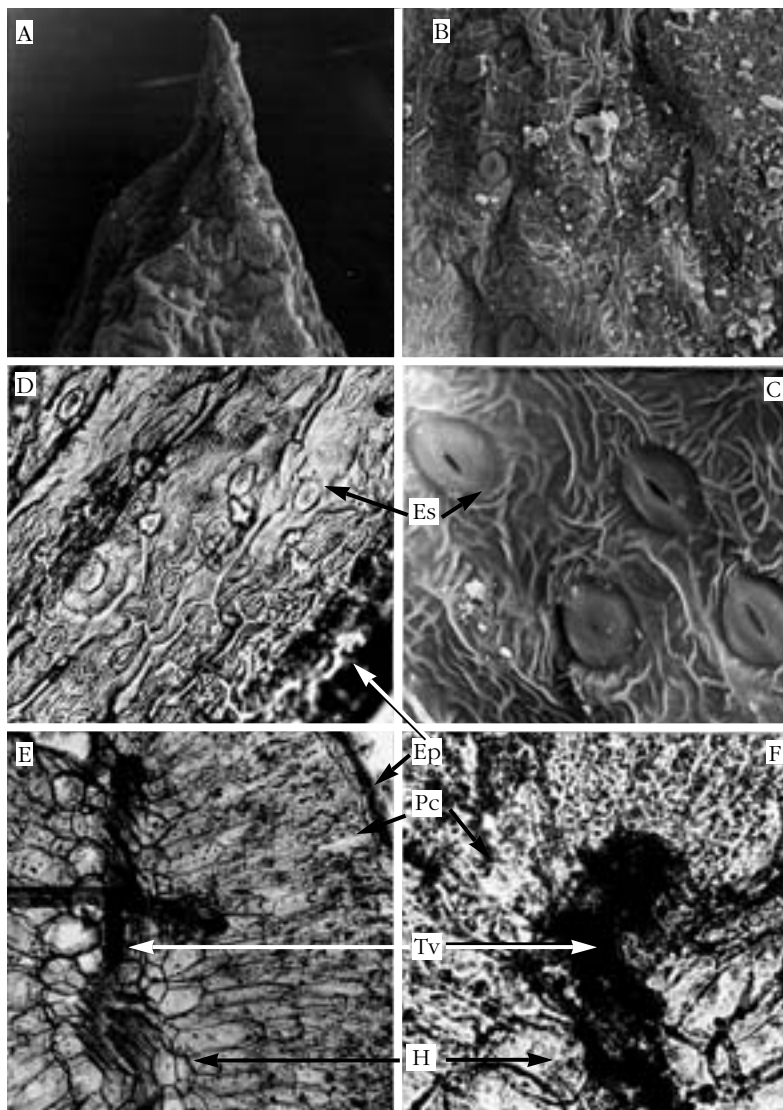


FIGURA 9. *Spergularia marina*. Micromorfología y anatomía de la hoja. A (parte apical), B y C (detalles de la superficie abaxial) al MEB (x100, x200, x500). D, réplica de la superficie (x100); E y F cortes transversales de la hoja (x100, x200). Ep, epidermis; Tv, tejido vascular; H, hidrénquima; Pc, parénquima clorofílico; Es, estomas.

Suaeda vera Forsskal ex J. F. Gmelin

Procedencia del material: Villarrín de Campos (Za), 30TTM7929, 690 m. Forma parte de comunidades fruticasas hiperhalófilas.

Caracteres anatómicos y micromorfológicos observados: Fig. 11.

Como sucede en otras especies halófilas, la hoja de *S. vera* es equibilateral, es decir, posee parénquima en empalizada en ambas caras de la misma (Fig. 11E). Las traqueidas están muy desarrolladas, como se observa con más claridad en su congénere *S. splendens* (Fig. 10E).

La epidermis está recubierta de una gruesa cutícula y posee numerosos estomas de tipo paracítico hundidos en la misma, dispuestos paralelamente entre sí, como puede apreciarse en la Fig. 11A y con mayor nitidez en las Figs. 11B y 11C. La exudación de sales forma una costra de aspecto cristalino en la parte más externa de la misma (Fig. 11D).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Nuestras observaciones coinciden con las de FAHN (1990) en que en las plantas halófilas de hojas o artejos crasos o subcrasos (*Spergularia marina*, *Atriplex patula*, *Salicornia ramosissima*, *Suaeda vera*, *S. splendens* y *Salsola soda*) abundan los mesofilos equibilaterales y el hidrénquima ocupa un amplio espacio que constituye un reservorio hídrico debido a que sus células tienen un vacuoma muy desarrollado. En el agua almacenada en estas células están disueltas las sales acumuladas, que en algunos casos cristalizan bajo la forma de drusas (*Salsola soda*), detalle observado por METCALFE & CHALK (1979: 69) en otros congéneres, y que en la mayoría son secretadas al exterior, formando las típicas costras blanquecinas.

Como norma general, las traqueidas también están muy desarrolladas, siendo muy notable el caso de *Salicornia ramosissima*. Estas traqueidas, almacenadoras de agua, están conectadas a las terminaciones de los otros vasos conductores del artejo.

Este primer conjunto de plantas presentan epidermis recubierta de una gruesa cutícula, frecuentemente ornamentada y glabra, y los estomas dominantes son de tipo paracítico.

El segundo grupo de plantas estudiadas (*Plantago maritima*, *P. coronopus* var. *columnae*, *Frankenia pulverulenta*, *F. laevis* y *Campborosma monspeliaca*), difiere del primero en la ausencia de un parénquima acumulador de agua y, como consecuencia de ello, no son suculentas; en ellas es evidente el parénquima en empalizada.

Comparten con las especies crasas incluidas en el primer grupo la gruesa cutícula y el tipo de estomas dominante, si bien éstos, en algunas especies (*Frankenias pulverulenta*, *F. laevis* y *Camphorosma monspeliaca*) están protegidos por pelos que disminuyen la pérdida de agua.

AGRADECIMIENTOS

Al anónimo revisor del trabajo, por sus sugerencias. Al Servicio de Microscopía Electrónica de la Facultad de Medicina de la Universidad de Salamanca.

BIBLIOGRAFÍA

- DAWES, C. J. (1986): *Botánica Marina*. Limusa. México.
- FAHN, A. (1990): *Plant Anatomy*. Pergamon Press. Oxford.
- METCALFE, C. R. & L. CHALK (1979): *Anatomy of the Dicotyledons*, vol. I. Clarendon Press. Oxford.
- NAVARRO, F. & M.^a Á. SÁNCHEZ ANTA (2004): Acumulación de sales en varias plantas halófilas de la cuenca del Duero. *Stud. bot.*, 22: 9-16.
- PEDROL, J. & S. CASTROVIEJO (1990): *Suaeda* Forsskäl ex Scop. In: S. Castroviejo, M. Laínz, G. López González, P. Montserrat, F. Muñoz Garmendia, J. Paiva & L. Villar (eds.), *Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e islas Baleares* II: 536-541. Madrid.
- SANTOS, A. (1993): *Frankenia* L. In: S. Castroviejo, C. Aedo, S. Cirujano, M. Laínz, P. Montserrat, R. Morales, F. Muñoz Garmendia, C. Navarro, J. Paiva & C. Soriano, *Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e islas Baleares*. III: 446-453. Madrid.
- VALDÉS, B. & S. CASTROVIEJO (1990): *Salicornia* L. In: S. Castroviejo, M. Laínz, G. López González, P. Montserrat, F. Muñoz Garmendia, J. Paiva & L. Villar (eds.), *Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e islas Baleares* II: 531-534. Madrid.
- VALLE, C. J. & F. NAVARRO (2002): *Suaeda splendens* en la cuenca del Duero. *Stud. bot.*, 20: 73-75. Salamanca.

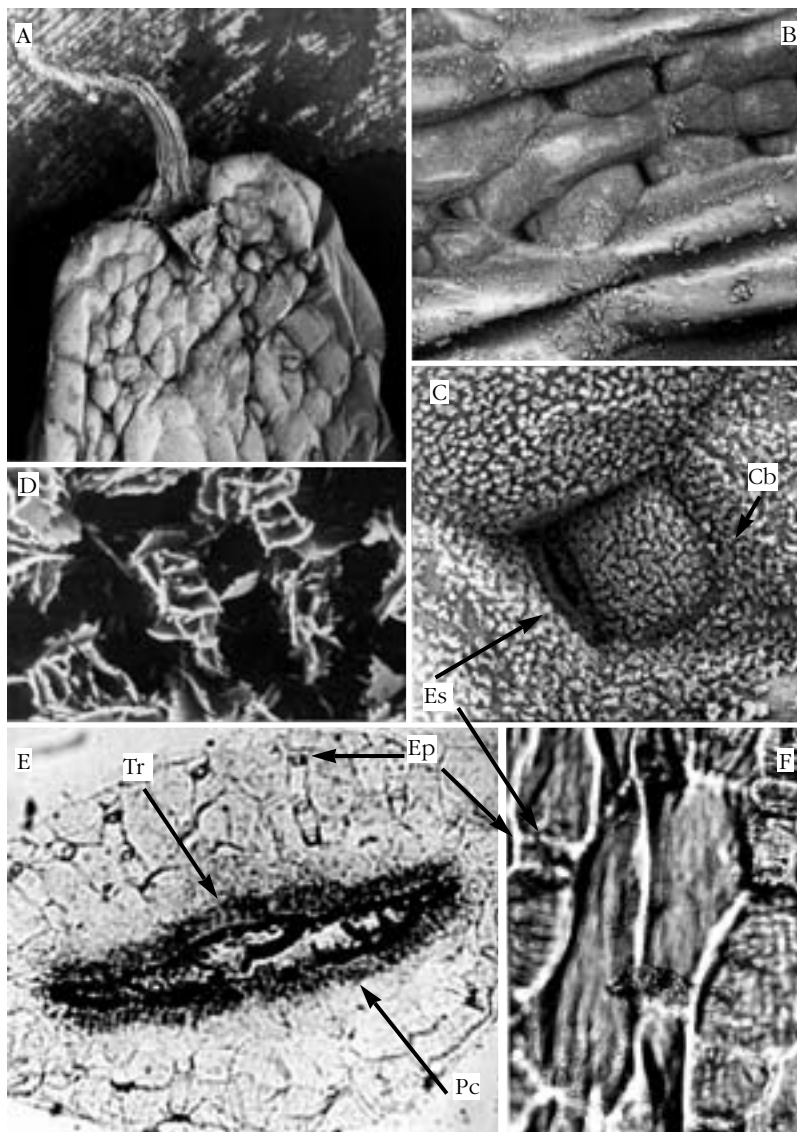


FIGURA 10. *Suaeda splendens*. Micromorfología y anatomía de la hoja. A, parte apical. B, C y D (detalles de la superficie abaxial) al MEB (x40, x100, x500, x5.000). E, corte transversal de la hoja (x50). F, réplica de la superficie (x160). Es, estomas; Ep, epidermis; Tr, traqueidas; Pc, parénquima clorofílico.

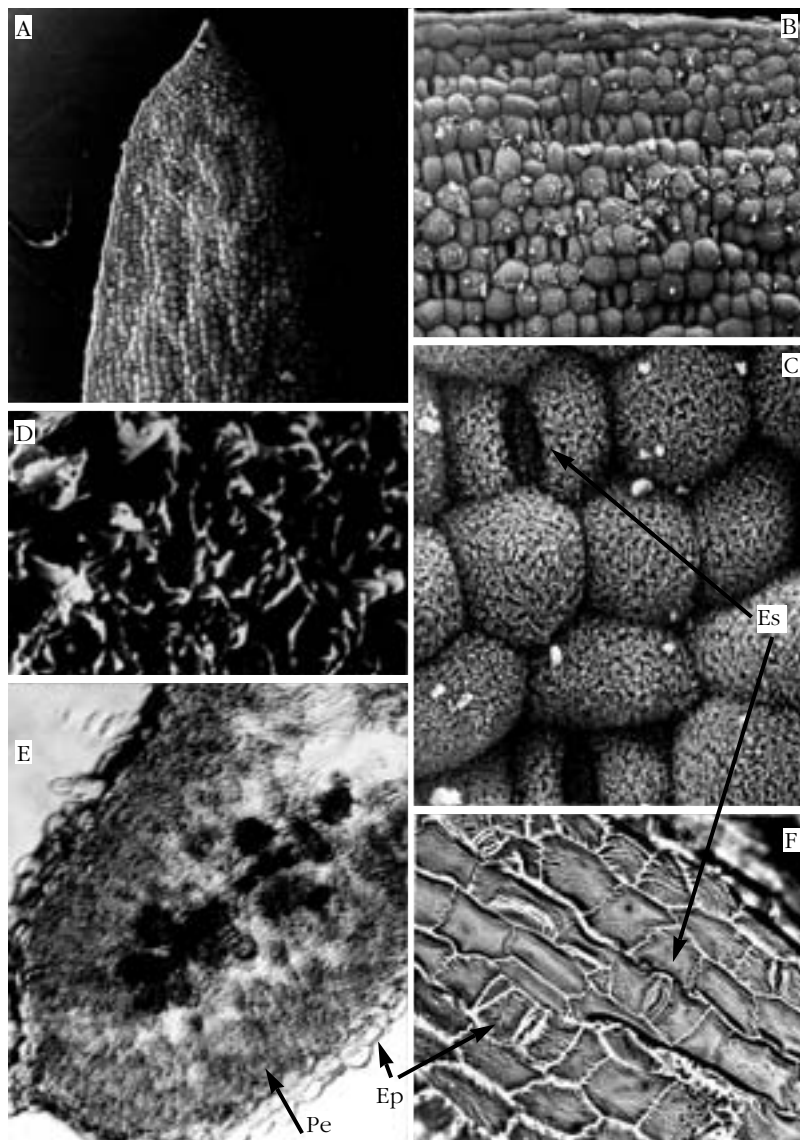


FIGURA 11. *Suaeda vera*. Micromorfología y anatomía de la hoja. A, parte apical. B, C y D (detalles de la superficie abaxial) al MEB (x40, x100, x500, x5.000). F, réplica de la superficie (x160). E, corte transversal de la hoja (x100). Es, estomas; Ep, epidermis; Pe, parénquima en empalizada.