

## EPIDERMIS FOLIARES DE ALGUNAS ESPECIES DE *FESTUCA*, *POA* Y *BELLARDIOCHLOA* EN EL PIRINEO OCCIDENTAL\*

por

RICARDO GARCÍA-GONZÁLEZ\*\*

### Resumen

GARCÍA GONZÁLEZ, R. (1983). Epidermis foliares de algunas especies de *Festuca*, *Poa* y *Bellardiochloa* en el Pirineo Occidental. *Anales Jard. Bot. Madrid* 39(2): 389-404.

Se describe la estructura anatómica de las epidermis foliares en 12 gramíneas de alta montaña que abundan en los pastos supraforestales del Pirineo Occidental, y se proporciona una clave para su determinación. Las especies descritas son *Bellardiochloa violacea*, *Festuca eskia*, *F. gautieri*, *F. glacialis*, *F. gr. ovina*, *F. paniculata*, *F. pyrenaica*, *F. gr. rubra*, *Poa alpina*, *P. minor*, *P. pratensis* y *P. supina*. Se destaca el interés de los caracteres epidérmicos en la determinación taxonómica y en estudios sobre alimentación de herbívoros en régimen extensivo.

### Abstract

GARCÍA GONZÁLEZ, R. (1983). Leaf epidermis of some species of *Festuca*, *Poa* and *Bellardiochloa* in the Western Pyrenees. *Anales Jard. Bot. Madrid* 39(2): 389-404 (In Spanish.)

The anatomic structure of the leaf epidermis of twelve high mountain grasses from the alpine and subalpine pastures of the Western Pyrenees are reported. A key for their determination is also given. The species described are: *Bellardiochloa violacea*, *Festuca eskia*, *F. gautieri*, *F. glacialis*, *F. gr. ovina*, *F. paniculata*, *F. pyrenaica*, *F. gr. rubra*, *Poa alpina*, *P. minor*, *P. pratensis* and *P. supina*. The value of epidermic features for taxonomic recognition and for studies on the feeding of grazing herbivores is emphasized.

### INTRODUCCIÓN

La estructura microscópica de la hoja es un elemento a menudo indispensable en la taxonomía de gramíneas. Principalmente se ha utilizado la sección transversal de la hoja para este propósito. Sin embargo, la anatomía de la epidermis foliar, en su dirección longitudinal, proporciona también caracteres importantes para la determinación taxonómica (PRAT, 1932; PAUNERO, 1959, 1964; BOURREIL, 1969; BINNS & BLUNDEN, 1980).

Por otra parte, los caracteres epidérmicos de los vegetales se han utilizado

(\*) Este trabajo forma parte del Programa 62049 del C.S.I.C. (1981) y ha sido subvencionado (Proyecto 0055) por la Comisión Asesora para la I. C. y T.

(\*\*) Centro Pirenaico de Biología Experimental. Apartado 64. Jaca (Huesca).

eficazmente para determinar la dieta de animales herbívoros, a partir de su reconocimiento en las heces. Véanse, por ejemplo, los trabajos de DUSI (1949), MARTIN (1955), CROKER (1959), STORR (1961), STEWART (1967), etc. En este caso la determinación se realiza entre aquellas especies vegetales presentes o más abundantes en la zona de pastoreo de dichos herbívoros.

En este contexto se sitúa el presente trabajo, cuyos objetivos básicos son: describir las epidermis foliares de varias gramíneas de alta montaña y ensayar una clave para su determinación taxonómica mediante caracteres micromorfológicos. Las especies que se describen, siguiendo la nomenclatura de «*Flora Europea*», son las siguientes: *Bellardiochloa violacea* (Bellardi) Chiov., *Festuca eskia* Ramond ex DC., *F. gautieri* (Hackel) K. Richter, *F. glacialis* (Miégevill ex Hackel) K. Richter, *F. ovina* L., *F. paniculata* (L.) Schinz & Thell., *F. pyrenaica* Reuter, *F. rubra* L., *Poa alpina* L., *P. minor* Gaudin, *P. pratensis* L. y *P. supina* Schrader.

Estas especies son parte importante de las comunidades que forman los pastos supraforestales por encima de los 1600-1700 m (pisos alpino y subalpino) en el Pirineo Occidental, donde predomina el sustrato calizo. Para su elección se han tenido en cuenta los criterios de abundancia relativa en el nivel supraforestal dados por MONTSERRAT (1971) y VILLAR (1980).

Aparte de su interés fitosociológico (MONTSERRAT & VILLAR, 1975; NEGRE & al., 1975), dichas especies constituyen gran parte de la biomasa vegetal aérea de estas comunidades. En consecuencia, son de gran importancia para el estudio del régimen alimentario de los herbívoros que tradicionalmente las consumen, y para conocer las relaciones trófico-dinámicas que se establecen entre ambos (sistema pasto-animal), tema que el autor investiga en la actualidad.

Además de los trabajos sobre epidermis foliar en gramíneas ya mencionadas, cabe destacar también a COLIN (1974), que estudia especies de montaña media y baja, y algunas de cultivo, proporcionando una clave para su determinación; DAVIES (1959), que describe las características epidérmicas de varias gramíneas en estado vegetativo, y la importante contribución de METCALFE (1960) que representa un considerable esfuerzo en la descripción anatómica de toda la familia *Gramineae*. Dentro del género *Festuca*, AUQUIER (1974:62) comenta el valor taxonómico de los caracteres epidérmicos y proporciona interesante bibliografía.

Sin embargo, no se han encontrado trabajos relacionados con la epidermis foliar en gramíneas de alta montaña pirenaica. En realidad, la bibliografía sobre este tema, para las gramíneas ibéricas en general, es muy escasa. El presente trabajo pretende poner de manifiesto el interés de esta técnica en la sistemática vegetal, y contribuir con esta aportación inicial al conocimiento de dos géneros taxonómicamente complejos como son *Festuca* y *Poa*.

#### MATERIAL Y MÉTODOS

Las preparaciones microscópicas se obtuvieron a partir de ejemplares frescos y fijados en acetoformol, o bien a partir de material seco procedente del herbario JACA. En el cuadro 1 se indica la procedencia y datos de

localización del material estudiado. Por cada especie se han tomado muestras procedentes por lo menos de dos localidades distintas para tener una idea mínima de la variabilidad intraespecífica. De los ejemplares fijados se ha conservado también un testigo en herbario. Parte del material utilizado había sido también revisado por HERNÁNDEZ (1978); ver cuadro 1.

Son varios los métodos existentes para obtener las preparaciones microscópicas (DUSI, 1949; MARTIN, 1955; METCALFE, 1960; COLIN, 1974). El que se ha seguido aquí es uno de los más sencillos, proporcionando buenos resultados: sobre el fragmento de hoja elegido, raspando cuidadosamente con un bisturí,

CUADRO 1.—LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS MICROSCÓPICO

Especie	Localidad	Altitud (m)	U. T. M.	Fecha recolec.	N.º del herb. JACA
<i>Bellardiachloa violacea</i>	Laruns (Ossau) F-64	1900	YN0457	5.8.80	3341/80
	Las Blancas (Aisa)	2120	XN9932	6.7.73	2907/73H
<i>Festuca eskia</i>	La Rinconada (Piedrafita)	1900	YN1132	15.7.78	4752/78
	Candanchú (Aisa)	2000	YN0038	5.8.75	4575/75V
<i>F. gautieri</i>	Las Blancas (Aisa)	1900	XN9932	28.7.70	4132/70V
	La Rinconada (Piedrafita)	1900	YN1132	15.7.78	4753/78
<i>F. glacialis</i>	La Rinconada (Piedrafita)	2000	YN1133	15.7.78	4754/78
	Peña Blanca (Piedrafita)	1800	YN1729	25.7.78	4755/78
<i>F. gr. ovina</i>	El Bozo (Aisa)	2300	XN9739	5.8.78	4759/78
	V. Sarrios (Ansó-Fago)	2000	XN9539	12.9.78	4764/78
<i>F. gr. ovina</i>	I. Asnos (Panticosa)	2200	YN2429	18.7.81	1608/81
	La Rinconada (Piedrafita)	1900	YN1132	15.7.78	4756/78
<i>F. paniculata</i>	El Bozo (Aisa)	1800	YN9737	14.11.81	—
	Sto. Domingo (Longás)	1500	XN7101	26.7.76	1990/76
<i>F. pyrenaica</i>	La Rinconada (Piedrafita)	1900	YN1132	15.7.78	4762/78
	Candanchú (Aisa)	2000	YN0038	9.5.77	386/77
<i>F. pyrenaica</i>	Aguas Limpas (Sallent de G.)	1800	YN1844	2.7.71	3909/71
	Aragüés del Puerto	1240	XN9436	6.5.67	2255/67
<i>F. gr. rubra</i>	Tortíella Alta (Aisa)	2150	XN9938	8.8.75	4793/75
	Ibón de los Asnos (Panticosa)	2100	YN2330	18.7.81	1612/81
<i>F. gr. rubra</i>	Sierra Custodia (Fanlo)	2050	BH5623	14.7.81	1287/81
	La Rinconada (Piedrafita)	1900	YN1132	15.7.78	4763/78
<i>Poa alpina</i>	Las Blancas (Borau)	1800	XN9930	19.8.78	4757/78
	Estigüés (San Juan de Plan)	1650	BH8517	20.6.81	2948/81
<i>P. minor</i>	El Bozo (Aisa)	2300	XN9739	5.8.78	4758/78
	La Rinconada (Piedrafita)	1900	YN1132	15.7.78	4761/78
<i>P. pratensis</i>	Nevero de Aspe (Ansó)	2300	XN9938	12.8.65	1398/65H
	Bertera (Aragüés del Puerto)	2400	XN9540	13.8.70	5342/70H, V
<i>P. supina</i>	Ibón de los Asnos (Panticosa)	2200	YN2430	20.8.75	5457/75H
	Rigüello (Aisa)	1700	XN9735	3.8.78	4760/78
<i>P. supina</i>	Portalet (Sallent de G.)	1650	YN1240	24.4.69	2230/69H
	Tortíella (Aisa)	2080	XN9937	21.8.70	6032/70H
<i>P. supina</i>	Bco. de Aspe (Ansó)	2100	XN9838	16.7.76	V80/76V
	Góriz (Fanlo)	2160	BH5527	6.8.74	5449/74H
<i>P. supina</i>	Aguá Tuerta (Ansó)	1650	XN9445	23.6.75	V463/75H, V

H, V, ejemplares citados en las monografías de HERNÁNDEZ (1978) y VILLAR (1980), respectivamente.

separación de los tejidos que se encuentran por encima de la epidermis que se desea obtener; posterior aclarado en solución de hipoclorito sódico (12%), lavado en agua destilada, montaje en solución de glicerina (50%) y sellado con barniz de uñas. El material de herbario siguió el mismo tratamiento, previa ebullición en agua y fijación en acetoformol. Las epidermis se colocaron paralelas al eje mayor del portaobjetos (células largas horizontales). Este dato conviene tenerlo en cuenta en las descripciones por especie.

Aunque se han hecho preparaciones de diversas partes de la planta (tallo, vaina, hoja), en este trabajo sólo se considerarán las epidermis de la cara abaxial de las hojas. La cara abaxial es la parte de la planta que muestra menor variabilidad en todos los estados vegetativos (DAVIES, 1959), reuniendo además todos los caracteres diagnósticos importantes que caracterizan la especie (AUQUIER, 1974). Sin olvidar tampoco su mayor facilidad de preparación con respecto a la cara adaxial, mucho más frágil, sobre todo en el género *Festuca*.

Para la confección de la clave se han tenido solamente en cuenta los caracteres epidérmicos de la parte media de las hojas caulinares (envés) y principalmente de las más próximas a la inflorescencia, ya que, según PRAT (1932), son las más diferenciadas. Sin embargo, en las preparaciones microscópicas se incluyeron también epidermis del renuevo, principalmente la parte media de la primera hoja desarrollada, así como otras partes de la hoja, tales como la punta. La descripción por especies corresponde por lo general a una síntesis de los caracteres tanto de la hoja caulinar como del renuevo, excepto en las especies más afectadas por el fenómeno de la «gradación» (PRAT, 1932; DAVIES, 1959) que expresa la diferencia de la estructura epidérmica entre hoja caulinar y renuevo tierno.

#### CARACTERES EPIDÉRMICOS

Para designar los distintos elementos anatómicos que caracterizan las epidermis de las gramíneas se ha seguido generalmente la nomenclatura utilizada por METCALFE (1960). Los elementos más conspicuos son las células largas, células cortas, pelos y estomas, cada uno con varios caracteres diagnósticos. Así, por ejemplo, las células largas se caracterizan por su forma, tamaño y tipo de pared. Los tipos de pared celular pueden ser: en cuanto a su espesor, gruesas o finas; en cuanto a su trazado, lisas, rugosas y nodulares. Este último tipo de pared corresponde a la siguiente descripción: pared siempre gruesa, poco definida, parece intermedia entre lisa y rugosa, aunque en células aisladas suele ser claramente rugosa; a gran aumento ( $\times 400$ ) presenta un aspecto punteado o nodular (fig. 2). Las células cortas suelen ser silíceas o suberosas, o una combinación de ambas, a veces de difícil diferenciación si no se utiliza una tinción específica. Los pelos pueden presentar forma y tamaños variados; algunos de base silícea y redondeada, con punta muy corta, corresponden al tipo «prickle» indicado en METCALFE (1960) (figs. 3 y 4). En general, predominan los de tipo agujón (espina de rosal). Los estomas se diferencian en cuatro tipos, según la forma de las células subsidiarias:

rectangular, oval, inflado y triangular, que corresponden a «parallel-sided», «low-dome-shaped», «tall-dome-shaped» y «triangular» del autor mencionado.

Conviene aclarar también que las células cortas pueden presentarse solitarias (fig. 1) o en pares. Dichos pares pueden estar formados por dos células desiguales, pero ambas alargadas, o bien, lo que es más frecuente en el género *Festuca*, por un cuerpo silíceo redondeado y muy refringente, incluido o rodeado por otra célula en forma de media luna (por sílico-suberoso). Este último es un buen carácter diagnóstico utilizado en la clave (fig. 2).

En cuanto al aspecto general de la epidermis (pequeño aumento), deben distinguirse dos tipos: aquellas especies cuyo esclerénquima se presenta en nervios individualizados, ofrecen una epidermis con hileras muy diferenciadas según estén sobre los nervios o en zona internevular (aspecto a bandas). Otras especies, cuyo esclerénquima suele ser continuo por toda la superficie del envés, no muestran tanta diferenciación (aspecto homogéneo y opaco). Esta última característica suele ser una adaptación de las especies de lugares áridos.

Las observaciones se han realizado en un microscopio Zeiss «Standart», provisto de pantalla de proyección Glarex, sobre la que se han realizado las medidas microscópicas. Normalmente se ha utilizado un aumento de  $\times 100$ , aunque para la observación de ciertos elementos (células silíceas, estomas, pared celular) se emplearon  $\times 400$ .

#### DESCRIPCIÓN ANATÓMICA POR ESPECIES

##### **Bellardiochloa violacea** (Bellardi) Chiov. (fig. 3).

Epidermis de las hojas caulinares semejantes a las del renuevo. Células largas muy estrechas, rectangulares. Pared celular gruesa y ondulada, rugosa (tipo *Festuca*), definida. Algunas veces, sobre todo en la punta de las hojas, está menos definida. Gran cantidad de pelos silíceos en forma de gota, o de copa invertida. Después de un recuento en 42 campos del microscopio, su densidad en la parte media de la hoja caulinar fue de 17(15-19) pelos/0,09 mm<sup>2</sup> y en el renuevo 7,5(4-13)/0,09 mm<sup>2</sup>. En las puntas: 11,1(5-16) y 2,1(1-4)/0,09 mm<sup>2</sup>, para el pie floral y renuevo respectivamente. Pelos del borde de la hoja semejantes a los del interior. Células cortas no muy abundantes debido a la presencia de pelos silíceos. Lo general es que sean cuadradas, de forma más o menos irregular, pero puede haberlas también estrechas. En las hojas caulinares se observa algún par. Por lo general, no hay estomas, pero al lado del nervio central puede verse alguna hilera de tipo oval. Aunque HERNÁNDEZ (1978) indica esclerénquima continuo para esta especie, puede haber excepciones.

##### **Festuca eskia** Ramond ex DC. (fig. 4).

Epidermis del renuevo semejante a la de hojas caulinares. Células largas relativamente cortas; su longitud en la hoja caulinar no difiere significativamente respecto al renuevo. De 120 mediciones en las 3 localidades muestrea-

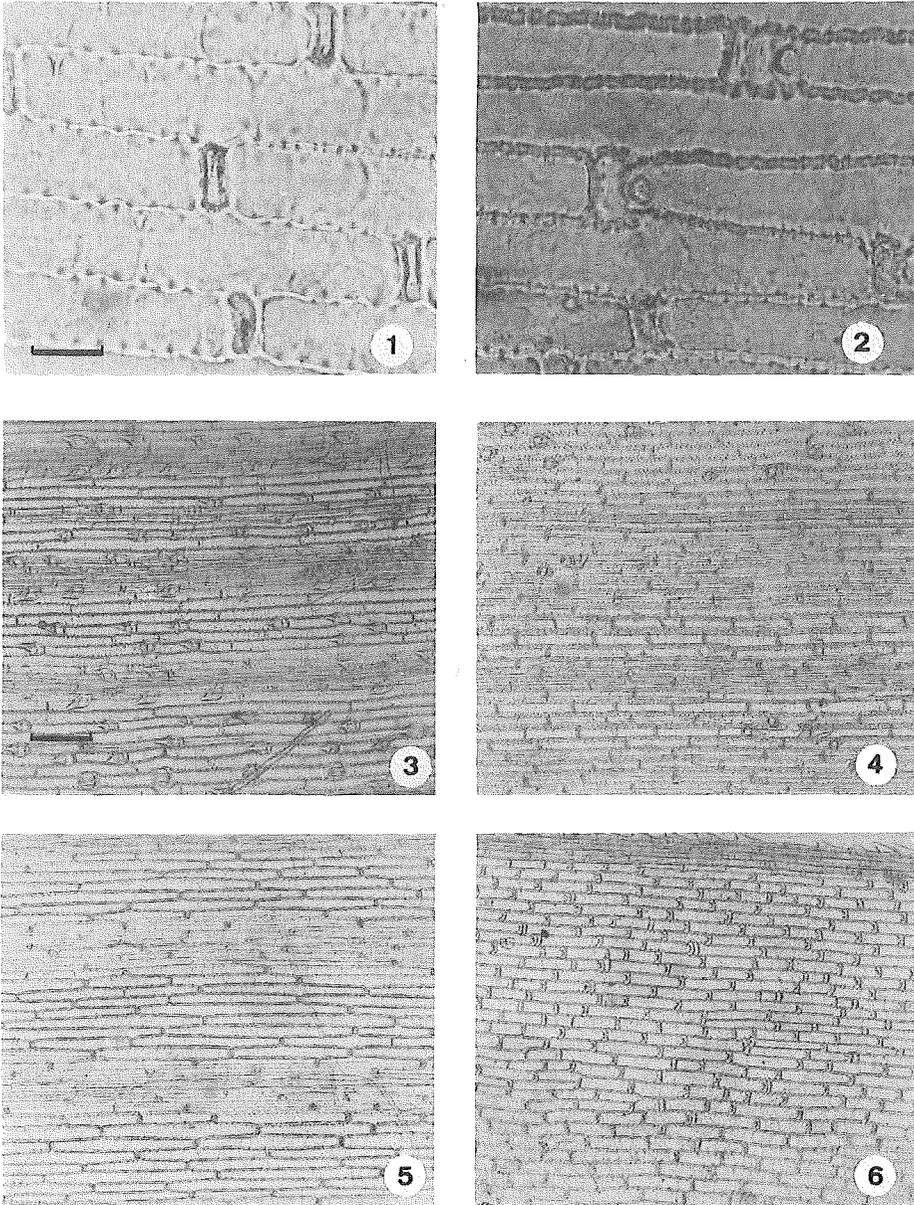


Fig. 1.—Células cortas solitarias en *Festuca rubra*. Fig. 2.—Células cortas dobles y pared de tipo nodular en *Festuca glacialis*. Fig. 3.—*Bellardiocloa violacea*. Fig. 4.—*Festuca eskia*. Fig. 5.—*Festuca gautieri*. Fig. 6.—*Festuca glacialis*. Epidermis cara abaxial. Escala fig. 1 y 2: 20  $\mu\text{m}$ ; escala restantes figuras: 100  $\mu\text{m}$ .

das, la longitud media fue de 108  $\mu\text{m}$  (mín. 49-máx. 187  $\mu\text{m}$ ), con límites de confianza al 95% de 103-114  $\mu\text{m}$ . Células rectangulares, de pared gruesa, rugosa, definida. Presencia de pelos síliceos muy cortos («prickles»), de base redondeada, especialmente abundantes en la parte media de la hoja. Pelos del borde foliar escasos y en forma de aguijón muy aplastado (deprimidos). Células cortas por lo general aisladas (no dobles), estrechas, algo curvadas, sin superar las 25  $\mu\text{m}$  de longitud. No hay estomas. Esclerenquima ocupando toda la superficie del envés (epidermis de aspecto opaco).

**Festuca gautieri** (Hackel) K. Richter (fig. 5).

*F. scoparia* A. Kerner ex Nyman

Epidermis de la hoja caulinar semejante al renuevo. Aspecto general de las células largas ligeramente romboidal o fusiforme, con esquinas levemente redondeadas. En cuanto a su longitud, de 90 mediciones en la hoja caulinar y renuevo de las 3 localidades, resultó una media de 199  $\mu\text{m}$  (79-348  $\mu\text{m}$ ) con límites de confianza al 95% de 187-212  $\mu\text{m}$ . Pared celular bastante gruesa, muy poco definida, no se aprecian las crestas excepto en células aisladas, en donde suele haber unas 17 ondulaciones/100  $\mu\text{m}$  de longitud. Hay células cortas (19-28, con una media de 24'9/0,09  $\text{mm}^2$  en un conteo de 14) con predominio (85%) de pares sílico-suberosos, del tipo cuerpo esférico incluido en otra alargada que la abraza. Por lo general, las células cortas no superan las 20  $\mu\text{m}$  de longitud. En los nervios, células cortas cuadradas y rectangulares. Ausencia de pelos. En el borde de la hoja, abundantes pelos cortos de base muy estrecha y en forma cónica o digital. No hay estomas. La epidermis del renuevo puede tener esclerenquima continuo.

**Festuca glacialis** (Miégevill ex Hackel) K. Richter (fig. 6).

Epidermis de las hojas caulinares semejante al renuevo. Células largas de forma rectangular, a veces ligeramente romboidal. En general, pequeñas y cortas. Su longitud media es de 118  $\mu\text{m}$  (mín. 42-máx. 221  $\mu\text{m}$ ) en un conteo de 90 longitudes de células largas en hojas caulinares; con límites de confianza al 95% de 110-125  $\mu\text{m}$ . Pared celular poco definida, gruesa, de tipo nodular a  $\times 400$  aumentos, claramente ondulada en células aisladas. Sin pelos (alguno muy aislado en alguna punta foliar). Pelos del borde de tipo aguijón, por lo general bastante largos. Células cortas numerosas, aisladas o en pares; con ligera tendencia a predominar los pares sílico-suberosos. La densidad de células cortas resultó ser de 41,2 (mín. 23-máx. 57)/0,09  $\text{mm}^2$  en un conteo de 20 campos. No hay estomas, excepto algunos ocasionales en las puntas de las hojas de tipo inflado u oval. Se parece algo a *Festuca gautieri*, aunque la longitud de sus células difiere significativamente, y la densidad de células cortas es menor en esta última.

**Festuca gr. ovina** (fig. 7).

Epidermis de las hojas caulinares semejante al renuevo. Células largas rectangulares, cortas y anchas. De 120 mediciones de su longitud en muestras de las 3 localidades, resultó una media de 86  $\mu\text{m}$  (mín. 22-máx. 155) con

límites de confianza al 95% de 83-88  $\mu\text{m}$ . Las células largas de las hojas caulinares parecen algo más largas que las del renuevo. Pared celular bien definida, fuertemente rugosa; crestas muy aparentes, profundas. Suele haber unas 11 crestas/100  $\mu\text{m}$  de longitud. Células cortas siempre de tipo doble (cuerpo esférico rodeado por otra que la abraza), en general estrechas y altas (siempre mayores de 25  $\mu\text{m}$ ). A menudo de forma algo irregular (exágonos comprimidos). En la parte media de la hoja puede haber células suberosas de forma muy irregular, a veces estrelladas, redondeadas por lo general. En la muestra del Prepirineo (Sto. Domingo) se observan pelos silíceos cortos de base redondeada («prickles») en la parte media de la hoja. En estos casos podría confundirse con *F. eskia*, de la cual se separa por la menor anchura de las células largas en esta última (26,6  $\mu\text{m}$  en *F. gr. ovina*, 17,3  $\mu\text{m}$  en *F. eskia*) y porque en *F. eskia* predominan las células cortas aisladas y son más cortas. Pelos del borde de la hoja tipo agujón. No hay estomas. Por lo general, esclerénquima continuo, cubriendo toda la superficie del envés.

***Festuca paniculata* (L.) Schinz & Thell.** (figs. 8, 9 y 10).

Epidermis de las hojas caulinares claramente distintas a las del renuevo. De las primeras se han observado muestras correspondientes a dos localidades. En el material estudiado se aprecia mayor variabilidad que en las restantes especies descritas. Esta variabilidad afecta principalmente al tamaño de los distintos elementos anatómicos (células, estomas) y posiblemente puede estar relacionado con los fenómenos de poliploidía tan frecuentes en esta especie (NEGRE & *al.*, 1975). A pesar de su variabilidad existen características comunes; así, las células largas son rectangulares, de pared nodular. Gran abundancia de células cortas, cuadradas, rectangulares, muchas veces acompañadas por otra redondeada. A veces en forma de aspa o de halterio. Se observa también la presencia de tres células cortas (redondas y cuadradas) consecutivas en la misma hilera de células. Entre las *Festuca* estudiadas, es la única que siempre presenta estomas en el envés. Dichos estomas son de tipo rectangular. La epidermis del renuevo tiene un aspecto homogéneo, de células rectangulares con pared recta, nodular (como ladrillos de una pared, separados por las bandas oscuras de los nervios). Por lo general, carece de células cortas y estomas, aunque hay excepciones.

El renuevo de 3 localidades distintas coincide con esta descripción, pero en la muestra de Aguas Limpias difiere notablemente: pared celular rugosa, presencia de células cortas y de estomas (tipo triangular). Convendría estudiar a fondo la variabilidad de esta especie.

***Festuca pyrenaica* Reuter** (fig. 11).

Epidermis de las hojas caulinares semejante al renuevo. Células largas rectangulares, de longitud muy variable (las muestras de las 3 localidades difieren significativamente); en general, son relativamente largas. De 90 mediciones de su longitud en hojas caulinares de las 3 localidades resultó una media de 227  $\mu\text{m}$  (mín. 106-máx. 564  $\mu\text{m}$ ), con límites de confianza al 95%) de 207-247  $\mu\text{m}$ . Pared celular poco definida, gruesa, nodular.

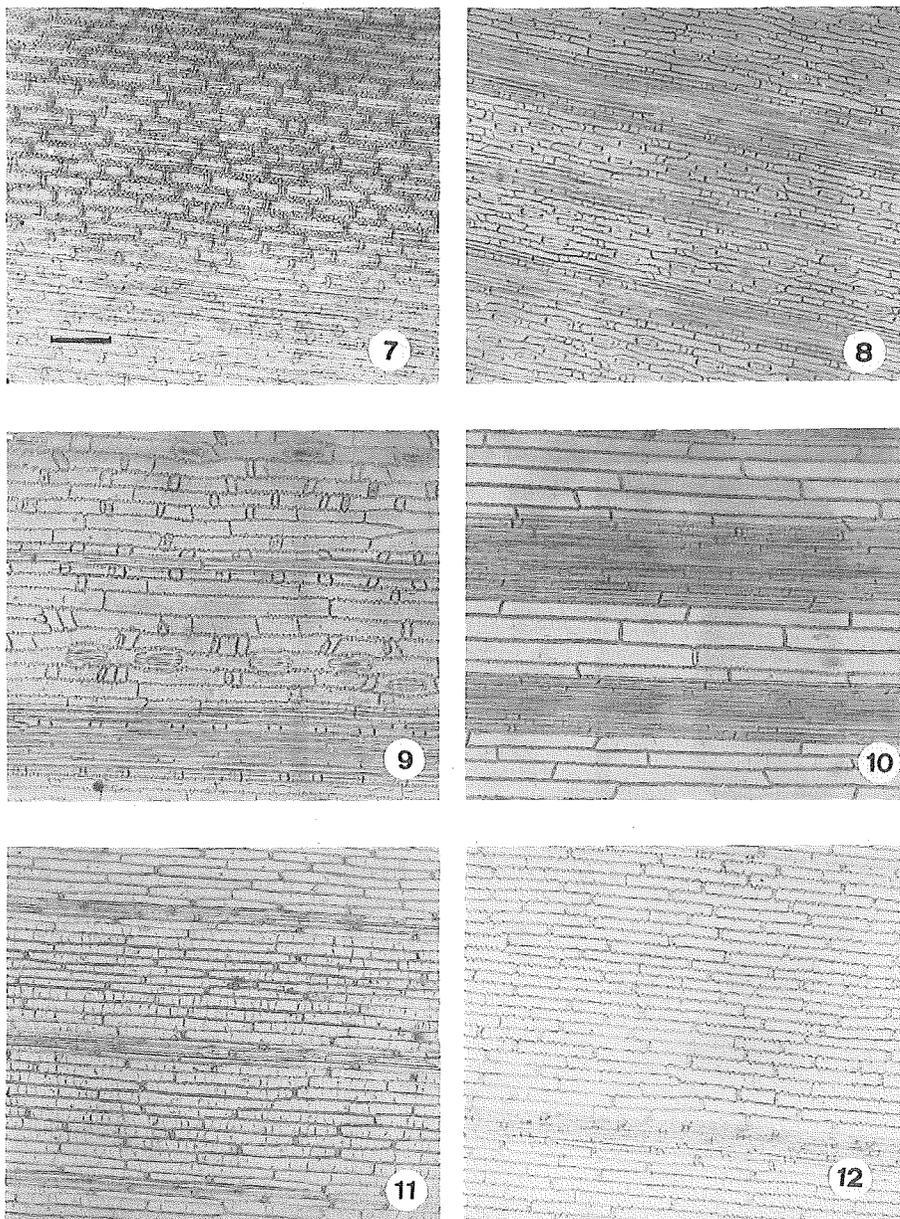


Fig. 7.—*Festuca ovina*. Fig. 8.—*Festuca paniculata* (hoja caulinar, 4762/78). Fig. 9.—*Festuca paniculata* (hoja caulinar, 3909/71). Fig. 10.—*Festuca paniculata* (renuevo). Fig. 11.—*Festuca pyrenaica*. Fig. 12.—*Festuca rubra*. Epidermis cara abaxial. Escala: 100  $\mu$ m.

Presencia de pelos en los nervios de tipo aguijón, de base oval, planos (deprimidos). Más abundantes en las puntas de las hojas y en las hojas del renuevo. En las hojas caulinares sólo en el nervio central y escasos. Pelos del borde parecidos. Células cortas por lo general aisladas y estrechas. Su densidad es bastante variable, tanto en las hojas caulinares como en el renuevo. Así, en un recuento de 41 campos entre las 3 localidades, resultó una densidad media de 22,1 células cortas/0,09 mm<sup>2</sup> (mín. 10-máx. 48). En la mayor parte de los casos todas son solitarias (sólo en dos ocasiones se alcanzó un 30% de pares silíceo-suberosos). En los nervios, células cortas cuadradas. En general, no hay estomas, aunque en las puntas de las hojas puede observarse alguno de tipo oval.

**Festuca gr. rubra** (fig. 12).

Epidermis de las hojas caulinares semejantes a las del renuevo. Células largas rectangulares; a pequeño aumento puede parecer que terminan en doble pared (MARTIN, 1955), en realidad, se trata de células suberosas aisladas y estrechas que separan dos células largas. Su longitud es bastante variable. Las longitudes medias de las 3 localidades difieren significativamente entre sí y fueron 267, 188, 144  $\mu\text{m}$  respectivamente (cuadro 1). El promedio de las 3 localidades en 90 mediciones fue de 200  $\mu\text{m}$  (mín. 74-máx. 434), con límites de confianza al 95% de 183-214  $\mu\text{m}$ . Pared celular rugosa, bien definida; por lo general, de crestas nítidas, pero poco profundas. Se estimó un promedio de 13 crestas/100  $\mu\text{m}$  de longitud, en 12 conteos. Puede haber pelos de tipo aguijón (base elíptica) en los nervios, más o menos abundantes según los distintos táxones subordinados. En las muestras de las 3 localidades son, en general, escasos. Células cortas estrechas, por lo general solitarias. Pueden formar pares, pero ambas células son entonces comprimidas y desiguales. En general, faltan los estomas, salvo alguno ocasional de tipo rectangular.

**Poa alpina** L. (fig. 13).

Epidermis de las hojas caulinares semejante a la del renuevo. Células largas rectangulares, abundan las de longitud muy corta, casi cuadradas o trapezoidales. Pared fina y ligeramente rugosa muy característica. No hay pelos en los nervios, ni en los internervios. Pelos del borde de la hoja tipo aguijón, antrorsos, es decir, orientados hacia la punta de la hoja (sólo muy ocasionalmente se observa algún pelo retrorso). No hay células silíceas ni suberosas en los internervios. En los nervios abundan las células silíceas, más o menos rectangulares y de margen sinuoso (células silíceas polilobuladas). Estomas abundantes, de diferentes tamaños según cada localidad, de tipo rectangular o más raramente inflados.

**Poa minor** Gaudin (figs. 14 y 15).

Epidermis de las hojas caulinares semejantes a la del renuevo. Células largas rectangulares o trapezoidales (tabiques de separación inclinados). Abundan las células largas de pequeña longitud (cuadradas o irregulares).

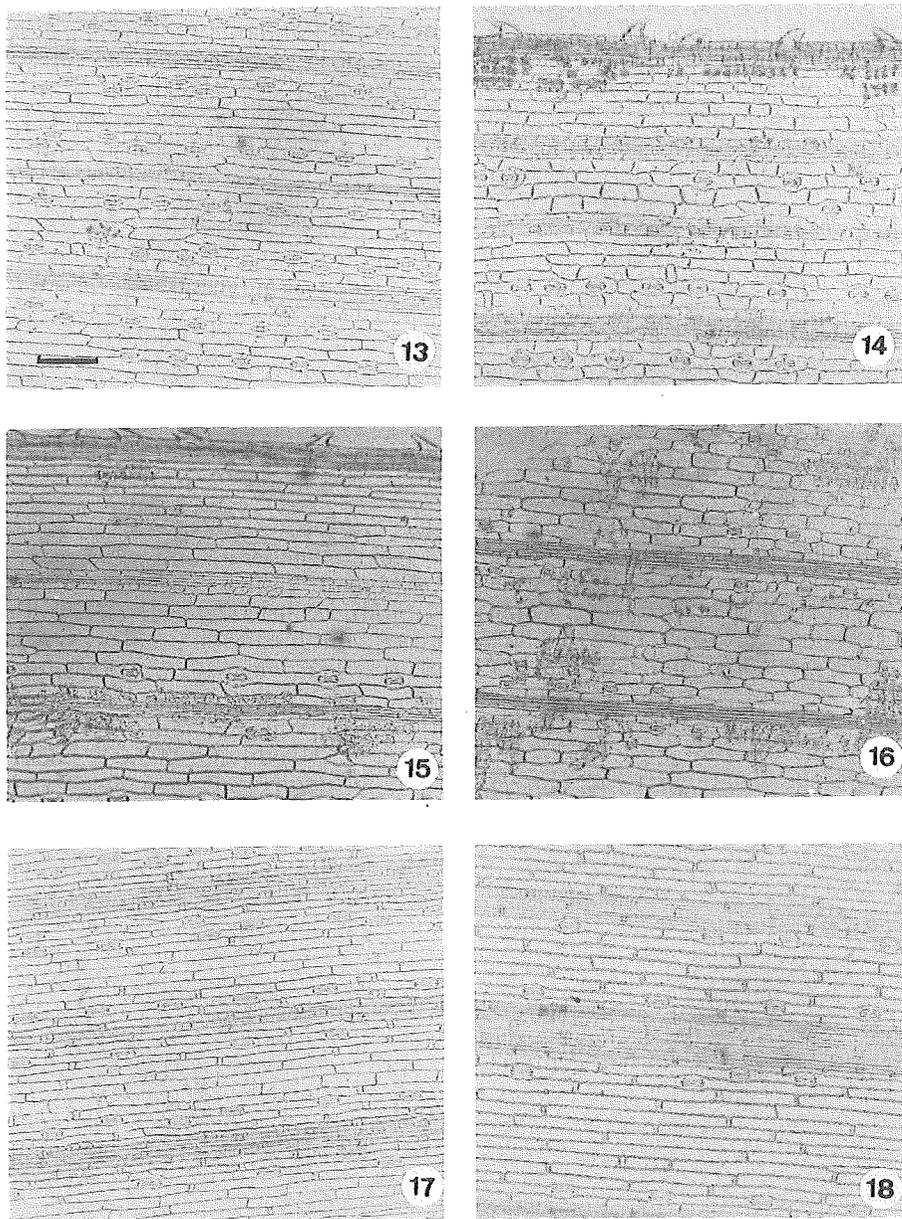


Fig. 13.—*Poa alpina*. Fig. 14.—*Poa minor* (5457/75). Fig. 15.—*Poa minor* (5342/70). Fig. 16.—*Poa supina*. Fig. 17.—*Poa pratensis* (hoja caulinar). Fig. 18.—*Poa pratensis* (renuevo). Epidermis cara abaxial. Escala: 100  $\mu$ m.

Pared celular fina y lisa, algo más gruesa que en *P. alpina* y *P. supina*. No hay pelos (sólo alguno ocasional en el nervio central de las puntas foliares). Pelos del margen, hacia la parte media de la hoja, de tipo aguijón con base estrecha, muy a menudo orientados en sentidos contrarios (fig. 14), antrorso próximo al retrorso. No hay células silíceas ni suberosas en los internervios. En los nervios suelen abundar las células silíceas polilobuladas. Estomas por lo general de tipo inflado, otras veces ovales y alguna vez triangulares.

***Poa pratensis* L.** (figs. 17 y 18).

La epidermis de las hojas caulinares es claramente distinta a la del renuevo, por lo que conviene describirlas separadamente. Sin embargo, la epidermis de la punta foliar en el renuevo se asemeja mucho a la de las hojas caulinares y corresponde a la siguiente descripción: células largas de tipo rectangular, por lo general bastante largas. Pared celular fina, a veces recta (lisa) y otras algo rugosa (tipo *P. alpina*), sobre todo en las células próximas a los nervios. Es muy frecuente la presencia de pelos en el nervio central, y a veces en otros nervios (sobre todo hacia la punta foliar). Pelos de base oval o elíptica, con una punta muy corta, aplastada (los de la punta foliar son más afilados). Los pelos marginales son también del mismo estilo (aguijón planos). En los internervios, células cortas de tipo cuadrado (suberosas), a menudo bicóncavas. También puede haber células cortas estrechas, y es rara la presencia de células dobles. En los nervios abundan por lo general los pares de células ~~silíceas~~<sup>silíceas</sup>, de forma cuadrada o rectangular (una de las dos suele ser redondeada). Aunque METCALFE (1960) señala células silíceas polilobuladas en los nervios, su presencia es muy rara en las muestras pirenaicas observadas. Estomas de tipo rectangular y alargado.

En la epidermis del renuevo las células largas también son rectangulares, pero de pared más gruesa, poco definida, nodular y alguna vez claramente rugosa (tipo *F. rubra*). Pelos como en la hoja caulinar. Pelos del borde ocasionalmente orientados en sentidos contrarios. En cuanto a las células cortas, predominan las estrechas, pudiendo estar aisladas o en pares sílico-suberosos. En los pares los dos cuerpos son estrechos, comprimidos, no incluidos uno dentro de otro. En los nervios, células cortas igual que en hojas caulinares (pares cuadrado-redondeados). Estomas más bien de tipo oval.

***Poa supina* Schrader** (fig. 16).

Epidermis de la hoja caulinar semejante a la del renuevo. Células en general rectangulares, con abundancia de células cortas (células largas de poca longitud). A veces con las esquinas algo redondeadas. Las células próximas al margen suelen ser más estrechas y alargadas. Pared celular siempre lisa y muy fina. A veces de aspecto doble, desdibujado. Es muy rara la presencia de pelos (sólo alguna vez en el nervio central). Pelos del borde de la hoja tipo aguijón, algunas veces aplastados, pero siempre de base ancha. En las puntas foliares son más abundantes. No hay células silíceas, ni suberosas en los internervios. En los nervios es muy rara la presencia de células silíceas rectangulares. Los estomas generalmente son de tipo oval, pero en ocasiones son también de tipo inflado.

## CLAVE DE LAS ESPECIES TRATADAS

Clave para la determinación de las especies de *Festuca*, *Poa* y *Bellardiochloa*, más abundantes en el nivel supraforestal del Pirineo Occidental, por medio de los caracteres microscópicos en la epidermis de sus hojas caulinares (cara abaxial).

1. Pared celular fina, delgada, definida. Epidermis siempre con estomas. Ausencia de células cortas en los internervios (excepto en *Poa pratensis*) . . . . . 2. género **Poa**
1. Pared celular gruesa, fuertemente ondulada, más o menos definida. Epidermis sin estomas (excepto en *Festuca paniculata* y ocasionalmente *Bellardiochloa violacea*). Presencia constante de células cortas . . . . . 5. géneros **Festuca & Bellardiochloa**
2. Epidermis con células silíceas y suberosas. Presencia de pelos en los nervios . . . . . **Poa pratensis**
2. Epidermis sin células silíceas ni suberosas en internervios. Sin pelos en los nervios . . . . . 3
3. Pared celular ligeramente rugosa, aunque fina . . . . . **P. alpina**
3. Pared celular lisa . . . . . 4
4. Pared fina (a veces con aspecto desdibujado, doble). Pelos del borde tipo aguijón (algunas veces deprimidos), pero siempre de base ancha; orientados siempre en el mismo sentido. Es rara la presencia de células silíceas polilobuladas en los nervios. Estomas de tipo oval o hinchado. . . . . **P. supina**
4. Pared lisa, pero más gruesa que la anterior. Pelos del borde de base estrecha, orientados en sentidos contrarios. Es frecuente la presencia de polilobuladas en los nervios. Estomas de tipo hinchado. . . . . **P. minor**
5. Epidermis con pelos silíceos («prickles»). Esclerénquima ocupando toda la superficie del envés (aspecto opaco) . . . . . 6
5. Epidermis sin pelos silíceos (ocasionales y siempre sobre los nervios en *Festuca* gr. *rubra* y *F. hyemalis*). Esclerénquima discontinuo en nervios (excepto a veces *F. gr. ovina* y *F. gautieri*). . . . . 7
6. Gran densidad de pelos por toda la superficie. Ocasionalmente hay estomas . . . . . **Bellardiochloa violacea**
6. Pelos silíceos escasos y concentrados en la parte central. Sin estomas . . . . . **Festuca eskia**
7. Epidermis con estomas. Es característica la presencia de series de 3 células cortas consecutivas y por lo menos una cuadrada o rectangular . . . . . **F. paniculata**
7. Epidermis sin estomas. Ausencia del carácter anterior. . . . . 8
8. Pared celular ondulada, bien definida, crestas claramente visibles. Células largas siempre rectangulares . . . . . 9
8. Pared celular rugosa, poco definida, crestas no aparentes (aspecto nodular a gran aumento). Células largas fusiformes en mayor o menor grado . . . . . 10
9. Pared celular fuertemente rugosa, crestas profundas (aspecto de línea quebrada). Células cortas dobles (una esférica incluida dentro de otra que la abraza). A menudo el esclerénquima ocupa toda la superficie (aspecto opaco) . . . . . **F. gr. ovina**
9. Pared celular rugosa, pero de crestas menos acusadas que en la anterior (aspecto sinuoso). Células cortas por lo general solitarias (cuando hay pares las dos son estrechas). Esclerénquima discontinuo (aspecto en bandas) . . . . . **F. rubra**

10. Células largas de tamaño pequeño (120  $\mu\text{m}$  aprox.). Gran cantidad de células cortas por unidad de superficie (450/mm<sup>2</sup> en promedio) . . . . . **F. glacialis**
10. Células largas de tamaño medio o grande (200-230  $\mu\text{m}$  en promedio). Células cortas por unidad de superficie aproximadamente la mitad que en la especie anterior . . . . . 11
11. Células cortas casi siempre aisladas. Células largas por lo general rectangulares. Presencia de pelos en el nervio central (muy frecuentes en los nervios del renuevo) . . . . . **F. pyrenaica**
11. Células cortas, casi siempre dobles. Células largas fusiformes. Ausencia de pelos por lo general . . . . . **F. gautieri**

#### DISCUSIÓN

Los resultados expuestos corroboran, por un lado, la validez de los caracteres anatómicos de las epidermis foliares en la determinación taxonómica de grupos de especies concretos, relacionadas entre sí más bien por características de tipo ecológico y geográfico. Por otro lado, muestran el interés de dichos caracteres epidérmicos en la resolución de problemas específicos dentro de la sistemática vegetal.

Por lo que se refiere al primer aspecto, cabe decir que cada una de las especies descritas presenta una constancia en los caracteres epidérmicos suficiente como para permitir su identificación. En este sentido, y de acuerdo con HERCUS (1960), STORR (1961), COLIN (1974), se reafirma el interés de esta técnica en estudios trófico-ecológicos, o en la simple determinación florística de determinadas comunidades.

Por lo que respecta al segundo punto, es decir la resolución de problemas sistemáticos, su utilización es manifiesta en los trabajos de PAUNERO (1959), BINNS & BLUNDEN (1980), etc. Sin embargo, algunos autores como AUQUIER (1974) señalan que, cuando se trata de táxones poco definidos o de grupos colectivos de especies tales como *Festuca rubra* s.l. o *F. ovina* s.l., los caracteres epidérmicos resultan de poca utilidad, y deben reservarse para la separación de especies homogéneas y bien definidas. A este respecto debe decirse que las descripciones hechas en el presente trabajo corresponden al estudio de las muestras que se indican en el cuadro 1, y que a pesar de que existen especies que muestran clara variabilidad intraespecífica en cuanto a determinados caracteres, existen siempre algunos de ellos comunes que permiten identificarlas. Así, por ejemplo, *F. rubra* puede presentar bastante variabilidad por lo que se refiere a la presencia de pelos, o en la proporción de células cortas dobles. Sin embargo, en las muestras de todas las poblaciones observadas el diseño de su pared celular es siempre el mismo y muy característico, permitiendo discriminar su grupo complejo del propio de otras especies del género *Festuca*. Por lo que se refiere a *F. ovina*, conviene aclarar que los ejemplares analizados corresponden más bien al tipo *indigesta*, y en todos ellos la constancia de los caracteres epidérmicos es casi absoluta (excepto en la presencia de «prickles»). Véase, por ejemplo, la poca variabilidad de la longitud de sus células largas. En realidad, *F. ovina* ha sido una de las especies que ha mostrado mayor homogeneidad en este estudio, y su variabilidad no puede compararse, por

ejemplo, con la de *F. paniculata*, que aparentemente es una especie «mejor definida».

Por otro lado, resulta evidente que los ejemplares muestreados no pretenden asumir la representatividad de unos táxones tan heterogéneos como son las especies descritas, pero el estudio específico de su variabilidad en un marco geográfico más amplio debe resultar fructífero y muy sugerente para cualquier botánico interesado en el tema.

#### AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento al doctor P. Montserrat y otros investigadores botánicos del Centro Pirenaico de Biología Experimental tanto por su asesoramiento como por la facilitación del material de herbario. Asimismo, agradezco a don José Azorín su valiosa ayuda en la confección de las fotografías.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUQUIER, P. (1974). *Biosystématique, taxonomie et nomenclature du groupe de Festuca ovina L. s.l. (Poaceae) en Belgique et dans quelques régions voisines*. 441 pp. Thèse Dep. Bot. Université de Liège.
- BINNS, W. W. & G. BLUNDEN (1980). Comparative leaf anatomy of *Salix* species and hybrids. *J. Linn. Soc. Bot.* 81:205-214.
- BOURREIL, P. (1969). Efficience d'une méthodologie nouvelle applicable à l'étude des épidermes du limbe des Graminées. Application à la systématique des espèces. *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris* n.º 18:2248-2251. (Mai-1969.)
- COLIN, M. P. (1974). *De l'épiderme de quelques espèces de graminées communes et de leur diagnose (Application à l'étude du régime des herbivores domestiques et sauvages)*. Thèse pour le doctorat vétérinaire, n.º 90. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. 31 pp+38 illustrations.
- CROKER, B. H. (1959). A method of estimating the botanical composition of the diet of sheep. *New Zealand J. Agric. Res.* 2:72-85.
- C. S. I. C. (1981). *Programas de Investigación*, p. 47, n.º 62049. Madrid.
- DAVIES, I. (1959). The use of epidermal characteristics for the identification of grasses in the leafy stage. *J. Brit. Grassland Soc.* 14:7-16.
- DUSI, J. L. (1949). Method for determination of food habits by plant microtechniques and histology and their application to cottontail rabbit food habits. *J. Wildl. Manage* 13(2):295-298.
- HERCUS, B. H. (1960). *Plant cuticle as an aid to determine the diet of grazing animals*. Proc. 8 th Int. Grassland Congr. IB: 443-447.
- HERNÁNDEZ, A. M. (1978). *Estudio monográfico de los géneros Poa y Bellardiachloa en la Península Ibérica e Islas Baleares*. 328 pp. Dissertationes Botanicae, 46. Edit. J. Cramer. Vaduz.
- MARTIN, D. J. (1955). Features of plant cuticles. An aid to the analysis of the natural diet of grazing animals. *Trans. Bot. Soc. Edinburgh* 36:278-288.
- METCALFE, C. R. (1960). *Anatomy of the Monocotyledons. I. Gramineae*. 731 pp. Oxford Univ. Press.
- MONTSERRAT, P. (1971). *La Jacetania y su vida vegetal*. Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Zaragoza, Aragón y Rioja. 109 pp.+1 mapa de vegetación 1:200.000. Zaragoza.
- MONTSERRAT, P. & L. VILLAR (1975). Les communautés a *Festuca scoparia* dans la moitié occidentale des Pyrénées. (Notes préliminaires.) *Doc. Phytosociol.* 9-14:207-222.
- NEGRE, R., Cl. DENDALETICHE & L. VILLAR (1975). Les groupements à *Festuca paniculata* en Pyrénées Centrales et Occidentales. *Bol. Soc. Brot.* 49:59-88.
- PAUNERO, E. (1959). Aportación al conocimiento de las especies españolas del género *Puccinellia* Parl. *Anales Inst. Bot. Cavanilles* 17 (2):31-55.
- PAUNERO, E. (1964). Notas sobre Gramineas. II. Consideraciones acerca de las especies españolas del género *Vulpia* Gmel. *Anales Inst. Bot. Cavanilles* 22:81-114+37 lám.

- PRAT, H. (1932). L'Epiderme des Graminées. Etude anatomique et systématique. *Ann. Sci. Nat. Bot.* Ser. 10, 14:117-324.
- STEWART, D. R. M. (1967). Analysis of plant epidermis in faeces: a technique of studying the food preference of grazing herbivores. *J. Appl. Ecol.* 4:83-111.
- STORR, G. M. (1961). Microscopic analysis of faeces, a technique for ascertaining the diet of herbivorous mammals. *Austral. J. Biol. Sci.* 14(1):157-164.
- VILLAR, L. (1980). Catálogo florístico del Pirineo Occidental español. *Publ. Centro Pir. Biol. Exp.* 11:7-422.

*Aceptado para publicación: 7-VI-82*