

Anatomía comparada de algunas gramíneas argentinas

Datos histológicos y etológicos de la hoja

Por el Ing. Agr. EMILIO J. RINGUELET

INTRODUCCIÓN

Nada se ha hecho sobre la estructura interna del *Phalaris* ⁽¹⁾ cultivado en el país como especie perenne para forraje de invierno y que podría muy bien ser comparada con la de otras gramíneas comunes, ni se ha realizado un estudio histológico que definitivamente estableciera si aquél pertenece al tipo de « pastos duros » o al de « pastos tiernos », dado que este punto motivó observaciones contrarias. El ingeniero Lorenzo R. Parodi nos sugirió este tema de trabajo, aconsejándonos y asegurándonos en la determinación

(1) Con el propósito de evitar dudas o confusiones ulteriores sobre la *Phalaris* que estudiamos, hemos de puntualizar que se trata de la forrajera dada a conocer en el país por el Ing. Alejandro Botto (*La Sweet-Tussac. Mata o gramilla dulce. «Phalaris bulbosa»* Cav. La Plata, 1916 — Id., segundo informe, La Plata, 1917) con el nombre de *Phalaris bulbosa* Cavanilles, diciendo en los antecedentes de su trabajo: ... « la hermosa descripción botánica, que como nuevo obsequio recibiera del Dr. Carlos Spegazzini, me autorizan a presentar al *Phalaris bulbosa* Cav., como una nueva e importante forrajera ».

Por otra parte, nuestro agrostólogo, el Ing. Lorenzo R. Parodi, la clasifica como *Phalaris stenoptera* Hackel en su clave para la determinación de los géneros de gramíneas y en 1923 (*Las plantas forrajeras indígenas y cultivadas en la República Argentina. Contribución botánica*, Bs. Aires, 1923), cita *Ph. stenoptera* Hack., diciendo que es la planta que se cultiva en el país con el nombre de *Ph. bulbosa* Cavanilles y que *Ph. bulbosa* Cav. (Syn. *Ph. cummutata* R. et Sch.) debe llamarse según Kunth, Enum. Plant. (1833), p. 32, *Ph. coerulescens* Desf., planta también perenne pero con la base de los tallos engrosados. Agrega que esta gramínea ha sido confundida por varios autores con *Ph. bulbosa* L., con *Ph. bulbosa* Cav. y con *Ph. cummutata* R. et Sch. y que recién en el año 1908, cuando ya era considerada como forrajera de mérito, fué remitida al agrostólogo austriaco E. Hackel, quien al notar diferencias con las especies conocidas la describió como nueva (Edouard Hackel, *Graminae novae in Fedde, Repertorium novarum spec. Regni veget.* — 5 (1908) p. 333).

de las especies citadas, por lo cual nos place expresarle aquí nuestro agradecimiento. También agradecemos al ingeniero Alejandro Botto la amable acogida que nos ha dispensado siempre.

Hemos seguido el sistema de la oposición y comparación, y para partir de una base cierta y concreta al elegir los términos de la misma, hemos estudiado dos especies de las llamadas « tiernas » y dos especies « duras », entre las que suelen citarse como tales; sólo después de comparar su anatomía entre sí y con la de *Phalaris*, establecimos las conclusiones apuntadas al final de este trabajo. Las cuatro gramíneas estudiadas son: *Arca sterilis* L. subsp. *byzantina* (Koeh) Thellung, recogida en la chaera de la Facultad de Agronomía de La Plata; *Lolium multiflorum* Lam. (rye-grass), *Melica macra* Nees. (paja brava), ambas recogidas en el jardín sistemático de la Facultad y *Stipa papposa* Nees., de los muros sin revocar de sus dependencias. Las muestras de *Phalaris* fueron tomadas también del jardín sistemático.

Hay que advertir por tanto, que las dos especies « xerófilas » observadas, no pertenecen a la flora espontánea de ninguna región seca del país, sino que fueron cultivadas aquí con fines didácticos, lo que indudablemente influye en el sentido de reducir sus caracteres « xerofíticos ». Por otra parte, nos concretamos a la anatomía de la hoja, por ser la parte esencial para el estudio de los caracteres de adaptación y para la alimentación de los ganados. Como regla general, hicimos los cortes en la parte media de la mitad inferior de la segunda hoja, a partir de la inflorescencia.

Cada hoja está ilustrada en sección transversal de una mitad de la lámina y con igual aumento, con lo cual se puede comparar el desarrollo y repartición del tejido clorofílico, que se ha puntuado en todos los casos; una parte de la misma está representada con un aumento mayor, lo que permite precisar los elementos de sus tejidos. Además, agregamos una descripción y un dibujo del margen de las hojas en cada especie, observado con binocular, pues el borde desempeña un papel bastante importante en las forrajeras, pudiendo llegar a hacerlas impropias para la alimentación de los animales. Todos los dibujos, hechos con un plan único, facilitan la comparación gráfica que debe acompañar a la descripción específica.

* * *

El *Phalaris* que estudiamos fué dado a conocer en el país por el ingeniero Alejandro Botto, que la recibió, según explica en la in-

roducción de sus dos trabajos (2), de manos del doctor Carlos Spagazzini, como una planta que resolvería un gran problema si se podía destinar a la formación de praderas permanentes.

Los resultados de sus experiencias, consignados en esos informes, la presentan como una forrajera de invierno de gran mérito para las regiones ganaderas del país, por sus excepcionales cualidades: planta perenne, de fácil cultivo, resistente a las heladas, capaz de proporcionar en invierno forraje bueno y abundante, comparable al de la avena, cebada y alfalfa. Dedicó un capítulo a la composición química del forraje verde; sus análisis demuestran una superioridad sobre otras gramíneas en lo que se refiere a materias proteicas y grasas. El valor almidón calculado, dice el autor, permite asegurar que el *Phalaris*, como forrajera verde, tiene un valor nutritivo igual o muy semejante al de la cebada y avena en espigazón y al de la alfalfa verde en floración. Respecto al área propia para su cultivo, adelanta la opinión de que las regiones en que debe tener mayores probabilidades de éxito, son el centro y sud del país, es decir, las zonas templadas y templada-fría, dejando las regiones calurosas, donde languidece y penetrando más bien en las zonas frías, pues no sufre por la acción de las heladas.

Ya antes, en 1913, la *Gaceta agrícola de Nueva Gales del Sur* (3), publicaba una nota con las observaciones que hace Mr. E. Breackwell sobre diferentes gramíneas. Dice el citado autor que de las cuatro especies importantes de *Phalaris* que crecen en N. S. W., *Ph. bulbosa* (llamada *Ph. cummutata* por varios autores), *Ph. coarulescens*, *Ph. minor* y *Ph. canariensis*, las dos últimas son silvestres y anuales y aunque proporcionan buena cantidad de alimento de invierno no pueden compararse como forrajeras con las dos primeras; ambas rinden gran cantidad de forraje, pero como *Ph. coarulescens* es anual, *Ph. bulbosa*, siendo perenne, es indudablemente la mejor de las dos. Agrega que tiene un éxito notable en varias estaciones experimentales dando resultados sorprendentes como pasto de invierno.

Dos años después, publica el mismo botánico (4) el resultado de experiencias ulteriores, elogiando esta gramínea como especie per-

(2) BOTTO ALEJANDRO, La Sweet-Tussac (Mata o gramilla dulce) « *Phalaris bulbosa* » Cav. La Plata, 1916.

— La Sweet-Tussac (Mata de gramilla dulce) « *Phalaris bulbosa* » Cav. Nueva planta forrajera. Segundo informe. La Plata, 1917.

(3) *The Agricultural Gazette of New South Wales*, t. XXIV, p. 177, febrero 3/913.

(4) BREAKWELL E., *Further experiences with Phalaris bulbosa*. Agric. Gazette of N. S. W., t. XXVI, part. 6, p. 487-488, junio 2/915.

manente para pastoreo de invierno en las costas, llanuras, terrenos montuosos y de regadío de Nueva Gales del Sud.

Por otra parte, P. B. Kennedy ⁽⁵⁾ publica en 1917 un trabajo sobre esta gramínea, cuyas cualidades ensalza; expresa el autor que cree haber encontrado el pasto perenne que por sus condiciones de resistencia a las bajas temperaturas del invierno, conviene a los grandes valles centrales de California. Respecto a su identificación, después de explicar el origen de las semillas que experimentó, asegura que la especie perenne recibida de Sud Africa no es ni *Ph. bulbosa* ni *Ph. cummutata*, y que estaba por describirla como nueva, cuando halló «Graminae novae» de E. Hackel, que contenía la descripción de esas especies y entre ellas la de *Ph. stenoptera* que transcribe para facilitar su determinación.

El ingeniero E. F. Schultz ⁽⁶⁾, en 1920, publica un informe de sus experiencias en Tucumán, llegando a la conclusión de que es inferior a la alfalfa y a la grama Rhodes y opinando que su radio de utilidad lo constituyen las zonas más templadas.

Al año siguiente el ingeniero J. Puig Nattino ⁽⁷⁾, publica el resultado de sus experiencias en el Uruguay, elogiándola como forrajera de gran valor cultural, crecimiento rápido, apetecida y muy resistente al frío y a la sequía.

Fue catalogada también por L. R. Parodi en 1923 ⁽⁸⁾, en la primera contribución de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires al estudio de las plantas forrajeras de la República Argentina. En ella corrige su nomenclatura y da su descripción botánica, con una clave para determinar las cinco especies de *Phalaris* indígenas y cultivadas en el país. A continuación el ingeniero Isaac P. Grünberg da cuenta sintética de las experiencias de su cultivo en aquella Facultad, y los doctores Federico Reichert y Rogelio A. Trelles hacen su estudio químico, dando su composición y relaciones químicas y una tabla para su interpretación.

(5) KENNEDY P. B., New Grasses for California. I. *Phalaris stenoptera* Hack. Berkeley, 1917.

(6) SCHULTZ E. F., La *Phalaris bulbosa* en la Provincia de Tucumán. Rev. Industrial y Agric. de Tucumán, t. XI, Nos. 5 y 6, p. 63-74. Bs. Aires, 1920.

(7) PUIG y NATTINO JUAN, El cultivo del *Phalaris bulbosa* en el Uruguay. Montevideo, 1921.

(8) PARODI LORENZO R., contribución botánica en «Las plantas forrajeras indígenas y cultivadas en la Rep. Argentina», Bs. Aires, 1923.

En 1925, fué de nuevo catalogada por L. R. Parodi (9), como forrajera de otoño e invierno. Ha sido citada en algunos trabajos más de relativa importancia.

Respecto a sus cualidades como forrajera, las descripciones que hemos leído son unánimes en considerarla como muy apetecida y excelente para la alimentación de muchos y diversos animales. Sólo encontramos un párrafo de J. Puig y Nattino (10), que indica como difícil la cosecha con guadañadora, « dada la resistencia que ofrecen al corte las matas de *Phalaris*, que son de follaje recio... ». Desde un principio supusimos que la dificultad para el corte debía residir en la forma de crecimiento de la planta, que se desarrolla en grandes matas muy densas y no en la dureza del follaje. Así lo corroboraba el ingeniero Botto (11) refiriéndose a su cosecha, « que sólo podrá hacerse a mano, empleando la hoz, pues su sistema de crecimiento en matas hace casi imposible el empleo de la guadañadora y con mayor razón el de las máquinas guadañadoras »; aconseja que sea comida por los animales en el mismo sitio. El presente trabajo debe aclarar este punto.

Deseamos agregar dos observaciones, aunque ajenas, referentes al *Phalaris* en particular, la una, y a las gramíneas en general, la otra, por la significación biológica que encierran.

Mr. P. Bugnon (12), basándose en el hecho por él estudiado, de que la hoja de las gramíneas, aparte del punto vegetativo terminal y del crecimiento intercalar disperso, está provista de zonas meristemáticas intercalares basales, con el único efecto de su mayor o menor alargamiento; que progresivamente se exagera la actividad de estos meristemas, mientras disminuye la actividad meristemática apical; y finalmente, que las más distales de esas zonas dejan luego de funcionar, resultando así que las hojas se reducen a vainas abiertas, alargadas, llega a considerar ese fenómeno como una defensa eficaz contra los agentes de destrucción, porque frente a ellos, el crecimiento y las funciones de una hoja joven de gramínea, continúan sin disminuir sensiblemente, aún cuando falte su porción terminal, cosa que no ocurre con las hojas de dicotiledóneas, pues una operación semejante detiene su desarrollo hasta una nueva pro-

(9) PARODI LORENZO R., Gramíneas bonaerenses. Clave para la determinación de los géneros. Bs. Aires, 1925.

(10) PUIG y NATTINO JUAN, Ob. cit. p. 7.

(11) BOTTO ALFJANDRO, Ob. cit. p. 21.

(12) BUGNON P., La feuille chez les Graminés. Caen, 1921, p. 102.

ducción de hojas. Créese el autor que ésta es una de las causas de su predominio en las praderas segadas o donde pacen ganados y tal vez de la importancia de conjunto de la familia en la vegetación terrestre actual.

El ingeniero Botto (13) observa que el crecimiento en matas constituye una especie de defensa natural contra el pisoteo de las haciendas, pues éstas, sintiéndose poco estables e incómodas sobre ellas, buscarán los espacios libres entre las plantas para asegurar su estabilidad. Agrega que posiblemente, dicho pisoteo es la causa de la desaparición de especies útiles en las praderas naturales y de la destrucción de praderas artificiales.

HOJA DE AVENA STERILIS L. SUBSP. BYZANTINA (KOCH) THELLUNG (Figs. 1 y 2)

La sección transversal es suavemente ondulada en sus dos caras, con ligeras salientes y surcos intermediarios muy poco pronunciados. A cada saliente corresponde un fascículo líbero-leñoso, obser-

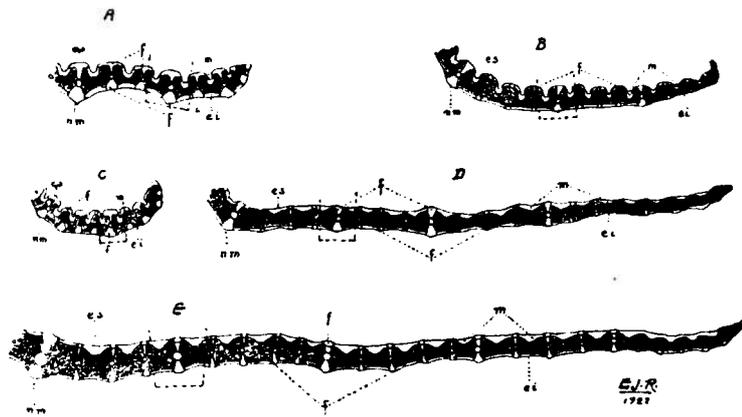


Fig. 1. — Sección transversal de la hoja: A. *Melica macra* Nees.; B. *Lolium multiflorum* Lam.; C. *Stipa papposa* Nees.; D. *Avena sterilis* L. subsp. *byzantina* Thellung; E. *Phalaris* (Sweet-Tussac, mata de gramilla dulce). El parénquima clorofílico, punteado; n. m., nervadura mediana; e. s., epidermis superior; e. i., id. inferior; m., células acuíero-motoras (contráctiles o *bulliformes*); f., fibras esclerenquimáticas. X 12.

vándose algunos principales, más grandes; en los espacios que dejan entre sí, se alojan tres fascículos intermedios más pequeños. El espesor de la sección es en término medio de 222 μ frente a los

(13) BOTTO ALEJANDRO, Ob. cit. (segundo informe con nuevas observaciones) p. 32.

haces y de $160\ \mu$ en los surcos; su espesor medio es pues de $191\ \mu$.

El parénquima clorofílico ocupa la mayor parte de la sección, con el aspecto de una cinta ondulada, pero de curvas más pronunciadas en la cara superior, porque el arco de células acuífero-motoras (llamadas también *bulliformes* o contráctiles), que por pérdida de agua se contraen y producen el acartuchamiento de la hoja, penetran en el mesófilo frente a cada surco.

La epidermis superior (o interior), bastante regular, está constituida por células más o menos isodiamétricas, de paredes delgadas y celulósicas, midiendo en término medio $22\ \mu$ de diámetro; aparecen a veces disminuidas y deformadas, frente a los abultamientos fasciculares. En cada surco constituyen un arco de células acuífe-

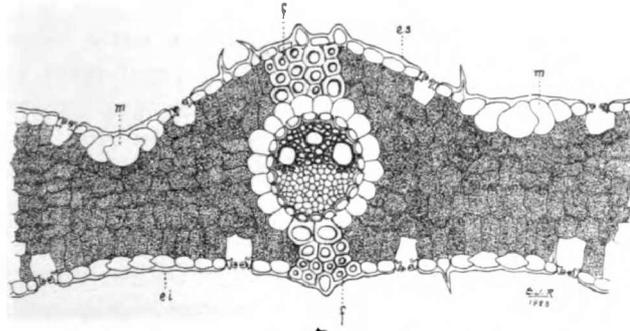


Fig. 2. — *Avena stérilis* L. subsp. *byzantina* Thellung. Detalle de la porción limitada por la línea de puntos en el esquema D de la figura anterior; *e. s.*, epidermis superior; *e. i.*, id. inferior. ámbas con estomas, pelos y granos de sílice; *m.*, células acuífero-motoras; *f.*, fibras, a ámbos lados del fascículo libero-leñoso; el parénquima clorofílico, punteado. $\times 115$.

ro-motoras, más bien irregulares y globosas, de paredes finas y celulósicas, engranándose a veces con dientes gruesos y acompañadas de estomas a ambos lados; miden las mayores $44\ \mu$ por $33\ \mu$. La cutícula es delgada. Generalmente las salientes terminan en uno o varios granos de sílice, ovoides, de largo semejante al de las células epidérmicas e incrustados normalmente a la sección. Se observan pelos cutinosos, unicelulares, cortos y de base gruesa.

La epidermis inferior (o exterior), es también bastante regular, con células isodiamétricas o ligeramente alargadas, de membrana fina celulósica. A veces se observan dientes sobre sus anticlinas, para engranarse mutuamente aumentando su resistencia. Su tamaño es casi igual al de las células de la epidermis opuesta ($23\ \mu$). La cu-

ficula es delgada y contiene estomas. Los abultamientos fasciulares, así como el margen, terminan generalmente en granos de sílice como los de la faz opuesta. Se observan escasos pelos, iguales a los de la cara superior.

Los estomas, localizados y superficiales, son abundantes en ambas caras, situados a ambos lados del surco en una faz y simétricamente en la opuesta. Las células anexas tienen las paredes delgadas y celulósicas y presentan dos lóbulos hacia el interior de la cámara sub-estomática.

El mesófilo está ocupado casi por completo por el parénquima clorofílico, no muy denso, de células más o menos irregulares, formando una empalizada debajo de la epidermis inferior, y a veces, rodeando los fascículos con células radiales alargadas. Los fascículos ocupan las salientes y están constituidos por leña al interior y liber al exterior, rodeados por un endodermo cuyas células tienen las paredes laterales e interiores gruesas y lignificadas (en forma de herradura), y por una vaina exterior de células regulares, grandes, incoloras y de membrana fina y celulósica.

Por regla general los fascículos principales se unen a las epidermis por paquetes de fibras de gruesas paredes lignificadas (14), siendo más pequeña su cavidad a medida que se aproximan a la epidermis. De los pequeños fascículos intermedios, en número de tres, generalmente el central se une por las mismas células acuíferas, incoloras, que rodean el endodermo y los dos laterales están rodeados por tejido clorofílico, observándose en todas las salientes un pequeño grupo de fibras contra la epidermis. Además, existe siempre un haz de fibras marginales, que ofrece resistencia al desgarramiento y contribuye a disminuir la desecación de esa región, especialmente en las especies que no se acartuchan.

Se caracteriza entonces esta especie, porque en sus hojas predomina el tejido de elaboración sobre los tejidos mecánicos, reducidos a la epidermis, con las células acuíferas y escasos pelos y granos de sílice, a pocos elementos esclerenquimáticos, y al hadroma y leptoma.

(14) Las paredes de estas fibras, así como las de las especies siguientes, dieron las reacciones microquímicas particulares a las membranas lignificadas.

HOJA DE *LOLIUM MULTIFLORUM* LAM. (Figs. 1 y 3)

La cara inferior de la sección se muestra muy regular y apenas ondulada, en tanto que la cara superior presenta salientes y surcos pronunciados, correspondiendo aquellas a los fascículos; se observan algunos principales, y en los espacios que dejan entre sí, se hallan tres intermedios más pequeños. Mide esta sección, a la altura de los fascículos, $198\ \mu$ de espesor y en los surcos $113\ \mu$; por tanto la media del espesor de la lámina es de $155.5\ \mu$.

Apesar de que el arco de células motoras de los surcos penetra profundamente en el mesófilo, predomina en esta especie el tejido clorofílico.

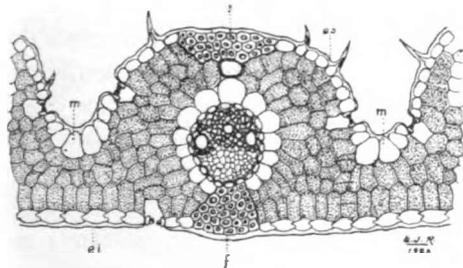


Fig. 3. — *Lolium multiflorum* Lam. Detalle de la porción limitada por la línea de puntos en la figura 1. B; e. s., epidermis superior; e. i., id. inferior, ambas con estomas y pelos; m. células acuífero-motoras o contráctiles; f. fibras; el parénquima clorofílico, punteado. $\times 115$.

La epidermis superior es irregular: sus células normales son celulósicas, irregulares, más o menos isodiamétricas, y miden en término medio $18.75\ \mu$ en su diámetro paralelo a la sección. Frente a los fascículos están disminuídas y deformadas y a menudo reemplazadas por fibras esclerenquimáticas. En los surcos constituyen las células acuífero-motoras, globosas, no muy grandes, algo irregulares, de membrana celulósica fina, de las cuales las más grandes miden en promedio $32.70\ \mu$ de diámetro mayor. Finalmente, muchas células se prolongan en pelos cutinosos, unicelulares, cónicos y regularmente largos ($51\ \mu$). En cambio no hay sílice de inerustación. La cutícula es delgada y penetrada por numerosos estomas.

La epidermis inferior, por el contrario, es regular, lisa, sin pelos ni granos de sílice y con estomas escasos; sus células son semejantes a las de la epidermis superior, aunque algo más grandes ($21.34\ \mu$)

y casi siempre dentadas para engranarse firmemente como en Avena. Delante de los fascículos están reemplazadas por fibras, o por lo menos deformadas y disminuídas en tamaño. La cutícula es delgada.

Los estomas son menos abundantes que en Avena; se les observa siempre simétricamente ubicados a ambos lados de las células motoras, pero escasean en la epidermis inferior. Son incluídos, sobresaliendo a veces de la epidermis las células contiguas; las células anexas son celulósicas y en forma de riñón.

El mesófilo está ocupado especialmente por el parénquima clorofílico, no muy denso, con una fila de células cortas y anchas en empalizada y debajo de la epidermis inferior; con células alargadas, pero también cortas y anchas, dispuestas radialmente alrededor de los haces; otras células, más cortas, debajo de la epidermis superior, en la proximidad del haz, y finalmente, con células más pequeñas, isodiamétricas, en el centro del mesófilo, sobre el arco de células contráctiles. Los fascículos, que ocupan cada una de las salientes, están formados por liber al exterior y leña al interior y rodeados por el endodermo de células con las paredes laterales e interiores espesas y lignificadas, y por la vaina exterior de células acuíferas grandes, incoloras y de membrana celulósica.

Los haces principales se unen a la epidermis por grandes grupos de fibras esclerenquimáticas de paredes gruesas y cuya cavidad disminuye a medida que se acercan a la periferia; a veces estas fibras no llegan a los fascículos, encontrándose en cambio unidos a la epidermis por células grandes e incoloras, prolongación de las células acuíferas que rodean el endodermo. Los haces intermedios están rodeados de tejido clorofílico y frente a ellos se observan pequeños paquetes epidérmicos de fibras. Existen grupos marginales de fibras esclerenquimáticas.

Las hojas de *Lolium* se caracterizan, pues, por primar en ellas el tejido verde de elaboración sobre los tejidos mecánicos, que se reducen a la epidermis con sus células motoras, recubierta de abundantes pelos pero desprovista de sílice, al hadroma y leptoma y a escasos elementos esclerenquimáticos.

HOJA DE MELICA MACRA NEES. (Figs. 1 y 4)

Llama la atención la sección transversal de esta hoja por el gran espesor de la lámina, relativamente a su ancho, por la cantidad de tejido lignificado y el gran número de pelos de su faz superior. La faz inferior es muy regular, en tanto que la opuesta tiene salientes y surcos pronunciados. El espesor de la sección sobre los fascículos, es en promedio de $253\ \mu$ y en los surcos, de $176\ \mu$; luego, el espesor medio es de $214.5\ \mu$.

El parénquima clorofílico resulta disminuído por la amplitud de los otros tejidos, y el avance, en sentido opuesto, del arco de células acuífero-motoras y del arco de células de la epidermis inferior.

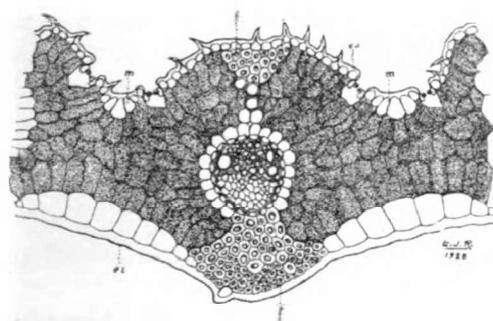


Fig. 4. — *Melica macra* Nees. Detalle de la porción limitada por la línea de puntos en la figura 1. A; e. s., epidermis superior; e. í., id. inferior, ámbas con estomas, pelos ó granos de sílice; m. células acuífero-motoras (*bulliformes*); f, fibras; el parénquima clorofílico, punteado. $\times 115$.

La epidermis superior es delgada, irregular y erizada de pelos. Sus células son más o menos isodiamétricas y pequeñas, de $13\ \mu$ de diámetro, irregulares en su forma y colocación y de paredes gruesas cutinizadas. Una gran parte está transformada en pelos cutinosos, unicelulares, cortos y gruesos, más o menos cónicos. En los surcos están transformadas en células acuíferas, más bien pequeñas, regulares y apretadas, midiendo las centrales en promedio, $23\ \mu$ por $11\ \mu$; sus paredes delgadas están ligeramente cutinizadas y la cutícula es gruesa.

La epidermis inferior es lisa, muy regular y gruesa. Sus células son algo rectangulares, normales a la sección, apretadas y muy grandes, disminuyendo su tamaño al aproximarse a los fascículos,

hasta ser aplastadas y reemplazadas por fibras frente a aquéllos; las más grandes miden en promedio 38.5μ por 30μ . Sus paredes son delgadas pero cutinizadas en todo su contorno. La cutícula es espesa. No hay estomas ni pelos; en cambio se observan algunos granos de sílice, ovoides, incrustados generalmente en la cutícula que recubre las nervaduras principales de la hoja.

Sólo se observan estomas en la cara interna (superior), dispuestos regularmente a ambos lados de los surcos e incluídos; sus células, pequeñas, tienen cutinizadas las paredes libres que miran al exterior; las células anexas tienen forma de riñón y paredes delgadas, adosadas por la parte superior de su cara convexa, a la parte lateral más inferior de las epidérmicas contiguas, las cuales generalmente sobresalen de las restantes.

Dentro del mesófilo se halla el parénquima clorofílico, mas bien denso, dispuesto en empalizada debajo de las dos epidermis, siendo sus células más estrechas en la empalizada interna; con células alargadas dispuestas radialmente en torno de los fascículos y una zona central de células con tendencia isodiamétrica. Los fascículos, que ocupan el centro de cada saliente, son muy regulares, con la leña, que acompaña siempre por su cara superior, al paquete de liber correspondiente, rodeados por el endodermo de células con paredes laterales e interiores espesas y lignificadas, y más exteriormente, por la vaina de células acuíferas, incoloras, que son regulares y apretadas.

Se observa un esclerénquima desarrollado, formado por paquetes grandes de fibras leñosas al costado exterior de cada fascículo, que unen a estos con la epidermis; la cavidad reducida de las fibras, se hace más filiforme a medida que se acercan a la periferia. Hacia el interior el grupo de fibras es más pequeño y se prolonga a veces en forma de cinta, paralelamente al borde, hasta la iniciación del surco; se une a todos los hacesillos por células grandes, incoloras, de membranas lignificadas. Hay un haz de fibras marginales que completan la resistencia de la lámina.

De la observación de los cortes, cuya tendencia es la de acartucharse, se concluye que esta gramínea presenta una estructura de tipo xerófilo, pues el parénquima de elaboración se halla reducido por el mayor desarrollo de tejidos mecánicos de protección y sostén: epidermis gruesa y cutinizada y recubierta por gruesa cutícula, con sílice al exterior y abundantes pelos protectores y escasos estomas al interior; y además del tejido de circulación, gran desarrollo de tejido esclerenquimático, especialmente al exterior, lo cual facilita el movimiento para acartucharse.

HOJA DE *STIPA PAPPOSA* NEES. (Figs. 1 y 5)

Al observar la sección transversal, bastante pequeña en esta graminéa, resalta el gran desarrollo de tejidos mecánicos, en oposición al tejido clorofílico muy reducido, y también su forma, con tendencia a hacerse circular, por el acartuchamiento de la lámina. Su cara inferior es regular y lisa, y la superior presenta surcos profundos y salientes grandes y pequeñas alternantes, correspondiendo cada una a un hacecillo libero-leñoso. Mide la sección, sobre los haces, $172\ \mu$ y en los surcos, $70.5\ \mu$, esto es, un espesor medio de $121\ \mu$ aproximadamente.

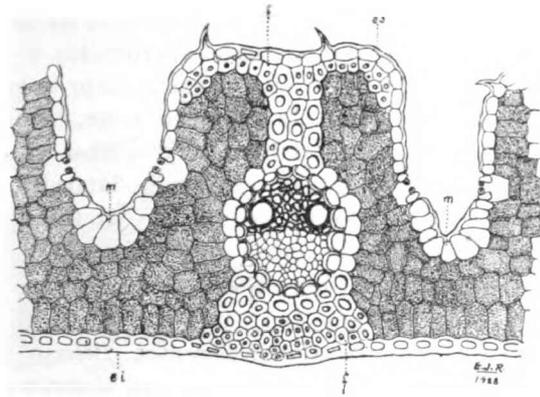


Fig. 5. — *Stipa papposa* Nees. Detalle de la porción limitada por la línea de puntos en la figura 1, C: e. s., epidermis superior; e. i., id. inferior; m. células motoras; f. fibras esclerenquimáticas; p. parénquima clorofílico, punteado. $\times 260$.

El tejido clorofílico está muy reducido, aún más que en *Melica*, por la profundidad del surco y el desarrollo del esclerenquima.

La epidermis interior (superior), es más bien irregular y provista de pelos. Las células son redondeadas, más o menos isodiamétricas, midiendo $10\ \mu$ su diámetro paralelo al borde; sus paredes son delgadas pero cutinizadas y la cutícula que las recubre, contrariamente a lo que ocurre en la faz exterior, es delgada. Frente a los fascículos, las células epidérmicas se achican y algunas se deforman. Se observan pelos cutinosos poco abundantes, en las salientes; son unicelulares, cortos y de base ancha. En el fondo de los surcos se hallan las células acuífero-motoras, más bien pequeñas (de $22.5\ \mu$ de largo), globosas y alargadas, regularmente dispuestas y con paredes delgadas ligeramente cutinizadas. No hay sílice.

La epidermis exterior (inferior), es lisa y regular, casi sin ondulaciones y sus células, regulares pero pequeñas, son alargadas y redondeadas y tienen paredes gruesas cutinizadas. Miden $8.5\ \mu$ de largo. Frente a los fascículos suelen disminuirse y aún deformarse. La cutícula es muy gruesa y sólo por excepción abierta por algún estoma, protegido éste por dos células epidérmicas contiguas de mayor tamaño. No hay pelos ni sílice.

Los estomas, que solo por excepción se hallan en la epidermis exterior, están regularmente distribuídos a los lados de los surcos, son superficiales y sus paredes están cutinizadas; las células anexas, grandes, de membranas ligeramente cutinizadas, son redondeadas y a veces tienen dos lóbulos hacia la cámara sub-estomática.

En el interior del mesófilo se halla el parénquima clorofílico, reducido y bastante denso, de células en su mayoría irregulares y más o menos isodiamétricas, irregularmente distribuídas y con tendencia a formar una empalizada de células cortas bajo la epidermis exterior y a disponerse radialmente en torno a los fascículos. Estos, siempre dispuestos con la leña al interior y el líber al exterior, tienen el endodermo con las células de paredes laterales e interiores gruesas y lignificadas y la vaina exterior de células acuíferas, más bien pequeñas, regulares e incoloras.

Estos fascículos se unen siempre a la epidermis inferior por gruesos paquetes de fibras leñosas, con cavidad muy reducida, la cual aumenta a medida que se aproximan al centro. Debajo de la epidermis superior, los grupos de fibras se prolongan siempre en forma de cinta, paralelamente al borde y hasta la iniciación del surco; se unen a los fascículos solamente en las salientes grandes (que alternan con salientes pequeñas), por medio de grupos de células grandes, incoloras, pero de paredes gruesas y lignificadas. La sección termina siempre en un paquete de fibras marginales.

Resulta pues un tipo xerófito de hoja gramínea, con escasos tejidos de función química y abundantes tejidos mecánicos de sostén (esclerénquima), de protección (epidermis gruesa y cutinizada, cutícula espesa, estomas localizados y cutinizados, pelos y células contráctiles), además de los tejidos de circulación.

ESTRUCTURA DE LA HOJA DE PHALARIS (Figs. 1 y 6)

Presenta una sección transversal ligeramente ondulada, con numerosas salientes y depresiones poco apreciables; los granos de sílice incrustados, contribuyen a acentuar las nervaduras. A cada saliente corresponde un fascículo líbero- leñoso, alternando los principales, más grandes, con series de tres o cuatro intermedios más pequeños.

Midiendo la sección sobre los fascículos, se obtiene un promedio de 274 μ , y en los surcos, de 187.5 μ , lo que da un espesor medio de casi 231 μ , mayor que el de las cuatro especies ya apuntadas.

El parénquima clorofílico, ocupa, como en Avena y en Lolium, la mayor parte del mesófilo, a pesar de que las células acuíferas penetran bastante en su interior, dado su gran desarrollo.

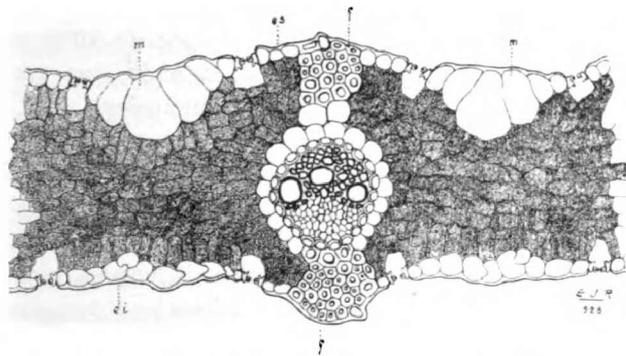


Fig. 6. — Hoja de *Phalaris* (Sweet-Tussock, mata de gramilla dulce). Detalle de la porción limitada por la línea de puntos en la figura 1. E; e. s., epidermis superior; e. i., id. inferior, ámbas con estomas y granos de sílice; m, células motoras o contráctiles; f, fibras; el parénquima clorofílico, punteado. \times 15.

La epidermis superior tiene células de paredes delgadas y celulósicas, mas bien pequeñas, midiendo 14 μ en su diámetro paralelo al borde; llegan a ser rectangulares y muy aplanadas frente a los paquetes de fibras que corresponden a los fascículos y a veces son reemplazadas por esas fibras. Constituyen en el interior de los surcos, las células motoras o contráctiles, incoloras y de paredes celulósicas finas, de forma globosa, alargadas y bastante regulares, destacándose siempre una mayor en el centro del arco; son más grandes que en las especies ya anotadas, midiendo 60.30 μ de largo por 33.60 μ de ancho en promedio; pero relativamente al espesor de la lámina en esa re-

gión (que es la mayor de las cinco especies estudiadas), vemos que las células motoras ocupan aproximadamente una tercera parte (32.15 %), es decir, una parte muy semejante a la que ocupan las células acuíferas de los pastos tiernos estudiados (Avena 27.5 % y Lolium 29 % aprox.). Hay estomas y la cutícula es delgada. Frente a los fascículos suelen observarse granos de sílice como en la epidermis inferior, pero nunca pelos.

La epidermis inferior es algo irregular, constituida por células más o menos isodiamétricas, de paredes delgadas y más grandes que en la epidermis superior; su diámetro, de 21 μ de promedio en la parte central de cada arco, disminuye a medida que se aproximan a las salientes, donde son estrechas y alargadas y a veces reemplazadas por fibras. Alternan generalmente con células más pequeñas, que se encastran en las grandes y pueden observarse, en algunos casos, que se engranan fuertemente por medio de dientes como en Avena y Lolium. La cutícula es delgada y los estomas abundantes. No hay pelos, pero en cambio se ven numerosos granos de sílice de punta obtusa, inerustados normalmente en la cutícula que recubre los fascículos, sobre todo en las nervaduras principales.

Los estomas, localizados y superficiales, son abundantes y uniformemente repartidos a ambos lados del surco y simétricamente en la faz opuesta; tienen sus células de cierre celulósicas, lo mismo que las células anexas, de paredes delgadas, cuya forma se asemeja a la de Avena por presentar dos lóbulos de bordes redondeados, hacia el interior de la cámara sub-estomática.

El mesófilo contiene abundante tejido clorofílico, de células poligonales, generalmente alargadas; debajo de la epidermis inferior forman una empalizada sencilla; en el centro son cortas, menos densas y tienden a la posición horizontal, por lo que resultan radiales respecto a los haces líbero-leñosos; las células adosadas a la epidermis superior, son poco alargadas y verticales a la misma. Los fascículos tienen el liber al exterior y la leña al interior, rodeados por un endodermo de células cuyas paredes laterales e internas son muy espesas y lignificadas, y por una vaina exterior de células acuíferas incoloras, grandes y regulares.

Frente a los fascículos y sobre ambas epidermis, se observan paquetes de fibras con paredes espesas y lignificadas, cuya cavidad se reduce a medida que se aproximan a la periferia; los de la faz inferior se extienden de la epidermis al fascículo, pero los de la cara superior se reducen a un pequeño grupo adosado a la epidermis y unido al hacedillo por una agrupación de células grandes,

incoloras, semejantes a las células acuíferas que rodean al endodermo. El margen termina en un haz de fibras.

El examen de esta hoja demuestra que su estructura se aproxima mucho a la *Avena* y *Lolium* y se aparta igualmente de la estructura xerófita de *Melica* y *Stipa*. En *Phalaris*, el tejido de elaboración (tierno) es abundante, mientras que los tejidos mecánicos para su sostén y protección y que contribuyen esencialmente a su dureza, son relativamente reducidos. Las capas epidérmicas son delgadas y celulósicas, recubiertas de cutícula fina y provista de abundantes estomas no incluidos; si hay sílice como en *Avena* y en *Melica*, que da rigidez pero que sirve de defensa ante el ataque de los insectos, en cambio carece de la protección de los pelos, tan abundantes en las dos especies xerófitas para disminuir la transpiración. Sus células motoras para el acartuchamiento de la lámina, ocupan un espacio relativo del parénquima clorofílico, sensiblemente igual al de las dos gramíneas tiernas, y son lo bastante grandes, flexibles y permeables como para funcionar con eficiencia cuando la falta de agua lo determine. Respecto al esclerénquima, está reducido a los paquetes de fibras semejantes a los que tienen las hojas de *Avena* y de *Lolium*, y por la repartición de este tejido muerto, como por los caracteres ya anotados y la forma de la sección de la hoja, la de *Phalaris* se asemeja más aún a la de *Avena* que a la de *Lolium*. Sintetizando, podemos decir que la hoja de *Phalaris* tiene la estructura típica de la familia, sin adaptación a regiones desérticas, por lo cual puede defenderse normalmente de la falta de agua en climas como el nuestro y debe ser buena para la alimentación de los animales.

OBSERVACIÓN DEL MARGEN DE LAS HOJAS (Fig. 7)

Hemos visto en las secciones estudiadas, que el sistema de resistencia de las hojas está completado por una banda longitudinal (incolora) de fibras marginales, que ofrece resistencia al desgarramiento y evita la división de la hoja en lacinias. Esa zona tiene, como en muchas otras plantas, prolongaciones en forma de dientes, que por la aspereza que comunican al órgano, lo defienden del ataque de los animales pequeños y aún grandes, si son lo bastante rígidos y agudos; el borde puede llegar a ser muy cortante e influir para que los animales abandonen determinados pastos. Adquiere pues importancia el estudio del margen foliar en las especies forrajeras y por ello lo hicimos en las cinco gramíneas estu-

diadas, todas de borde dentado. Las observaciones fueron hechas en superficie, con binocular, representando el margen de cada especie con igual aumento para facilitar su comparación y orientando la hoja con el vértice hacia la parte superior del dibujo.

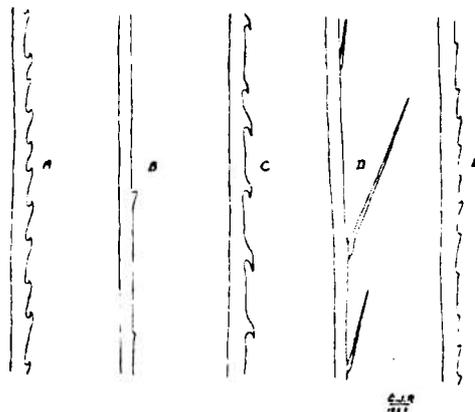


Fig. 7. — Porción del borde de las hojas mostrando los dientes que salen de la zona de fibras marginales. A, *Avena sterilis* L. subsp. *byzantina* Thellung; B, *Lolium multiflorum* Lam.; C, *Melica macra* Nees.; D, *Stipa papposa* Nees.; E, *Phalaris* (gramilla dulce). Las hojas orientadas con el vértice hacia la parte superior de la figura. X 30.

Avena sterilis subsp. byzantina. — Presenta dientes regulares y numerosos, pero no grandes; la extremidad, aguda y ligeramente encorvada, se dirige hacia el vértice de la hoja y tiende a aproximarse al borde de la misma. Esta disposición demuestra que no puede dañar a los animales que arranquen las hojas de las matas.

Lolium multiflorum. — Dientes escasos y desigualmente repartidos; a veces hay porciones marginales del todo desprovistas; otras, con escasos dientes; los pocos que se observan son parecidos a los de *Avena*, pero más pequeños, con la extremidad hacia el vértice de la hoja. No pueden molestar a los animales que las ingieran.

Melica macra. — Está provista de dientes poderosos, relativamente a las especies precedentes, aunque en menor cantidad que *Avena*; son bastante regulares y fuertes, con la extremidad aguda y bien separada del borde; están orientados hacia la base de la hoja. Resulta pues que este pasto está mejor defendido que los anteriores.

pues los dientes, por su aspecto y disposición, deben herir las mucosas de la boca cuando el animal ejerce la tracción que ha de separar la hoja de la mata.

Stipa papposa. — Presenta escasos pelos cerdosos, largos e incoloros, rígidos y agudos, de largo variable, dirigidos hacia el vértice de la hoja. También *Stipa* se defiende mejor que las dos especies tiernas.

Phalaris. — La hoja de la Sweet-Tussac, ofrece dientes igualmente repartidos que los de *Avena* y dirigidos hacia el extremo de la hoja, pero más pequeños; su extremidad es menos aguda y encorvada, al punto de que muchos de ellos son casi obtusos. De modo que sus bordes pueden ser ásperos, pero nunca ofensivos como los de *Melica* o *Stipa*. El *Phalaris*, por este carácter, se asemeja también más a las dos gramíneas tiernas que a los dos pastos duros.

CONCLUSIONES

I. *Avena sterilis* L. subsp. *byzantina* (Koch) Thellung y *Lolium multiflorum* Lam., son gramíneas cuyas hojas tienen una estructura que podríamos llamar « mesófito » en la etología de la familia: parénquima de elaboración abundante; paredes epidérmicas delgadas y permeables, con estomas localizados pero abundantes en ambas caras y no incluidos en criptas ni escondidos en los surcos; células acuífero-motoras dispuestas para producir, cuando la carencia de agua lo determine, el acartuchamiento de las hojas, cuya sección es normalmente abierta; tejido esclerenquimático reducido y dispuesto a lo largo de los fascículos líbero-leñosos y del margen, para sostén de los demás elementos. El borde de sus hojas, provisto de dientes regulares, dirigidos hacia el vértice, no puede dañar a los animales. Son « pastos tiernos », propios para proveer a los animales de forraje succulento.

II. *Melica macra* Nees. y *Stipa papposa* Nees., tienen hojas de estructura xerófito no exagerada, con parénquima clorofílico reducido ante el mayor desarrollo de los tejidos mecánicos. Suponemos que podrían observarse caracteres más marcadamente xerofíticos en las mismas o análogas especies, si proviniesen de regiones desérticas de la formación del Monte; se aproximarían talvez a las curiosas

estructuras de tipo xerofítico perfecto, señaladas por L. R. Parodi en varias especies del género *Sporóbolus* (15). *Melica* y *Stipa* tienen paredes epidérmicas más gruesas e impermeables por cutinización, y cutícula espesa, con lo cual se impide la transpiración cuticular: los estomas son más escasos y localizados en la faz superior o interna de la lámina, que tiene surcos profundos y abundancia de pelos y muestra tendencia al acartuchamiento constante; por esto la función propia del tejido acuífero-motor y estomático, ante esa adaptación general, parece ser innecesaria y las paredes de sus células están en parte cutinizadas. Se observa también un gran desarrollo de tejido esclerenquimático de sostén y rigidez. Sus bordes, provistos de dientes de aspecto particular en cada especie, oponen una defensa que debe ser obstáculo para ser consideradas como buenas forrajeras. Corresponde recordar las observaciones de ciertos autores (16), que consideran que las forrajeras de los países cálidos suelen revelar una composición química satisfactoria, pero mala calidad: sus membranas espesas y cutinizadas hacen particularmente laboriosa su masticación, difícil su penetración por los jugos digestivos, y por tanto imperfecta la utilización de las materias nutritivas que encierran. De todo lo cual resulta su resistencia a la falta de agua, su dureza y su condición de « pastos duros », inaptos para la alimentación de los ganados y sólo apetecidos cuando no los hay mejores.

III. El *Phalaris* estudiado pertenece, por el aspecto del borde y por su estructura foliar, al mismo tipo « mesófito » de *Avena* y *Lolium*, apartándose mucho de *Melica* y *Stipa*. El tejido de elaboración es abundante y los mecánicos de sostén y protección son relativamente reducidos; la epidermis es delgada y permeable, la cutícula fina, los estomas localizados, pero abundantes y superficiales, no protegidos por pelos ni alojados en surcos, que no existen; las células contráctiles son proporcionalmente semejantes a las de las dos especies tiernas y bien dispuestas para abarquillar las hojas en caso de necesidad; el esclerénquima es bastante reducido, como en aquellas mismas especies. Por la repartición de este tejido muerto, el aspecto de la sección y demás caracteres anotados, esta graminéa se asemeja más a *Avena* que a *Lolium*, y si tiene más escle-

(15) PARODI LORENZO R., Revisión de las graminéas argentinas del género « *Sporóbolus* ». Rev. Fac. Agr. y Vet. Buenos Aires, 1928, t. VI, entrega II, pp. 118-121.

(16) SCHIRIBAU E. y NANOT J., *Eléments de Botanique Agricole*. París, 1903, p. 70.

rénquima que aquélla, la diferencia es pequeña; en cuanto a la sílice, que le da aspereza y le sirve de defensa natural, existe igualmente en ambas especies.

Podemos decir entonces que el *Phalaris* tiene la estructura típica de la familia, sin adaptación xerofítica, por lo cual es un « pasto tierno » que puede defenderse normalmente de la falta de agua en climas semejantes al nuestro y debe proporcionar forraje apetecido y abundante.

IV. Si bien la hoja de *Phalaris* tiene una sección mayor en todo sentido que la de *Avena* y *Lolium* (con sus elementos esclerenquimáticos pero también con su parénquima clorofílico jugoso), su examen histológico no nos permite considerar que deba ofrecer resistencia al corte; opinamos como los demás autores, que esa dificultad debe residir únicamente en la forma de crecimiento en matas muy densas. Además, el examen del borde de la hoja, la aproxima a los pastos tiernos, y muestra que no puede dañar la mucosa de los animales que la arrancan de las matas para su alimentación.

V. El tipo *xerófita* observado en la estructura foliar de *Melica macra* y de *Stipa papposa*, especies gramíneas « duras » de nuestra región, que es mas bien húmeda y no propia a la adaptación xerofítica, responde a los caracteres siguientes:

- a) Sección con salientes y surcos profundos y tendencia al acartuchamiento o plegamiento constantes.
- b) Pelos más o menos abundantes en la faz superior o interna.
- c) Cutícula espesa y células epidérmicas con paredes cutinizadas.
- d) Estomas localizados y más bien escasos, a veces incluidos, con las paredes exteriores de sus células cutinizadas.
- e) Tendencia a la cutinización de las paredes celulósicas finas de las células acuífero-motoras o *bulliformes*, incoloras, que también disminuyen algo su tamaño.
- f) Desarrollo mayor del tejido esclerenquimático.

Estos caracteres tienden, en una u otra forma, a disminuir la transpiración estomática y cuticular: por reducirse la superficie de transpiración al hacerse gruesa e impermeable (epidermis inferior); por la situación abrigada de los estomas en los surcos y el acartuchamiento de la hoja al faltar el agua a las células motoras de

los mismos; por la protección de los pelos contra el calor y la luz; por la disminución de la permeabilidad epidérmica; escasez de estomas; tendencia de las células acuífero-motoras, al achicarse e impermeabilizarse ligeramente, a reducir su funcionamiento, al par que la hoja no llega a desplegarse nunca por completo; y por la rigidez de los tejidos con reducción de espacios intercelulares.

— La Plata, diciembre de 1928.

BIBLIOGRAFIA (*)

- BELZUNG E., *Anatomie et Physiologie végétales*. París, 1900.
- BOTTO ALEJANDRO, *La Sweet-Tussac* (Mata o gramilla dulce) «*Phalaris bulbosa*» Cav. Rev. Fac. Agr. y Vet. La Plata, t. XII, 2ª época, Nº 2, p. 226. La Plata, 1916.
- *La Sweet-Tussac* (Mata de gramilla dulce) «*Phalaris bulbosa*» Cav. Rev. Fac. Agr. y Vet. La Plata, t. XIII, 3ª época, Nº 1, p. 1. La Plata, 1917.
- Nueva planta forrajera. *Phalaris bulbosa* Cav. Hoja volante de la Estación Agronómica, Fac. Agr. y Vet. La Plata.
- BELAKWELL E., *Further experiences with Phalaris bulbosa*, en «*The Agric. Gazette of New South Wales*», t. XXVI, Part. 6, junio 2/1915, p. 487.
- *Observaciones sobre cuatro especies de Phalaris* en «*The Agric. Gazette of New South Wales*», t. XXIV, febrero 3/1913, p. 177.
- BUNON P., *La feuille chez les Graminées* (Thèses présentées à la Fac. des Sciences de l'Univ. de Paris, pour obtenir le grade de Docteur Es-Sciences Nat.), Caen, 1921.
- CHODAT R., *Principes de Botanique*, 3ª ed. Ginebra, 1921.
- COSTANTIN J. P. et FAIDEAU F., *Les plantes*. París, 1922.
- COUPIN H., JODIN H., DAUPHINÉ A., *Atlas de Botanique Microscopique*. 2ª ed. París, 1922.
- CUESTA URCELAY JUAN, *Contribución al estudio de la adaptación de las plantas para disminuir la transpiración*. Trabajos del Museo Nac. de C. Nat. Serie Botánica, Nº 18, Madrid, 1923.
- GIROLA CARLOS D., *Plantas forrajeras en la República Argentina*. Min. de Agric., circular Nº 562. Buenos Aires, 1922.
- GRAVIS A., *Éléments de Morphologie végétale*. Liège, París, 1920.
- HARTIG ROBERTO, *Compendio de Anatomía y Fisiología de las plantas*. Madrid, 1925.
- HAUMAN LUCIEN, *Botánica*. Buenos Aires, 1910.
- KENNEDY P. B., *New Grasses for California. I. Phalaris stenoptera* Hack. University of California public. in agric. sciences. Vol. 3, Nº 1, julio 13, p. 1. Berkeley, 1917.
- LECLERC DU SABLON A. M., *Traité de Physiologie végétale et agricole*. París, 1911.

(*) Como podrá apreciarse al revisar la literatura citada, muchas de las obras que la componen se refieren directamente a las gramíneas estudiadas, ya en lo que respecta a su histología, ya a su descripción y estudio agrícola, ya a su sistemática; pero muchas otras se relacionan indirectamente, y solo fueron consideradas en cuanto contienen nociones anatómicas o fisiológicas normales y de adaptación, aplicables a nuestro estudio.

- MARCHAL EM., *Eléments de Physiologie végétale*. Gembloux, París, 1926.
- MASSART JEAN, *Eléments de Biologie générale et de Botanique*, Bruselas, 1923.
- PALLADINE V., *Physiologie des plantes*. París, 1902.
- FAKOHÍ LORENZO R., *Clave para la determinación de los géneros de gramíneas silvestres en los alrededores de Buenos Aires*. Rev. Fac. Agr. y Vet., Año IX, Nos. 83, 84 y 85. Buenos Aires, 1916.
- *Contribución botánica en «Las plantas forrajeras indígenas y cultivadas de la República Argentina»*. Public. de la Fac. Agr. y Vet. Bs. Aires, 1923.
- *Estudio preliminar sobre las especies de «Avena» cultivadas en la Argentina*. Rev. C. Estud. Agr. y Vet., Nos. 125 y 126. Buenos Aires, 1925.
- *Gramíneas bonaerenses. Clave para la determinación de los géneros*. Rev. C. Estud. Agr. y Vet. Año XVIII, Nos. 120 y 121. Buenos Aires, 1925.
- *Revisión de las Gramíneas argentinas del género «Sporobolus»*. Rev. Fac. Agr. y Vet. t. VI, entrega II, pp. 118-121. Buenos Aires, 1928.
- PERCIVAL JOHN, *Agricultural Botany, theoretical and practical*, 6ª ed. Londres, 1921.
- PFEFFER W., *Physiologie végétale*. París, 1904-1908.
- PROFESSORI L. e PICCIOLI E., *Alpicoltura*, 3ª ed. Torino, 1923.
- FUIG y NATTINO JUAN, *El cultivo del «Phalaris bulbosa» en el Uruguay*. Montevideo, 1921.
- FUJICLA JAIME, *Histología, embriología y anatomía microscópicas vegetales*. Barcelona, 1921.
- SCHREIBAU E. y NANOT J., *Eléments de Botanique agricole*. París, 1903.
- SCHULTZ E. F., *La Phalaris bulbosa en la provincia de Tucumán*. Rev. indust. y agric. de Tucumán. Vol. XI, Nos. 5 y 6, pp. 64-74. Buenos Aires, 1920.
- SECKT HANS, *Observaciones biológicas en la flora de Córdoba*. Rev. de la Univ. Nac. de Córdoba. Año X, Nos. 9 y 10, pp. 20-76. Córdoba, 1923.
- STRASBURGER EDUARDO, etc., *Tratado de Botánica*. Barcelona, 1923.