

DESARROLLO DE LA ESTRUCTURA KRAZ EN TALLO DE ESPECIES DE *ERIOCHLOA* (PANICEAE-POACEAE)

Por MIRTA O. ARRIAGA*

Summary *Kranz structure development in Eriochloa* (Paniceae-Poaceae) *flowering culms*. The development of the inner structure of flowering culms, including rachys and secondary ramifications of the inflorescence, in species of *Eriochloa* Kunth is described and illustrated. At the bottom of the culm the parenchymatous Kranz sheath of peripheric vascular bundles is represented by one or two cells at each side of the vascular bundle. The chlorenchyma tissue is located in narrow peripheral zones and is interrupted by the vascular bundles and their associated schlerenchymia. At the top of the culm, below the inflorescence, the peripheric vascular bundles are bigger and the parenchymatous Kranz sheath has grown up in number and size of its cells. No schlerenchyma is present in subepidermal position. Parenchymatous Kranz sheath and chlorenchymatic tissue represent a continuous structure at this level of the culm. It is the first description of a structure of this type in *Poaceae* culms. The Kranz structure in rachys and secondary ramifications of the inflorescence is also described and illustrated. The functionality of the C_4 photosynthetic pathway in this culms is discussed on the basis of the differential autofluorescence of the chloroplasts of the parenchymatous vascular bundle sheath (Kranz sheath) and those of the chlorenchyma, the starch accumulation in the Kranz sheath, and the $\delta^{13}C$ ratios of the stems.

INTRODUCCION

Se asignan al género *Eriochloa* Kunth entre 20 y 30 especies en todo el mundo (Clayton y Renvoize, 1986; Gould, 1968; Nicora y Rúgolo, 1987), de las cuales alrededor de 10 viven en América (Parodi, 1965).

Las especies de América del Norte fueron tratadas por Hitchcock (1936) y Hitchcock y Chase (1951) y recientemente por Shaw y Webster (1987) quienes incluyen también las especies de Centroamérica. No existe sin embargo un estudio que abarque las especies presentes en Sudamérica. En este trabajo se estudiaron desde el punto de vista anátomo-caulinar las especies *Eriochloa montevidensis* Griseb., *E. punctata* (L.) Desv. ex Hamilt. y *E. pseudoacrotricha* (Strapf) Hubb.

En gramíneas se conoce mucho más sobre anatomía de hoja que sobre anatomía de tallo. Los primeros trabajos en este tema son los de Helstroem (1891), Sabnis (1921) y Canfield (1934) donde se describe el tallo maduro o el estolón, ninguno de estos trabajos incluye observaciones en el género *Eriochloa*.

Posteriormente de Wet (1960) realiza una tipificación de las diferentes estructuras halladas en ta-

llos de gramíneas, determinando 4 tipos distintos, a los que Auquier y Somers (1967) denominaron: tipo Festucoide, tipo Panicoid, tipo Chloridoide y tipo Aristidoide agregando en ese mismo trabajo el tipo Bambusoide.

Tanto de Wet como Auquier y Somers señalan la utilidad de incorporar los caracteres anátomo-caulinarens en la taxonomía de gramíneas, criterio utilizado luego por Pohl y Lersten (1975).

Más tarde Sánchez (1979, 1981 a y b, 1983 a y b, 1984, 1986 y Sánchez *et al.* 1986 y 1989) realiza los primeros estudios sobre el desarrollo y/o descripción de la estructura Kranz en tallo de gramíneas.

Se sabe que *Eriochloa* posee estructura Kranz en la hoja (Ellis, 1977; Shaw y Smeins, 1981; Watson *et al.* 1986 y 1988), asignándosele al tallo la anatomía tipo Panicoid (de Wet, 1960); se desconoce hasta el presente si el tallo posee estructura Kranz y si es así, si dicha estructura presenta una compartimentalización del proceso fotosintético como cabe esperar de una planta C_4 . También es de interés observar si la anatomía caulinar presenta diferencias a nivel específico. Se encaró el presente estudio tratando de obtener nuevos caracteres para utilizar en la taxonomía del género.

MATERIAL Y METODO

Se trabajó con material fresco y material de herbario, cuya turgencia fue recuperada por imbibición lenta dejándolo sumergido en agua tibia de 24

* Miembro de la Carrera del Investigador Científico (CONICET). Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", Div. Anatomía Vegetal, Angel Gallardo 470, 1405, Buenos Aires.

a 48 horas, o bien en etilenglicol de 48 a 72 horas.

Con el material así hidratado se realizaron cortes transversales en la zona media de los entrenudos de tallos floríferos. Las secciones fueron realizadas algunas a mano alzada, o bien se obtuvieron cortes transversales seriados de materiales incluidos en parafina.

Algunos cortes se observaron sin vaciar para determinar la ubicación de los cloroplastos en la vaina parenquimática Kranz. El resto fue vaciado y coloreado con alcian blue-safranina (Cutler, 1978) o con violeta de cresilo (Dizeo de Strittmatter, 1980).

La presencia y ubicación del almidón de síntesis se detectó mediante el test de lugol (Johansen, 1940), utilizándose material fresco.

Se aplicó microscopía de fluorescencia en materiales frescos, para diferenciar por autofluorescencia, por excitación de la clorofila con la luz ultravioleta, los cloroplastos comunes —ubicados en el clorénquima— y los cloroplastos especializados —localizados en las células de la vaina Kranz— (Elkin y Park, 1975; O'Brien y McCully, 1981; Dizeo de Strittmatter, 1986; D'Ambrogio, 1986).

También se identificó lignina por autofluorescencia (O'Brien y McCully, *l.c.*; Dizeo de Strittmatter, *l.c.*; D'Ambrogio, *l.c.*).

Para poder observar la autofluorescencia de los materiales, éstos se cortaron y se colocaron en un buffer alcalino, se montaron luego en SST (solución salina tamponada) glicerizada, dejándola en oscuridad aproximadamente 1 hora.

Las observaciones se realizaron con un microscopio de fluorescencia con excitación por luz reflejada IVFI (Epifluorescencia) Zeiss Standard, equipado con óptica Neofluar, filtro de excitación azul BP 450-490, divisor cromático FT 510 y filtro supresor LP 520; la fuente de iluminación consiste en una lámpara de alta presión de mercurio HBO 50W.

Al describir los colores observados en la autofluorescencia de los cloroplastos se utilizó la terminología de Lindley (1951).

La determinación de la relación de isótopos estables del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) se realizó según el método descrito por Park y Epstein (1961) modificado ligeramente en Panarello *et al.* (1983). Se midió el $\delta^{13}\text{C}$ ‰ en muestras de zona distal de tallo de: *Eriochloa montevidensis* (Pire s/n) y *E. punctata* (Arriaga 312, BA); dichas mediciones se realizaron en el Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS) perteneciente al CONICET. No se contó con material adecuado suficiente para la determinación del $\delta^{13}\text{C}$ en *E. pseudoacrotricha*.

Las fotomicrografías que ilustran el presente trabajo se obtuvieron con un equipo Zeiss. Algu-

nas de las fotos incluidas en la Fig. 2 (fotos A, B, C y D) fueron realizadas en materiales vaciados, es por eso que no se observan cloroplastos en las células.

Los esquemas son originales, fueron realizados por la autora con ayuda del dispositivo de dibujo Willd y diseñados de acuerdo a las referencias siguientes:

1. Línea periférica: epidermis.
2. Zonas en negro: esclerénquima.
3. Zonas punteadas: parénquima de transición.
4. Líneas cortadas verticales: clorénquima.
5. Con estructura celular: vaina parenquimática Kranz.

Material estudiado:

Eriochloa montevidensis Griseb.

ARGENTINA. Capital Federal, Palermo, 15-VI-1964, Lovaglio 31 (BA). Prov. Chaco, Dpto. 1° de Mayo, Colonia Benítez, VI-1963, Schulz 12277 (BA). Prov. Salta, Dpto. Anta, 9 Km al sud de J. V. González sobre borde ruta Nac. N° 16, 9-IV-1974, Saravia *et al.* 10072 c (LIL-CTES). Prov. Santa Fe, Dpto. Vera, Vera, Bajos submeridionales, 6-III-1988, Pire s/n, cultivado, Fac. Agron. -UNRosario. Prov. Tucumán, Dpto. Leales, Los Gomez, XII-1919, Venturi 702 (BA).

Eriochloa pseudoacrotricha (Stapf) Hubb.

ARGENTINA: Prov. La Rioja, Dpto. Independencia, Patagüa, Establecimiento Santa Rosa, 25-VII-1933, Lahitte y Castro 47614 (BAB). Prov. Salta, Dpto. Anta, Salta Forestal, sector II, s/fecha, Saravia Toledo 1310 (BA).

Eriochloa punctata (L.) Desv. ex Hamilt.

ARGENTINA: Prov. Corrientes, Dpto. Mercedes, A° Arzá sobre ruta 14, 20-XII-1962, Partridge s/n (BA 61301). Dpto. San Martín, Colonia C. Pellegrini, Ea. El Socorro, Pto. Cerrito, 23-XII-1962, Partridge s/n (BA 61182). Prov. Chaco, Dpto. (indet.), Puente del río Tragadero, 14-III-1963, Schulz 12216 (BA). Prov. Entre Ríos, Dpto. Colón, Colón a orillas del río Uruguay, 20-IV-1984, Arriaga 312 (BA). Dpto. Concordia, A° Arrebatacapa, 28-I-1931, Castellanos s/n (BA 31/880). Prov. Formosa, Dpto. (indet.), Guaycolec, II-1918, Jörgensen 3300 (BA). Prov. Misiones, Dpto. Capital, Itaembé, 22-XII-1934, Rodríguez 449 (BA). Prov. Santa Fe: Dpto. Vera, Vera, cuña boscosa, 6-III-1988, Pire s/n, cultivado, Fac. Agron. UN Rosario. Prov. Tucumán, Dpto. Leales, Chañar Pozo, XII-1919, Venturi 716 (BA).

OBSERVACIONES

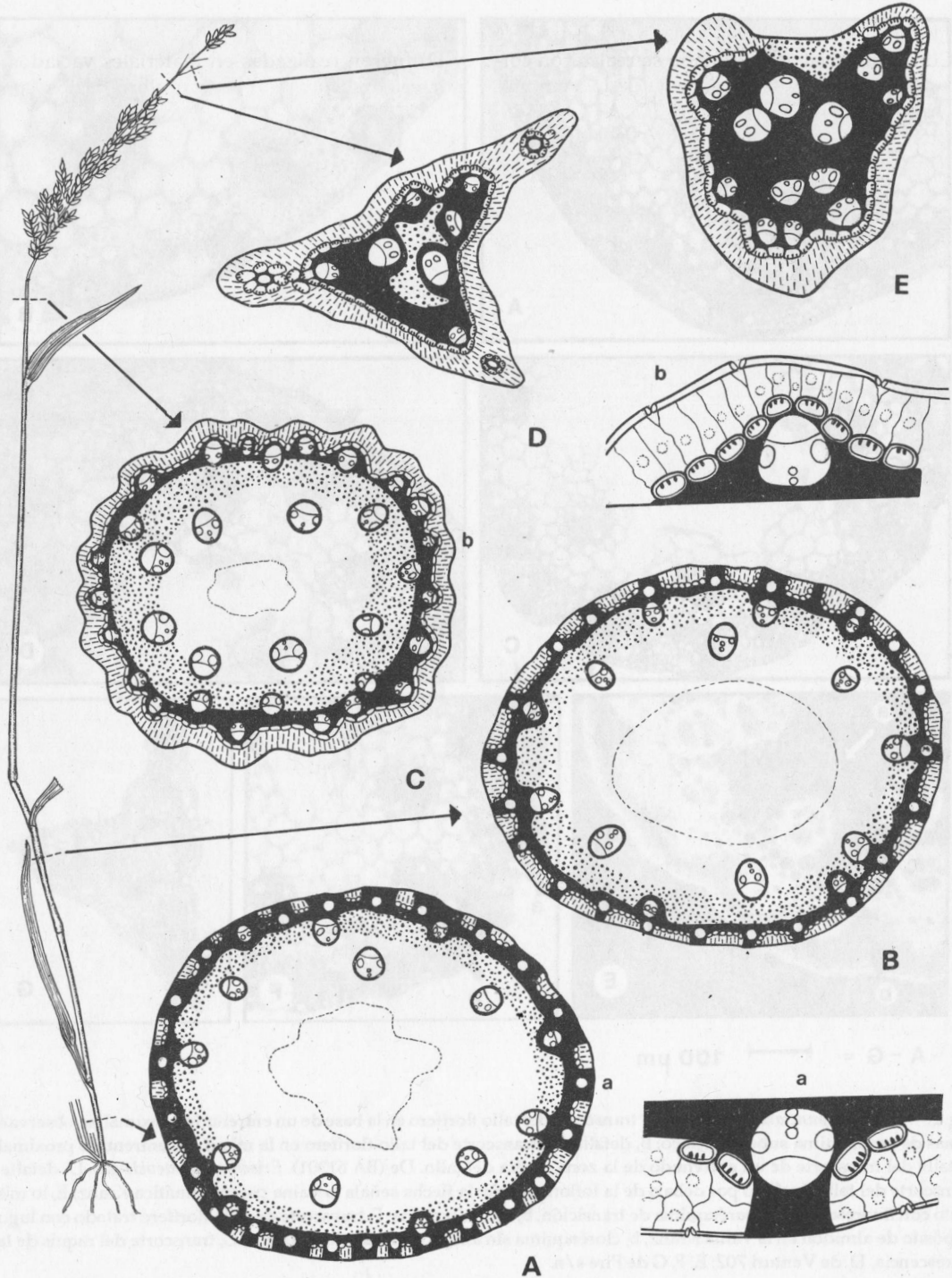
Descripción anátomo-caulinar:

Tallo florífero:

a) Zona proximal del tallo (Fig. 1, A; Fig. 2, B).

Forma del transcorte: circular.

Médula parenquimática (a veces el centro es fistuloso) rodeada por parénquima de transición. Anillo de esclerénquima formado por (4-5) a 6

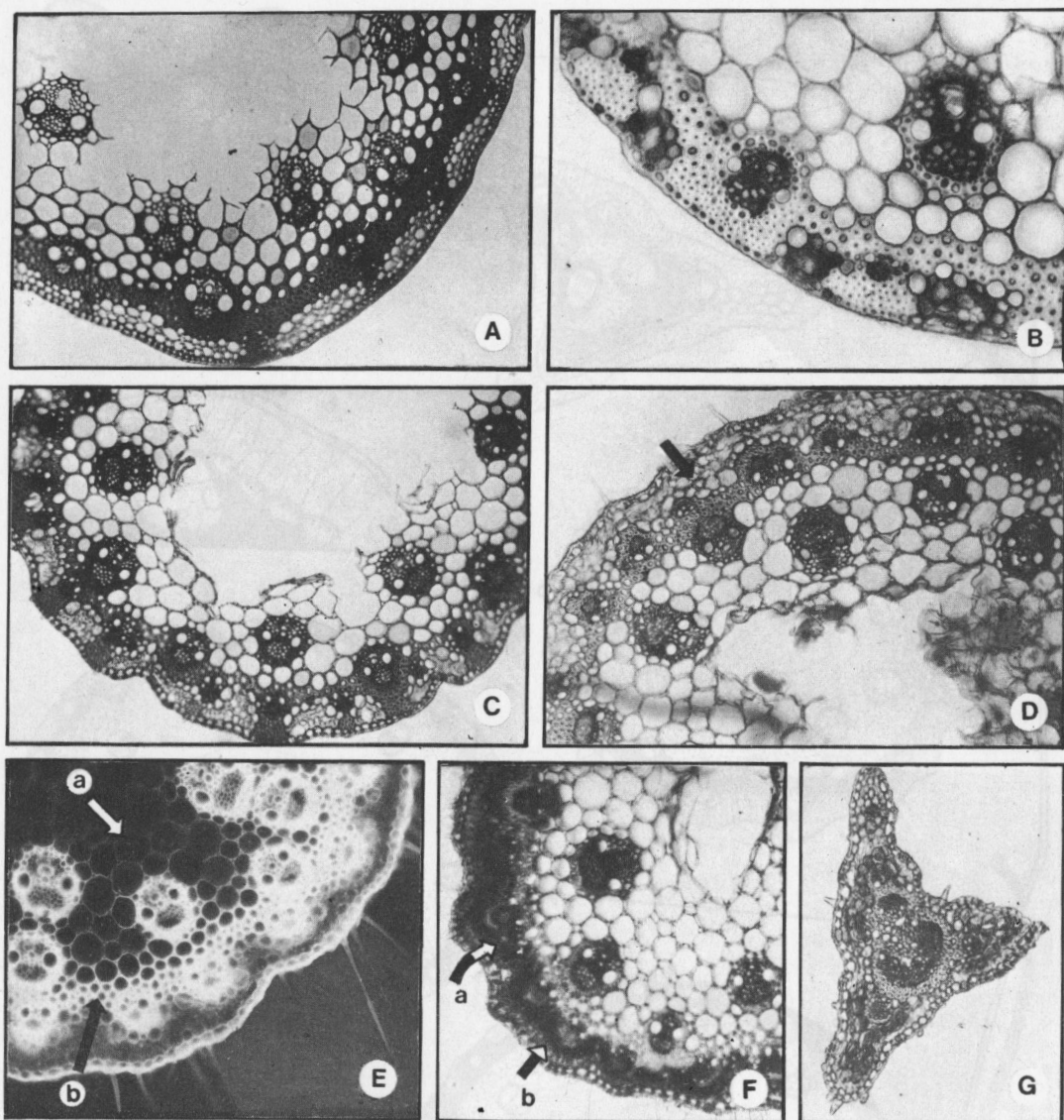


A, B, C, D, E = 100 μ m

a = 20 μ m

b = 50 μ m

Fig. 1.— En el esquema de la planta se muestra el nivel de los transcortes del tallo ilustrados: A, transcorte en la mitad de un entrenudo proximal; a, detalle de un haz vascular periférico; B, transcorte en la zona media del tallo; C, transcorte por debajo de la inflorescencia; b, detalle de un haz vascular periférico; D y E, transcortes de raquis y ramificación secundaria respectivamente de la inflorescencia. De *Eriochloa punctata* (BA 61301).



A - G = 100 μ m

Fig. 2.— *Eriochloa punctata*: A, detalle del transcorde del tallo florífero en la base de un entrenudo proximal, se observan las zonas de parénquima subepidérmico; B, detalle del transcorde del tallo florífero en la mitad del entrenudo proximal; C, detalle del transcorde de un entrenudo de la zona media del tallo. De (BA 61301). *Eriochloa montevidensis*: D, detalle del transcorde del tallo florífero por debajo de la inflorescencia; la flecha señala la vaina parenquimática Kranz; E, lo mismo visto con fluorescencia: a, parénquima de transición, b, esclerenquima; F, transcorde de tallo florífero tratado con lugol: a, depósito de almidón en la vaina Kranz, b, clorénquima sin almidón en sus cloroplastos; G, transcorde del raquis de la inflorescencia. D, de Venturi 702; E, F, G de Pire s/n.

hileras de células, el que se continúa por sectores hasta contactarse con la epidermis trabando así los haces vasculares periféricos. Haces vasculares en general de tipo primario. Los internos mayores, los

externos de tamaño menor. Todos ellos se encuentran rodeados por una vaina esclerenquimática completa. Haces vasculares no periféricos en (3-4) ciclos. En la zona medular parenquimática se pre-

sentan (1-2) ciclos que son los de tamaño mayor; luego el tercer ciclo se ubica en el anillo de parénquima de transición; el cuarto ciclo está en contacto con el esclerénquima, el cual alcanza la altura del floema. Haces vasculares periféricos en un solo ciclo. Estos haces presentan, además de la vaina esclerenquimática completa, una vaina parenquimática externa incompleta que constituye la vaina Kranz. Esta se encuentra, en este nivel del tallo, representada por 1-2(-3) células a cada lado del haz vascular (Fig. 1, a).

Las células de la vaina Kranz poseen paredes más gruesas que las del clorénquima circundante y presentan abundantes cloroplastos, en general centrífugos, con depósito de almidón. El clorénquima es de tipo esponjoso, se encuentra en zonas subepidérmicas flanqueado por las trabas esclerenquimáticas de los haces vasculares periféricos, se contacta hacia el interior con el anillo de esclerénquima.

Epidermis simple, uniestratificada, con algunos pelos unicelulares simples y estomas a nivel de las células epidérmicas.

La descripción anterior corresponde a la zona media de un entrenudo proximal. Sin embargo en algunos materiales se pudo observar en la base de este mismo entrenudo que el tallo presenta las zonas del clorénquima subepidérmico mucho mayores, representadas por parénquima esponjoso y a veces aerénquima (Fig. 2, A). Las trabas esclerenquimáticas de los haces vasculares periféricos son menores.

b) Zona media del tallo (Fig. 1, B; Fig. 2, C).

Forma del transcorte: subcircular.

Médula parenquimática con centro fistuloso, rodeada por parénquima de transición.

Anillo de esclerénquima formado por 3 a 4 hileras de células, el que se continúa por sectores hasta contactarse con la epidermis, trabando así los haces vasculares periféricos.

Haces vasculares en general de tipo primario. Los internos mayores. Todos ellos rodeados por una vaina esclerenquimática completa.

Haces vasculares no periféricos en (3-4) ciclos. En la zona medular parenquimática se presentan (1-2) ciclos que son los de mayor tamaño; el tercer ciclo se ubica en el anillo de parénquima de transición; el cuarto ciclo está en contacto con el esclerénquima el cual alcanza la altura del floema.

Haces vasculares periféricos en un solo ciclo. Estos haces presentan, además de la vaina esclerenquimática completa, una vaina parenquimática externa incompleta, la que constituye la vaina Kranz. Esta se encuentra, en este nivel del tallo, representada por 3-4 (-5) células a cada lado del haz vascular, la continuidad de la vaina Kranz se ve interrumpida por las trabas esclerenquimáticas

de los haces vasculares periféricos. La vaina Kranz está constituida por células de paredes gruesas; presenta abundantes cloroplastos, en general centrífugos, con depósito de almidón.

El clorénquima es de tipo esponjoso, se encuentra en zonas subepidérmicas, flanqueado por las trabas esclerenquimáticas de los haces vasculares periféricos, se contacta hacia el interior con la vaina Kranz.

Epidermis simple, uniestratificada, con algunos pelos unicelulares simples y estomas a nivel de las células epidérmicas.

En esta zona del tallo, tanto las trabas esclerenquimáticas de los haces vasculares periféricos como el anillo de esclerénquima, son más angostos que los observados en la zona proximal. A su vez, las zonas de clorénquima subepidérmico y la vaina Kranz, han aumentado de tamaño.

c) Zona distal del tallo (Fig. 1, C; Fig. 2, D, E y F).

Forma del transcorte: circular, con costillas romas a la altura de los haces vasculares periféricos.

Médula parenquimática, con el centro fistuloso, rodeada por parénquima de transición, éste último presenta aquí mayor espesor que en los dos casos anteriores.

Anillo de esclerénquima ausente o reducido a (1-2-3) hileras de células. Este anillo de esclerénquima puede, algunas veces, presentar mayor espesor en un sector del transcorte (Fig. 1, C). Haces vasculares en general de tipo primario, algunos secundarios. Los internos mayores, los externos de tamaño menor. Todos los haces vasculares se encuentran rodeados por una vaina esclerenquimática.

Haces vasculares no periféricos dispuestos en (3-4) ciclos; el más interno, formado por los haces vasculares de mayor tamaño, se dispone en la zona parenquimática medular (algunas veces estos haces vasculares de tamaño mayor se localizan en dos ciclos en lugar de uno). El segundo ciclo de haces vasculares se ubica en el anillo de parénquima de transición; un tercer ciclo se dispone en contacto con el esclerénquima el cual alcanza la altura del floema.

Los haces vasculares periféricos (Fig. 1, b), se encuentran en contacto con la vaina parenquimática Kranz que a este nivel del tallo forma una estructura continua, se encuentra formada por grandes células, de paredes engrosadas, con cloroplastos especializados, en general centrífugos, con depósito de almidón. El clorénquima es de tipo esponjoso, rodea totalmente la vaina Kranz y se encuentra formado por 2-3 hileras de células raquimorfias.

Epidermis uniestratificada simple, con algunos pelos unicelulares simples, estomas a nivel de las células epidérmicas.

Esta región cercana a la inflorescencia representa la zona de máximo desarrollo de la estructura Kranz.

Raquis de la inflorescencia (Fig. 1, D; Fig. 2, G).

Forma del transcorte: trígona.

Zona central formada por parénquima de transición y esclerenquima.

Haces vasculares en general de tipo primario, algunos secundarios, los internos mayores. Todos ellos se encuentran rodeados por una vaina esclerenquimática.

Haces vasculares no periféricos dispuestos en 1-2(-3) ciclos en la zona central del transcorte.

Haces vasculares periféricos, en un sólo ciclo, en contacto con la vaina Kranz.

La vaina parenquimática Kranz está formada por una capa de células continua en la zona periférica del transcorte, integrada por grandes células, de paredes engrosadas, con cloroplastos especializados, en general centrífugos, con depósito de almidón.

El clorénquima, radiado, constituido por células raquimorfos, ocupa una posición subepidérmica formando una estructura continua, 2(-3) estratificada.

Epidermis simple, con algunos pelos unicelulares de base simple.

Puede observarse 2 o 3 haces vasculares de tipo terciario por fuera de la vaina Kranz continua (Fig. 1, D; Fig. 2, G). Estos hacecillos se encuentran rodeados totalmente por una vaina esclerenquimática interna y una vaina parenquimática Kranz externa, también completa. Esta última suele unirse a la vaina Kranz que rodea los haces periféricos del raquis.

Ramificación secundaria de la inflorescencia (Fig. 1, E).

Forma del transcorte anchamente elíptico, truncado en uno de los extremos del eje mayor.

Zona central compuesta por esclerenquima, con parénquima de transición ubicado en el extremo truncado de la elipse.

Haces vasculares en general de tipo primario. Los internos mayores, los externos más pequeños. Todos los haces vasculares se observan rodeados por una vaina esclerenquimática.

Haces vasculares no periféricos ubicados en la zona central, dispuestos en 1-2(-3) ciclos.

Haces vasculares periféricos dispuestos en un ciclo externo, en número de 6-8, los que se encuentran en contacto con la vaina Kranz.

La vaina parenquimática Kranz, forma una capa de células en la zona periférica del transcorte, se observa interrumpida por parénquima de transición. Se encuentra formada por grandes células de paredes engrosadas, con cloroplastos especializados y depósito de almidón.

El clorénquima se presenta en posición subepidérmica, formando una estructura radiada, interrumpida solamente por parénquima de transición.

Epidermis simple con algunos pelos unicelulares de base simple.

Aplicando Microcopia de Fluorescencia se pudo observar: a) autofluorescencia de lignina en el esclerenquima, parénquima de transición y vainas esclerenquimáticas de los haces vasculares (Fig. 2, E); b) los cloroplastos del clorénquima, emiten fluorescencia rojo brillante; los de la vaina Kranz, emiten fluorescencia opaca, color hematítico, ladrillo o cinabario.

La relación de isótopos estables del C, C^{13}/C^{12} ($\delta^{13}C$), realizada en tallo de *Eriochloa* corresponde a valores de la vía fotosintética C_4 : *E. montevidensis* $\delta^{13}C$ - 11,6 ‰ y *E. punctata* $\delta^{13}C$ - 12,3 ‰.

DISCUSION

La anatomía Kranz en tallo de gramíneas alcanza su máximo desarrollo en la parte superior del mismo, donde el tallo queda expuesto a la luz y no en la zona basal o media donde se encuentra cubierto por las vainas foliares (Sánchez, 1981 a).

Lo observado en el desarrollo de la estructura Kranz en tallo florífero de las especies estudiadas de *Eriochloa* confirma la hipótesis anteriormente expuesta ya que su máximo desarrollo puede observarse en la base de la inflorescencia.

Según de Wet (1960) *Eriochloa* presenta en tallo como en hoja, estructura anatómica tipo Panicoid.

Las especies estudiadas de *Eriochloa* en este trabajo muestran que la estructura caular se asemeja más al tipo Chloroidé, debido al gran desarrollo de las células que conforman la vaina Kranz de los haces vasculares periféricos, mucho mayor que en el tipo Panicoid. Se observa aquí que no existe correspondencia entre el tipo de estructura de hoja y de tallo. Sobre la base del cuadro comparativo de caracteres brindados por de Wet (l.c.: 313-315) vemos que esta misma falta de correspondencia entre los tipos anatómicos de hoja y de tallo se presenta también en otros géneros como: *Asthenatherum* (Danthonieae), *Brachiaria* y *Echinochloa* (Paniceae).

En *Erioneuron pilosum* (Buckl.) Nash var. *parodianum* Sánchez (Sánchez, 1981 a) se nota diferen-

ciación temporal en el desarrollo de los haces vasculares periféricos ubicados sobre "el eje mayor de la elipse (EME)" y los ubicados sobre los "lados largos de la elipse (LLE)". En el tallo florífero de *Eriochloa* no se observa que algunos haces vasculares periféricos desarrollen antes que el resto.

Observando el desarrollo de la estructura caulinar Kranz de las especies estudiadas de *Eriochloa* puede verse que en la zona proximal se asemeja a lo descrito para *Diandrochloa glomerata* (Walter) Burkart (Sánchez, 1981b), pues ambos géneros presentan en este nivel del tallo: a) clorénquima subepidérmico interrumpido por trabas de esclerénquima a la altura de los haces vasculares periféricos; b) vainas parenquimáticas Kranz de los haces vasculares periféricos, representada por 2-3 células a cada lado del haz vascular. A su vez ambos géneros se diferencian en la zona de máximo desarrollo de la estructura Kranz, ya que a este nivel del tallo se presenta en *Eriochloa* un tipo de estructura Kranz aún no observado en tallo de gramíneas, representado por clorénquima y vaina Kranz dispuestos formando una estructura continua todo alrededor del transcorte.

En el género *Eriochloa* la vaina Kranz de las hojas presenta los cloroplastos en posición centrífuga (Ellis, 1977; Shaw y Smeins, 1981; Watson et al., 1986 y 1988); se trata de un género que utiliza la vía fotosintética del C_4 con enzimas descarboxilantes del tipo PCK (Gutiérrez et al., 1976). Las observaciones realizadas durante esta investigación muestran que tal carácter no es constante en tallo pues a veces, algunas células de la vaina Kranz, presentan los cloroplastos en posición centripeta.

Según Laetsch (1974: 47) la evidencia más obvia de la compartimentalización de la función en plantas C_4 es la acumulación de almidón en las células de la vaina vascular.

Se han aplicado varios métodos para reconocer los lugares donde ocurre la asimilación primaria del Carbono (PCA o clorénquima) y la reducción fotosintética del mismo (PCR o vaina Kranz), o sea la compartimentalización del proceso fotosintético. Uno de los métodos es el del test de almidón. Si bien la localización del almidón de síntesis no es un método que siempre dé resultados satisfactorios (Hattersley, 1977) puesto que bajo determinadas condiciones los cloroplastos de las células del mesófilo pueden también contener almidón (Hillard y West, 1970; Rathnam et al., 1976), es posible confiar en éste método en aquellos casos en que la reacción es categórica y únicamente se ubica almidón en la vaina Kranz.

La detección del tejido donde se realiza la asimilación primaria del Carbono y el tejido donde se

produce la reducción fotosintética del mismo, por cualquiera de los métodos en uso, se realizó siempre en hoja, constituyendo éste el primer aporte en tal sentido realizado en tallo de gramíneas.

La utilización de fluorescencia para diferenciar los cloroplastos especializados presentes en la vaina Kranz (que poseen una predominancia de fluorescencia en la región del espectro a la cual el ojo humano es relativamente insensible o una fluorescencia notoriamente reducida) y aquellos cloroplastos comunes presentes en el clorénquima (que presentan fuerte fluorescencia), se conoce desde 1975 (Elkin y Park). Lo observado en el tallo de las especies estudiadas de *Eriochloa*, nos muestra una autofluorescencia diferencial de los cloroplastos correspondiente al de una planta C_4 .

En ese mismo trabajo se señala una fuerte correlación entre las características ultramicroscópicas de los cloroplastos (reducción o desarrollo de grana) y la diferencia en la emisión de la fluorescencia entre plantas C_3 y C_4 .

Se conocía para hoja de especies de *Eriochloa* determinaciones de los isótopos estables del C ($\delta^{13}C$) con valores de: *E. aristata* $-12,8\text{‰}$, *E. michauxii* $-11,9\text{‰}$, *E. punctata* $-11,8\text{‰}$, *E. sericea* $-16,3\text{‰}$ (Brown, 1977), *E. meyeriana* $-12,7\text{‰}$ (Hattersley, 1982), correspondientes a especies C_4 . Se presentan en este trabajo determinaciones de isótopos estables de C para tallo en dos de las especies estudiadas, las que concuerdan con la vía fotosintética señalada para la hoja.

Los resultados del test de almidón, de la aplicación de microscopía de fluorescencia y los valores de $\delta^{13}C$ indican que los tallos expuestos de las especies estudiadas de *Eriochloa*, presentan un metabolismo fotosintético correspondiente al tipo C_4 .

RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el desarrollo de la estructura interna del tallo de las 3 especies estudiadas de *Eriochloa*, *E. montevidensis*, *E. pseudoacroticha* y *E. punctata*, se observó lo siguiente:

1. Desde la zona basal del tallo hacia la parte distal se visualizó aumento de las zonas ocupadas por el clorénquima y disminución de aquellas ocupadas por esclerénquima. La vaina parenquimática de los haces vasculares periféricos se presenta en la zona proximal del tallo formada por una o dos células a cada lado del haz vascular, aumentando paulatinamente el número y el tamaño de dichas células.

2. En la zona distal del tallo, inmediatamente por debajo de la inflorescencia, los haces vasculares periféricos han aumentado notoriamente su tamaño. La vaina Kranz y el clorénquima forman

aquí una estructura continua.

En esta zona del tallo se ha observado el máximo desarrollo de la estructura Kranz, es la región donde se puede obtener el aprovechamiento máximo de la luz, donde el síndrome alcanza su mayor perfección anatómica.

3. Es la primera vez que se describe para tallo de gramíneas una estructura Kranz de este tipo, es decir constituida por clorénquima subepidérmico y vaina Kranz formando una estructura continua en el transcorte.

4. Se describe por primera vez estructura Kranz en raquis y ramificación secundaria de inflorescencia de gramíneas.

5. No se visualizaron diferencias a nivel específico.

6. Todas las evidencias señaladas indican que la estructura Kranz del tallo de *Eriochloa* se corresponde con una fisiología acorde a la de una planta C_4 .

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a la Dra. Marta Gattuso (Cátedra de Botánica, Facultad de Farmacia, UNRosario) y al Ing. Agr. Eduardo Pire (Cátedra de Ecología, Facultad de Agronomía, UNRosario) por el envío de materiales frescos. Al Dr. Héctor O. Panarello (CONICET, INGEIS) por la datación de isótopos estables del C. Al Dr. Ernesto Medina (Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela), la posibilidad de discutir determinados aspectos del trabajo. A la Dra. Evangelina Sánchez, por la lectura del manuscrito y las valiosas sugerencias brindadas. A las técnicas Rosa Cristina Maetakeda (CONICET) y María Dolores Montero (MACN) por la preparación de los materiales histológicos. A la dibujante Delia Garrone (CONICET) por el entintado y montaje de las ilustraciones.

BIBLIOGRAFIA

- AUQUIER, P. et Y. SOMERS. 1967. Recherches histotaxonomiques sur le chaume des *Poaceae*. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique* 100 (1): 95-140, f 1-4.
- BROWN, W.V. 1977. The Kranz syndrome and its subtypes in grass systematics. *Mem. Torr. Bot. Club* 23 (3): 1-97.
- CLAYTON, W.D. and S.A. RENVOIZE, 1986. Genera Graminum: 1-389. *Kew Bull.* XIII: 389 pp., 24 fig., 2 tab. London.
- CANFIELD, R.H. 1934. Stem structure of grasses on the Jornada Experimental Range. *Bot. Gaz.* 95: 636-648.
- CUTLER, D. 1978. *Applied Plant Anatomy*. London Academic Press.
- D'AMBROGIO de ARGUESO, A. 1986. Manual de Técnicas en Histología Vegetal. Edit. Hemisferio Sur.
- DE WET, J.M. 1960. Culm anatomy in relation to taxonomy. *Bothalia* 7: 311-316.
- DIZEO de STRITTMATTER, C. 1980. Coloración con "Violeta de Cresyl". *Bol. Soc. Argent. Bot.* 19 (1-2): 273-276.
- 1986. Uso de técnicas de fluorescencia en materiales vegetales. *Parodiiana* 4 (2): 213-220.
- DUFFUS, C.M. and R. ROSIE. 1973. Some enzyme activities associated with the chlorophyll containing layers of the immature barley pericarp. *Planta* 114: 219-226.
- ELKIN, L. and R.B. PARK. 1975. Chloroplast fluorescence of C_4 plants. I. Detection with infrared color film. *Planta (Berl.)* 127: 243-250.
- ELLIS, R.P. 1977. Distribution of the Kranz syndrome in the southern African *Eragrostoideae* and *Panicoidae* according to bundle sheath anatomy and cytology. *Agroplantae* 9: 73-110.
- GOULD, F.W. 1968. *Grass systematics*. McGraw Hill Book Company. New York. U.S.A.
- GUTIERREZ, M., G.E. EDWARDS y W.V. BROWN. 1976. PEP Carboxykinase containing species in the *Brachyria* group of the sub-family *Panicoidae*. *Biochem. Syst. & Ecol.* 4: 47-49.
- HATTERSLEY, P.W. 1982. $\delta^{13}C$ values of C_4 types in grasses. *Aust. J. Plant Physiol.* 9: 139-154.
- and Z. ROKSANDIC. 1983. $\delta^{13}C$ values of C_3 and C_4 species of Australian *Neurachne* and its allies (*Poaceae*). *Austr. J. Bot.* 31: 317-321.
- , L. WATSON and C.B. OSMOND. 1977. In situ Immunofluorescent labelling of Ribulose-1,5-bisphosphate Carboxylase in leaves of C_3 and C_4 plants. *Aust. J. Plant Physiol.* 4: 523-539.
- HELLSTROEM, P. 1891. Anatomy of the stolons of *Graminaeae*, traducción de Theo Holm, 1892. *Bot. Gaz.* 17(4): 121-123.
- HILLIARD, J.H. and S.H. WEST. 1970. Starch accumulation associated with growth reduction at low temperatures in a tropical plant. *Science* 168: 494-496.
- HITCHCOCK, A.S. 1936. The genera of the Grasses of the United States. *Bull. U.S. Department of Agriculture* 772, 302 pp. Washington.
- and A. CHASE. 1951. *Manual of the Grasses of the United States*. U.S. Department of Agriculture, Miscellaneous Publication 200. Washington.
- JOHANSEN, D.A. 1940. *Plant microtechnique*. MacGraw Hill. New York.
- LAETSCH, W.M. 1974. The C_4 syndrome: a structural analysis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 25: 27-52.
- LINDLEY, J. traducción de J.E. Rothe. 1951. *Glosología o de los términos usados en Botánica*. Fundac. Miguel Lillo. Misc. 15. Tucumán.
- NICORA E.G. y Z. RUGOLO de AGRASAR. 1987. Los géneros de gramíneas de América austral. pp. 611. Editorial Hemisferio Sur.
- O'BRIEN, T.P. and M.E. McCULLY. 1981. The study of plant structure principles and selected methods. *Ter-marcarphi PTY LTD*, Melbourne, Australia.
- PANARELLO, H.O., M.C. ALBERO and F.E. ANGIOLINI. 1983. Stable isotope fractionation during the benzene synthesis for radiocarbon dating. *Radiocarbon* 25 (2): 529-532.
- PARK, R. and S. EPSTEIN. 1961. Metabolic fractionation of C^{13} & C^{12} in plants. *Plant Physiol.* 36 (2): 133-138.
- PARODI, L.R. 1965. Las especies argentinas de *Eriochloa* (*Graminae*). *Kurtziana* 2: 95-106.
- POHL, R.W. and N.R. LERSTEN. 1975. Stem aerenchyma

- as a character separating *Hymenachne* and *Sacciolepis* (*Gramineae-Panicoideae*). *Brittonia* 27: 223-227.
- PRENDERGAST, H.D.V. and P.W. HATTERSLEY. 1985. Distribution and cytology of Australian *Neurachne* and its allies (*Poaceae*), a group containing C_3 , C_4 and C_3 - C_4 intermediate species. *Aust. J. Bot.* 33: 317-336.
- RATHNAM, C.K.M., A.S. RAGHAVENDRA and V.S.R. DAS. 1976. Diversity in the arrangements of mesophyll cells among leaves of certain C_4 dicotyledons in relation to C_4 physiology. *Z. Pflanzenphysiol.* 77: 283-291.
- SABNIS, T.S. 1921. The physiological anatomy of the plants of the Indian desert. *Journal of Indian Botany* 2 (8-9): 217-227.
- SANCHEZ, E. 1969. Las especies de *Cynodon* (*Gramineae*) de la República Argentina. *Kurtziana* 5: 191-252.
- 1979. Estructura Kranz en tallos de *Gramineae* (*Eragrosteae*). *Kurtziana* 12-13: 113-118.
- 1981a. Desarrollo de la estructura Kranz en tallos de *Gramineae*. *Lilloa* 35: 37-40.
- 1981b. Variación de la estructura Kranz en el tallo de *Diandrochloa glomerata* (Walter) Burkart. *Lilloa* 35: 41-46.
- 1983a. Estudios anatómicos en *Blepharidachne* Hackel (*Poaceae-Eragrostoideae-Eragrosteae*). *Revista Inst. Nac. Invest. Ci. Nat., Ci. Bot.* 4 (3): 73-87.
- 1983b. *Dasyochloa* Willdenow ex Rydberg (*Poaceae*). Género monotípico de Norteamérica. *Lilloa* 36 (1): 131-138.
- 1984. Estudios anatómicos en el género *Munroa* (*Poaceae, Chloridoideae, Eragrostoideae*). *Darwiniana* 25 (1-4): 43-57.
- 1986. Importancia de la anatomía caular en los estudios agrostológicos. Resúmenes IVº Congreso Latinoamericano de Botánica, Medellín-Colombia, pág. 150 (Abstract).
- , M.O. ARRIAGA y H.O. PANARELLO. 1987. El síndrome de Kranz en tallos de *Chrysanthellum* (*Asteraceae*). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 25 (1-2): 123-129.
- , M.O. ARRIAGA and R.P. ELLIS. 1989. Kranz distinctive cells in the culm of *Arundinella* (*Arundinelleae; Panicoideae; Poaceae*). *Bothalia* 19: 45-52.
- y Z.E. RUGOLO de AGRASAR. 1986. Estudio taxonómico del género *Lycurus* (*Gramineae*). *Parodiana* 4 (2): 267-310.
- SHAW, R.B. and F.E. SMEINS. 1981. Some anatomical and morphological characteristics of the North American species of *Eriochloa* (*Poaceae-Paniceae*). *Bot. Gaz.* 142 (4): 534-544.
- and R.D. WEBSTER. 1987. The genus *Eriochloa* (*Poaceae-Paniceae*) in North and Central America. *SIDA* 12 (1): 165-207.
- WATSON, L., M.J. DALLWITZ and C.R. JOHNSTON. 1986. Grass genera of the World: 728 detailed descriptions from an automated database. *Austr. J. Bot.* 34: 223-230.
- and M.J. DALLWITZ. 1988. Grass genera of the world. The Australian National University Research School of Biological Sciences. Canberra.