

LA CITOLOGÍA DE *SORGHUM ALMUM PARODI*

NUEVA ESPECIE CON 40 CROMOSOMAS

I

LOS CROMOSOMAS SOMÁTICOS

POR

FRANCISCO ALBERTO SAEZ Y OVIDIO NÚÑEZ



LA PLATA
REPÚBLICA ARGENTINA

—
1943

LA CITOLOGÍA DE *SORGHUM ALMUM PARODI*

NUEVA ESPECIE CON 40 CROMOSOMAS

I

LOS CROMOSOMAS SOMÁTICOS

POR FRANCISCO ALBERTO SAEZ Y OVIDIO NÚÑEZ

INTRODUCCIÓN

La contribución de la citogenética al progreso de la taxonomía, cobra mayor importancia, a medida que se avanza en el conocimiento de las correlaciones y evolución de los diferentes grupos sistemáticos. Se hace indispensable el fundamento citológico en los problemas de la sistemática moderna.

Son cada vez más numerosos los ejemplos de las relaciones existentes entre el cariotipo, la clasificación natural y la formación de las especies vegetales, constituyendo uno de los aspectos teóricos y aplicados más trascendentales de la genética contemporánea.

Desde este punto de vista, existen grupos en donde aún no se ha llegado a una uniformidad de criterio en cuanto a su sistemática. Tal es el caso del género *Sorghum*, originario de Africa y Asia y constituido por numerosas formas silvestres y cultivadas. En él no se ha demostrado todavía la formación y parentesco de muchos de sus componentes.

En América existen, en cultivo o subespontáneos, representantes descendientes de aquellas especies, los que en su mayor parte han sido objeto de estudios taxonómicos, citológicos y genéticos.

Entre los diversos sorgos cultivados en la República Argentina

se encuentra una especie forrajera que se ha difundido, desde hace algunos años, en las provincias de Córdoba, Santa Fe, San Luis y Santiago del Estero. A esta especie se la conoce vulgarmente con los nombres de « sorgo negro » y « Sudán negro », y recientemente Parodi (1943) la ha descrito como especie nueva bajo el nombre de *Sorghum almum* (lám. I). Sus caracteres son muy interesantes por presentar semejanzas con *S. halepense* y con algunas especies de la serie *Spontanea* de la subsección *Arundinacea* del mismo género, similitudes que han sido puestas de manifiesto por dicho autor.

El objeto del presente estudio, al que seguirá otro sobre el proceso meiótico, es dar a conocer el número, organización y comportamiento de los cromosomas, en un intento de contribuir a la solución del problema planteado por su origen, aún desconocido, y sus posibles relaciones con otras especies del género. El trabajo fué realizado en el laboratorio de Citología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata y Departamento de Botánica del Instituto del Museo de La Plata.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material utilizado proviene de los cultivos del Jardín Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de La Plata, controlados bajo la designación F 347, F 348 y F 349. Las semillas que han originado estos cultivos fueron traídas de la provincia de Córdoba (Río III), en 1940, por el ingeniero agrónomo Arturo Burkart.

El presente estudio fué llevado a cabo durante los años 1940, 1941, 1942 y 1943.

La obtención de raíces se efectuó colocando rizomas en desarrollo en recipientes con agua o con solución nutritiva de Knop. Se utilizaron también raicillas de semillas germinadas en cámara húmeda a 30°C. y a la temperatura ambiente del laboratorio (22°-24°C.). En algunas ocasiones las semillas fueron sometidas a un tratamiento previo a su germinación, colocándolas en heladera a

una temperatura de 0° a 1°C. durante tres a cuatro días, obteniéndose buenos resultados mediante este último procedimiento. Cuando se trataron raíces demasiado gruesas, ellas fueron cortadas en dos mitades longitudinales, aprovechándose esta circunstancia para sumergirlas en diferentes fijadores.

Debido a la variedad del mezclas fijadoras utilizadas con este material, las separaremos, de acuerdo a la división considerada por uno de nosotros (Saez, inédito), en tres grupos principales.

a) Mezclas al formol-cromo-acético : Navashin, Lewitsky, Avdulow, Müntzing ;

b) Mezclas al picro-formol-cromo-acético : Bouin-Allen, variante del Allen denominada PFCA3 (Saez, 1927) ;

c) Mezclas ósmicas : La Cour 2BD. Variante del Flemming denominada COA4, cuya composición es la siguiente :

Solución acuosa ácido crómico 1 %.....	15 cc
Solución acuosa ácido ósmico 2 %.....	4 cc
Acido acético glacial.....	1 gota

Los resultados más notables se obtuvieron con las mezclas pertenecientes al grupo c). El La Cour 2BD demostró inconstancia. Su penetración es insuficiente, pero en los casos en que se obtuvo éxito las placas metafásicas resultaron inmejorables. Supera, por su acción sobre la estructura del cromosoma, a todas las restantes mezclas fijadoras. Muy buena fijación se obtuvo con la variante COA4. Los cromosomas aparecen en las placas metafásicas bien separados, no hallándose contracción o fusión de los elementos, tan habituales cuando el material fué fijado con las mezclas de los grupos a) y b). El PFCA3 es el que más se aproxima a las mezclas ósmicas en lo que respecta a la morfología de los cromosomas, sobre todo cuando es mejorado con la adición de saponina o maltosa. Resultados muy distintos se obtuvieron con los fijadores pertenecientes al grupo a). Determinan una acentuada contracción longitudinal de los elementos, los cuales aparecen muchas veces unidos, dificultando su recuento. La morfología individual es diferente e inferior a la hallada con las mezclas de los otros dos grupos. En todos los casos la fijación se prolongó durante 24 horas.

La deshidratación se llevó a cabo empleando como intermedio el cloroformo. Inclusión en parafina y cortes de 10, 12 y 14 micrones.

Coloración por medio del cristal violeta y hematoxilina férrica, habiendo resultado ambos métodos muy eficientes. Cabe destacar que la tinción de los preparados con cristal violeta y hematoxilina resultó excelente en el material fijado con PFCA3.

Los dibujos se efectuaron por medio de la cámara clara de Abbe, estando el papel sobre el nivel de la mesa. Se empleó el objetivo Zeiss semiapocromático de 100 diámetros y un ocular compesador $\times 20$.

Los autores se complacen en expresar su agradecimiento al profesor ingeniero agrónomo Lorenzo R. Parodi por su constante interés y valiosa cooperación en el curso de esta investigación. Y al profesor ingeniero agrónomo Arturo Burkart por haber proporcionado el material para la realización de este trabajo y por las atenciones que nos ha dispensado.

OBSERVACIONES

El estudio de los cromosomas se llevó a cabo exclusivamente en el meristema radicular de un considerable número de individuos.

No ha sido tarea fácil la exacta determinación del número diploide de cromosomas en nuestro material. La dificultad ha sido debida, en parte, a la acción distinta de los fijadores, pues a menudo la aglomeración de los elementos en la placa, producida por coagulación un tanto violenta, los une por sus extremos proximales. En estos casos los elementos semejan una forma de V que muy pocos cromosomas exhiben en *Sorghum almum*.

Una vista polar del huso durante la metafase muestra los 40 cromosomas, tal como puede verse en las figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 11.

En los individuos estudiados se ha podido comprobar la presencia de los 40 cromosomas uniformemente distribuidos en el plano ecuatorial. Debido al pequeño tamaño, al número elevado y a que las cargas electrostáticas de cada uno de los elementos es proba-

blemente proporcional a su tamaño, el arreglo de éstos no presenta una ordenación característica. Todos los cromosomas, cualquiera sea su tamaño, se encuentran insertos en la parte central del huso.

No obstante existir una cantidad apreciable de cromosomas, ha sido posible observar en ciertos casos apareamiento somático de algunos miembros homólogos del complejo. Tal hecho ha sido favorecido por tratarse de elementos sumamente pequeños, lo cual facilita su desplazamiento mecánico en el campo del huso. En las figuras 1, 2, 3 y 9 se pueden observar algunos ejemplos de apareamiento somático.

La forma de los cromosomas no es la misma en los distintos elementos. Hay cromosomas cuyo centromero es terminal o submediano, y otros que son típicamente metacéntricos, es decir, con el centromero ubicado en la parte media del elemento. En este último caso se nota la constricción céntrica que se-

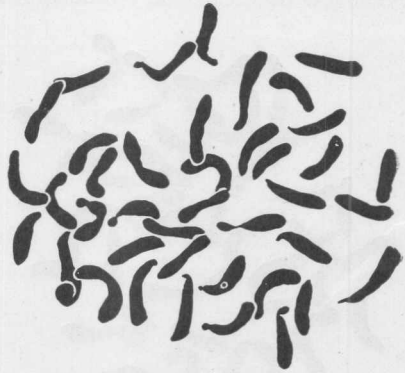


Fig. 1. — Metafase con 40 cromosomas. PFGA3. Hematoxilina férrica. Aumento 4000 diámetros

para al elemento en dos ramas ligeramente curvadas que varían en tamaño, pues no siempre son del mismo largo, tal como lo muestran las diversas figuras del texto. Además se hallan cromosomas subteloecéntricos cuyo centromero se encuentra casi en la extremidad proximal. Estos elementos se caracterizan por poseer una punta delgada dirigida hacia el eje del huso (figs. 1, 2 y 7).

La influencia de la fijación se ha ejercido sobre la forma de los diferentes cromosomas. Hasta tal punto, que luego de cierta práctica nos ha sido posible establecer dos tipos de placas: las fijadas por el grupo formol-cromo-acético y sus variantes y las que fueron tratadas por las mezclas a base de ácido ósmico. Los cromosomas fijados por los reactivos del grupo mencionado en primer término, presentan siempre su diámetro más grueso y su longitud menor (figs. 1, 3, 8 y 9.) que aquellos que han sido sometidos a la acción

de las mezclas ósmicas (figs. 4, 5, 6 y 7). Sin embargo, se han hallado algunas placas en las cuales los cromosomas exhiben morfología diferencial parecida con ambos tipos de mezclas fijadoras; PFCA3 y mezclas ósmicas. Son estos ejemplos los que se han tenido en cuenta para su análisis.

Se encuentran elementos cuyos homólogos son más o menos identificables, pero no es posible en todos los casos establecer su presencia. Huskins y Smith (1932), han conseguido destacar la existencia de un par de cromosomas diferenciales que ellos llaman

cromosomas A. Estos elementos poseen una estructura característica. Consisten de una porción alargada con una constricción prominente en posición subterminal y de otra porción más corta, unida a la anterior por un delgado filamento cromatínico. Comúnmente puede verse en las figuras de dichos autores que la rama corta se halla dirigida hacia la periferia del huso.

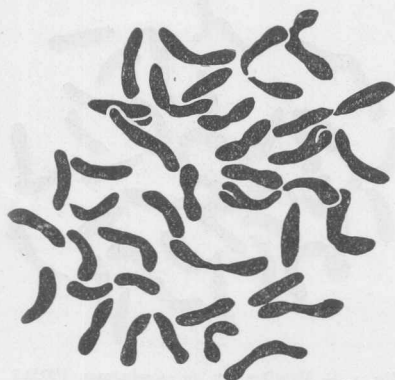


Fig. 2. — Metafase con 40 cromosomas. Cromosmio-acético 4. Cristal violeta. Aumento 4000 diámetros

Se dedicó preferente atención a la búsqueda de este cromosoma A. Las figuras 4, 5 y 6 muestran algunas de las placas en que hemos hallado una pareja diferencial semejante a la descrita por Huskins y Smith. Concuerdia en general, pero la posición de la rama más corta en lugar de estar dirigida siempre hacia la periferia, se halla a veces hacia el eje del huso. Hemos observado células en las cuales, mediante un análisis minucioso, pudo comprobarse la presencia de un tercer cromosoma que por su configuración tiene marcada semejanza con la pareja de elementos A. Este cromosoma, constituido por dos ramas de distinto largo, posee un filamento de unión más corto que el que caracteriza a dicha pareja. Por esta circunstancia puede ser fácilmente confundido con los demás miembros del complejo.

Este interesante hallazgo ha podido realizarse gracias al empleo del fijador La Cour 2BD, única mezcla con la cual se llega a descubrir la típica estructura diferencial de dichos elementos, técnica que por otra parte ha sido también la empleada por Huskins y Smith. De manera que, en placas óptimamente fijadas, cuyos cromosomas se hallen bien extendidos y no hayan sido seccionados, parecerían existir 3 cromosomas de tipo A que individualizarían a *Sorghum alnum* (figs. 4, 5 y 6).

Constricciones secundarias nítidamente diferenciables no han podido observarse. Sin embargo, el contorno de algunos cromosomas presenta extrangulaciones no muy acentuadas que podrían ser consideradas como tales. En la figura 1 pueden distinguirse algunos cromosomas cuyas constricciones céntricas delimitan una región o cabeza en el extremo proximal, algo semejante a un satélite. El tamaño de estas prominencias es variable, existiendo algunas muy pequeñas, mientras que otras son más voluminosas. La aparición de estos « satélites » no es constante, pudiendo depender de la naturaleza de los fijadores empleados, especialmente cuando se trata de los pertenecientes a los grupos a) y b).

Poner de manifiesto en forma precisa la configuración particular de los diferentes cromosomas de *Sorghum alnum* resulta tarea sumamente difícil, en virtud del pequeño tamaño de los elementos.

En cuanto a las dimensiones relativas de los cromosomas de esta especie, se puede establecer una serie ascendente que oscila de 1,9 a 3,6 micrones. Los cromosomas medianos presentan uniformidad de tamaño, pues su longitud es generalmente de 2 micrones.

Nuestro material presenta ligera variación en el largo de los elementos de acuerdo a los fijadores empleados. Es así que con el



Fig. 3. — Metafase con 40 cromosomas PFGA3. Hematoxilina férrica. Aumento 4000 diámetros.

PFCA3 los tamaños oscilan de 1,7 a 2,9 micrones y con las mezclas ósmicas de 1,9 a 3,6 micrones. Los cromosomas más largos de *Sorghum alnum* son los que hemos señalado como elementos A: su longitud alcanza a 3,6 micrones. En cuanto al cromosoma que hemos caracterizado como posible tercer elemento A es un poco mayor de 3 micrones.

En el curso de la presente investigación hemos hallado dos casos en que el número diploide examinado es de 39 cromosomas, (figs. 8, 9, 10 y 12.) Esta cifra se mantiene constante en toda la raíz de los individuos estudiados.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Cuando Longley (1924), en su clásico estudio sobre los cromosomas del maíz y las formas íntimamente relacionadas con éste, descubrió que en el teosinto perenne, *Euchlaena perennis* Hitch., existían 40 cromosomas diploides en contraposición a los 20 hallados en el teosinto anual, *Euchlaena mexicana*, planteó un problema de sugestivas proyecciones. Este mismo hecho, confirmado posteriormente por el mismo autor (1932) en el sorgo perenne, *Sorghum halepense* ($2n = 40$), con respecto a los sorgos anuales, *S. sudanense*, etc. ($2n = 20$), muestra una indudable correlación entre la característica fisiológica de la duración y el número de cromosomas. Evidencia que también se manifiesta en *S. versicolor* que posee 10 elementos diploides y que tiene menor vitalidad que las especies de 20 cromosomas. Randolph (1931), induciendo la formación tetraploide de *Euchlaena* pudo comprobar que esta planta obtenida experimentalmente también es perenne.

Recientemente Salomón (1942), ha obtenido mediante el empleo de la colchicina una forma tetraploide de *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf. Como esta forma ha sido obtenida últimamente, no es posible afirmar todavía si su hábito vegetativo ha cambiado.

El material por nosotros estudiado, *Sorghum alnum*, reúne las mismas características que distinguen a *S. halepense* de las especies anuales, es decir que es perenne y posee 40 cromosomas somáticos.

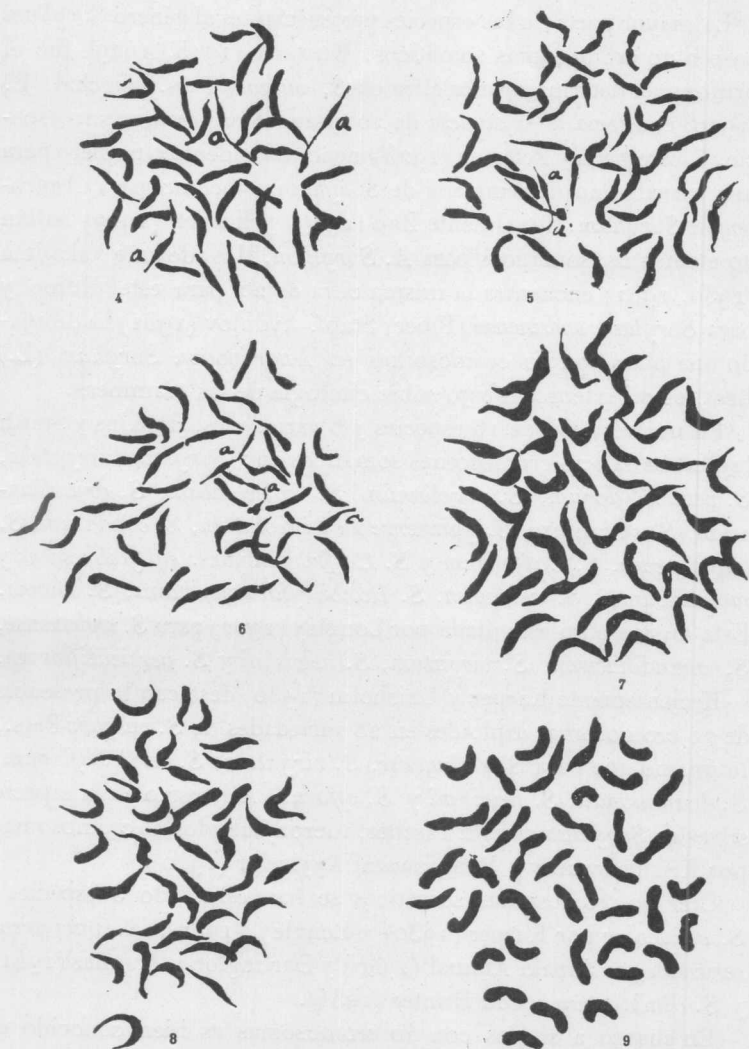


Fig. 4, Vista polar de una metafase con 40 cromosomas. Están presentes los tres cromosomas A. Aumento 3.700 diámetros. La Cour 2BD. Cristal Violeta ; fig. 5, Metafase con 40 cromosomas. La Cour 2BD. Cristal violeta ; fig. 6, Metafase con 39 cromosomas por haberse cortado uno con el microtomo. Están presentes los tres elementos A. La Cour 2BD. Cristal violeta. 3.700 diámetros ; fig. 7, Metafase con 40 cromosomas. COA4 (variante del Flemming). Cristal violeta. 3.700 diámetros ; fig. 8, Metafase con 39 cromosomas correspondiente al individuo 2n-1. PFCA3 (variante al Allen). Cristal violeta. 3.700 diámetros ; fig. 9, Metafase con 39 cromosomas del otro ejemplar 2n-1. Navashin. Hematxilina férrica. 3.700 diámetros.

La mayor parte de las especies pertenecientes al género *Sorghum* poseen 20 cromosomas somáticos. Kuwada (1915, 1919) fué el primero en determinar esta cifra en *S. vulgare* Pers. Marchal, E. (1920) confirma la existencia de 20 cromosomas en la misma especie. Kiesselbach y Petersen (1925) mencionan idéntico número para una variedad no determinada de *Sorghum* así como para *Andropogon Sorghum*. Igualmente Rau (1929) y Karper (1929) hallan 20 elementos, somáticos para *A. Sorghum*. Más adelante Nakajima (1930, 1931) encuentra la misma cifra de 20 para este último y para *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf. Avdulov (1931) ha dibujado una placa con 20 cromosomas en *Andropogon Sorghum* (L.) Brot. en su extenso trabajo sobre citología de las gramíneas.

En una revisión de 16 especies y 6 variedades, Huskins y Smith (1932) hallan 20 cromosomas somáticos en : *Sorghum virgatum*, *S. verticilliflorum*, *S. vogelianum*, *S. lanceolatum*, *S. arundinaceum*, *S. sudanense*, *S. guineense* var. *involutum*, *S. caudatum*, *S. papyrescens*, *S. Caffrorum* y *S. Caffrorum* vars. *subglabrescens* y *melaleucumm*, *S. cernuum*, *S. Roxburghii* var. *hians*, *S. Durra*. Esta misma cifra es hallada por Longley (1932) para *S. sudanense*, *S. arundinaceum*, *S. virgatum*, *S. hewisoni* y *S. verticilliflorum*.

Recientemente Karper y Chisholm (1936) destacan la presencia de 20 cromosomas diploides en 28 variedades de *S. vulgare* Pers., lo mismo que para *S. sudanense*, *S. virgatum*, *S. verticilliflorum*, *S. drummondii*, *S. hewisoni* y *S. effusus*. Asimismo en la especie silvestre *Sorghum stapffii* Fischer, fueron hallados 20 cromosomas por Krishnaswamy y Rangaswami Ayyysngar (1940).

Con 10 cromosomas somáticos se han estudiado 3 especies : *S. versicolor* por Karper (1930) y Longley (1932), *S. purpureosericeum* por Janaki Ammal (1940) y Darlington y Thomas (1941) y *S. dimidiatum* según Hunter (1934).

En cuanto a sorgos con 40 cromosomas es bien conocido el ejemplo que nos ofrece *S. halepense*, investigado por Church (1929), Karper (1929, 1930, 1936), Nakajima (1930), Longley (1932) y Huskins y Smith (1932). Por otra parte, Karper y Chisholm (1936) hacen referencia a *S. halepense miliformis* Schultes también con 40 cromosomas. Katerman (1930) menciona a *Andro-*

pogon halepensis con 10 bivalentes, hecho que está en contradicción con las observaciones precedentes. Es probable que se trate en este caso de un error en la determinación sistemática de esa especie. En un género emparentado con los sorgos, *Sorghastrum nutans* (L.) Nash, que también es perenne, Church (1929) halla 40 elementos. Idéntica observación fué hecha por Karper y Chisholm (1936), para *Andropogon anulatus*, forma perenne de 40 cromosomas originaria de la India.

Respecto a los dos individuos con 39 cromosomas encontrados en nuestro material, no estamos en condiciones de asegurar si estos núcleos hipoploides ($2n - 1$) se produjeron por irregularidades durante la meiosis o mitosis en virtud de no haberse individualizado los ejemplares de donde provenían.

En ningún caso hallamos áreas tetraploides u octoploides del tipo de las descriptas por Huskins y Smith (1932).

Sorghum alnum y *Sorghum halepense* constituyen por lo tanto las dos únicas especies dentro del género que poseen 40 cromosomas diploides. La evidencia citológica presentada por *S. alnum*, unida a la particularidad de presentar caracteres comunes con *S. halepense*, justifican ampliamente su inclusión en la subsección Halepensia de Snowden (1935), tal como lo ha considerado Parodi (1943) en su minucioso estudio taxonómico.

La configuración de los cromosomas ha sido para nosotros una de las modalidades fundamentales tenidas en cuenta en el presente estudio. Si hubiésemos considerado únicamente la morfología de los cromosomas de acuerdo al empleo de técnicas poco selectivas, no habría sido posible dilucidar críticamente la estructura diferencial exhibida por algunos elementos característicos del complejo.

Ninguno de los métodos, a excepción del La Cour 2BD, nos permitió percibir la fina estructura presentada por los cromosomas, especialmente la de los elementos A. La existencia de estos últimos cromosomas, que no han sido hallados por Krishnaswamy (1940), constituye un problema de sumo interés en la citogenética de los sorgos. Las figuras publicadas por otros autores que han investigado en el género no revelan la forma tan peculiar de estos cromosomas descubiertos por Huskins y Smith (1932). Creemos que en

este caso se trata de un problema de técnica. No obstante la crítica hecha por Johansen (1940), las mezclas fijadoras a base de bicromato de potasio y ácido crómico, si bien inconstantes, son las que han dado mayor rendimiento con nuestro material.

Por otra parte, existe una posibilidad prevista por Huskins y Smith (1932), con respecto al elemento A, y es que « un cromosoma con tan fina constitución podría ser fácilmente fragmentado y su forma característica por lo tanto destruida ». Si bien este hecho puede ser la causa de la ausencia de tal elemento, en algunas de nuestras preparaciones, podría también pasar desapercibido como consecuencia de la acción ejercida por las condiciones fisiológicas sobre los resultados de la fijación, de acuerdo a lo sugerido por Müntzing (1935).

Las dimensiones relativas de los cromosomas de *S. alnum* concuerdan con las observadas por Huskins y Smith, ya que estos autores encuentran una variación de 1,2 a 3.3 micrones. El término medio de longitud dado por Karper y Chisholm (1936) para *S. halepense* es de 1,98 micrones. Como lo han hecho notar Karper y Chisholm (1936), el tamaño de los cromosomas en las especies que poseen 10, 20 y 40 cromosomas somáticos, respectivamente, disminuye a medida que aumenta el número de elementos. De acuerdo a esta observación, indican que 2 de los cromosomas de *S. halepense* poseen la misma longitud que los más cortos de *S. versicolor* y que los 4 mayores de *S. vulgare*. Agregan que la mayor parte de los cromosomas de *S. halepense* son más cortos que los de *S. vulgare*, siendo unos cuantos de la misma longitud en ambas especies. Deducen por lo tanto que si *S. versicolor* es el diploide, *S. vulgare* el tetraploide y *S. halepense* el octoploide, debieron existir otras causas, además de la duplicación de los cromosomas, que actuaron en la evolución de esas especies.

El hecho de existir en el género *Sorghum* una serie poliploide constituida por términos con $2n = 10$, $2n = 20$ y $2n = 40$, implicaría considerar que las especies comprendidas en el último son octoploides. Pero, por una parte, Snowden (1935), establece que el grupo de los sorgos con $2n = 10$, o sea los presuntos diploides de la serie, tienen un origen diferente de los sorgos con $2n = 20$ y

$2n = 40$, no habiendo tomado parte probablemente en la evolución de los sorgos cultivados; y, por otra parte, Huskins (citado por Hunter, 1934) sugiere que los sorgos con 10 cromosomas somáticos constituyen un grupo estrechamente interrelacionado y muy distinto, por su citología, de los restantes del género. Al hacer esta afirmación se basa Huskins en que el tamaño y la morfología de los cromosomas de las especies con $2n = 10$ son diferentes de los de las especies con $2n = 20$ y $2n = 40$.

En base a estos hechos, las especies pertenecientes a estas dos últimas series deben ser consideradas como diploides y tetraploides respectivamente, mientras el problema no sea aclarado definitivamente por nuevas investigaciones.

Karper y Chisholm (1936), han cultivado un híbrido conocido como « Johnsorgo », obtenido aparentemente de una cruce entre *S. halepense* ($2n = 40$) y « Honey sorgo », perteneciente al grupo de los *vulgare* ($2n = 20$). Semillas de las últimas generaciones de este cruzamiento produjeron plantas parcialmente estériles y aquellas estudiadas demostraron poseer un número diploide de 30, 36 y 40 cromosomas. Estas últimas fueron aisladas y la descendencia examinada mostró poseer 40 cromosomas diploides. Las plantas fueron fértiles y produjeron semillas viables.

Sus caracteres generales concuerdan notablemente, por lo tanto, con los presentados por nuestro material, pues son fértiles, poseen un número cromosómico diploide semejante a *S. halepense*, presentan rizomas y son perennes, aunque no tanto como esta última especie. De aquí que, según los autores mencionados, podrían existir otras causas, además de la duplicación cromosómica, que produjeron las diferencias entre los sorgos anuales y perennes.

Si se tiene en cuenta que *S. halepense* se diferencia de las formas con $2n = 10$ y $2n = 20$ cromosomas por ser perenne, esto sugiere, siendo correcta la presunción de Karper y Chisholm, que el carácter de perennidad no implica necesariamente una derivación directa de una forma anual por simple duplicación, como por ejemplo en el caso de la *Euchlaena* tetraploide obtenida experimentalmente por Randolph (1931).

En efecto, en *S. halepense* uno de los aspectos más interesantes

de su complejo somático es que, lo mismo que en las especies anuales, se hallan presentes, según lo observado por Huskins y Smith (1932), 2 cromosomas A en vez de 4, como lógicamente debiera suceder si se tratase de una especie autopoliploide. Esto los lleva a considerar que *S. halepense*, es una especie alopoliploide originada por duplicación cromosómica de un híbrido, en el que uno de los progenitores pertenecería a un género diferente de *Sorghum*.

En este orden de ideas, Parodi, en su diagnosis, al analizar las relaciones de *S. alnum* con *S. halepense* establece entre los caracteres comunes a ambos la presencia de rizomas, la configuración de las espiguillas y su habitat perenne, diferenciándolo de este último por las cañas más altas y macizas, por los rizomas más breves y no invasores, por las panojas más amplias, las matas más espesas y las espiguillas y granos mayores. Además establece que presenta marcada semejanza con *S. sudanense*, *S. arundinaceum*, *S. verticilliflorum*, etc.

En concordancia con el criterio taxonómico antes expuesto, creemos que *Sorghum alnum* sería un híbrido interespecífico originado por el cruzamiento de un gameto no reducido, y por lo tanto diploide, de una especie perteneciente a la subsección Arundinacea ($2n = 20$) con un gameto normal de *S. halepense*. La existencia de un tercer cromosoma A en el complejo somático de *S. alnum*, vendría a reforzar esta hipótesis. Si así fuese, el gameto proveniente del progenitor con $2n = 20$ llevaría los 2 cromosomas A característicos del complejo diploide, mientras que el gameto aportado por el progenitor con $2n = 40$ llevaría solamente un cromosoma A. Se trataría, pues, de una especie alopoliploide originada por la fecundación de dos gametos con 20 cromosomas cada uno.

CONCLUSIONES

1ª En *Sorghum alnum* Parodi, nueva especie perenne de sorgo descubierta en la Argentina, existen 40 cromosomas como número diploide.

2ª La morfología de los cromosomas responde a los tipos subtelocéntrico, y metacéntrico de acuerdo al punto donde se encuentra ubicado el centromero.

3ª Se ha logrado identificar una pareja de cromosomas similar a la descrita por Huskins y Smith (1932), designada por estos autores como « cromosomas A ». Se ha descubierto un tercer cromosoma de configuración semejante a dichos elementos, aunque algo más corto. La estructura diferencial de estos cromosomas ha podido ser esclarecida mediante el empleo de la mezcla fijadora La Cour 2BD, siendo prácticamente imposible destacar su presencia por medio de otras técnicas.

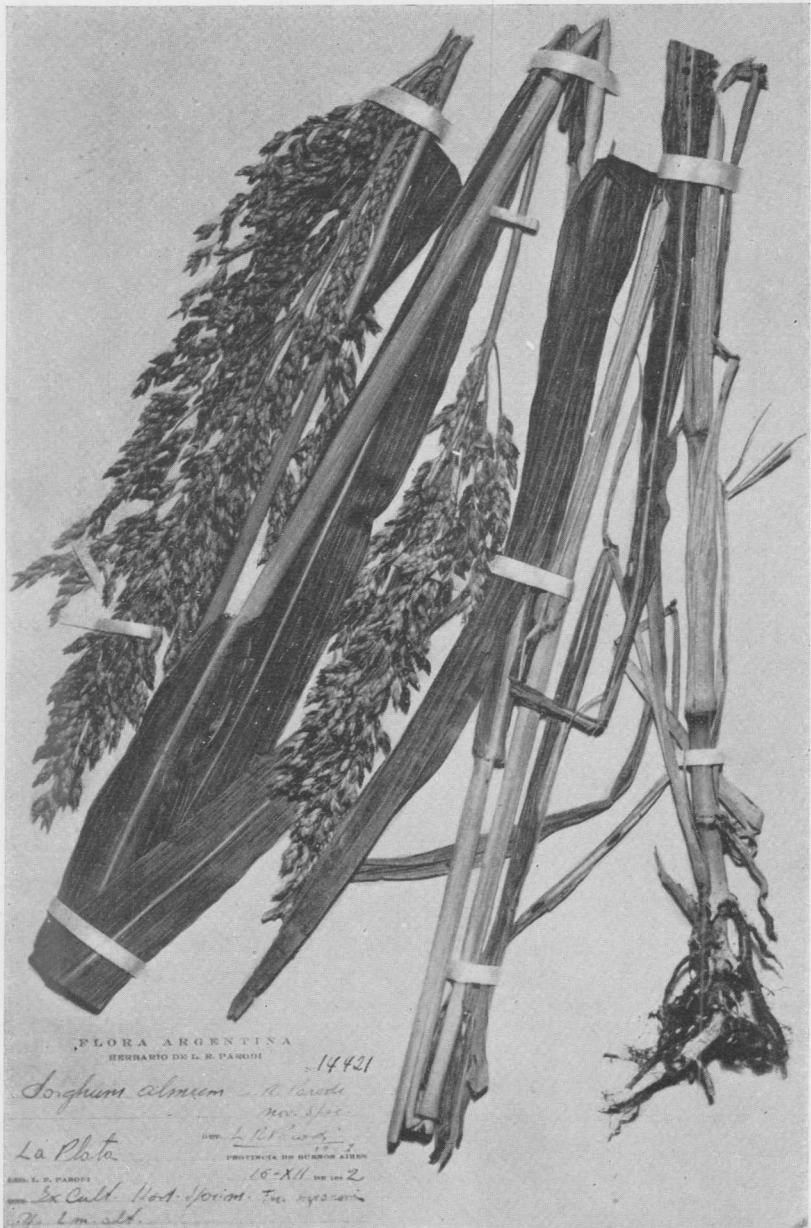
4ª Las dimensiones relativas de los cromosomas comprende una serie ascendente cuya longitud varía de 1,9 a 3,6 micrones.

5ª Respecto a su posible origen, los autores enuncian una interpretación concordante con el estudio taxonómico realizado por Parodi (1943), basándose en el número y morfología diferencial de los cromosomas. Llegan a la conclusión que *Sorghum alnum*, sería una especie aloploiploide formada por el cruzamiento de un gameto normal de *Sorghum halepense* con un gameto diploide de una especie de la subsección Arundinacea.

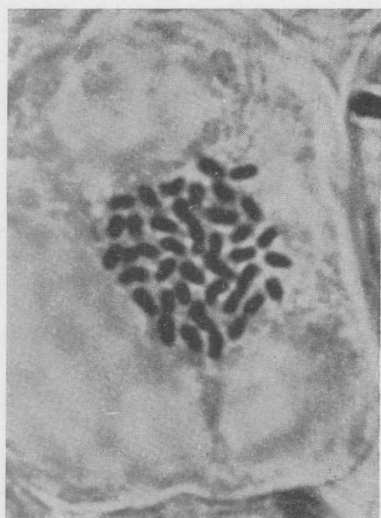
BIBLIOGRAFIA CITADA

- AVDULOV, N. P., 1931. *Karyo-sytematische Untersuchung der Familie Gramineen*, en *Bull. Appl. Bot., Genetics and Plant-Breeding* (Suppl. 44), 428 pp. Leningrad.
- DARLINGTON, C. D. y P. T. THOMAS, 1941. *Morbid mitosis and the activity of inert chromosomes in Sorghum*, en *Proc. Roy. Soc. B*, vol. 130, n° 85.
- HUNTER, A. W. S., 1934. *A kariosistematic investigation in the Gramineae*, en *Canad. Jour. Research*, vol. 11, p. 213.
- JANAKI-AMMAL, E. K., 1940. *Chromosome diminution in a plant*, en *Nature*, vol. 146, p. 839.
- JOHANSEN, D. A., 1940. *Plant Microtechnique*. New York.
- KATTERMANN, G., 1930. *Chromosomenuntersuchungen bei gramineen*, en *Planta* (*Arch. Wiss. Bot.*), vol. 12, p. 19.
- KARPER, R. E., 1929. *Annual Reports Texas Agr. Exp. Sta.*, vol. 49, p. 58.
- 1930. *Inheritance in grain sorghums*, en *Annual Reports Texas Agr. Exp. Sta.*, vol. 43, p. 48.

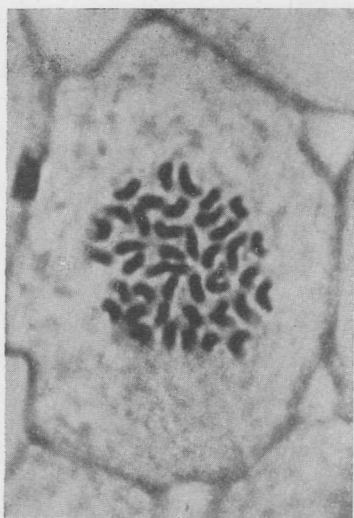
- KARPER, R. E. y A. T. CHISHOLM, 1936. *Chromosome numbers in Sorghum*, en *Amer. Jour. Bot.*, vol. 23, n° 5.
- KIESSELBACH, T. A. y N. F. PETERSEN, 1925. *The Chromosome number of maize*, en *Genetics*, vol. 10, p. 80.
- KRISNASWAMY, N., 1940. *Untersuchungen zur Cytologie und Systematik der Graminien*, en *Botanisches Zent. Beih. Abt. A*, vol. 60, p. 1.
- KRISNASWAMY, N. y G. N. RANGASWAMI AYYSGAR, 1940. *Note on Sorghum sapfii C. E. C. Fischer*, en *Current Scien. (Bangalore)*, vol. 9, p. 461.
- KUWADA, Y., 1915. *Ueber die Chromosomenzahl von Zea mays L.*, en *Bot. Mag. Tokyo*, vol. 29, p. 83.
- 1919. *Die Chromosomenzahl von Zea mays L. Ein Beitrag zur Hypothese der Individualität der Chromosomen und zur Frage über die Herkunft von Zea mays L.*, en *Jour. Coll. Scien. Imp. Univ. Tokyo*, vol. 30, p. 1.
- LONGLEY, A. E., 1924. *Chromosomes in maize and maize relatives*, en *Jour. Agric. Res.*, vol. 28, pp. 673.
- 1932. *Chromosomes in grass sorghums*, en *Jour. Agric. Res.*, vol. 44, p. 317.
- 1937. *Morphological Characters of Teosinte chromosomes*, en *Jour. Agric. Res.*, vol. 54, p. 835.
- MARCHAL, E., 1920. *Recherches sur les variations numériques des chromosomes dans la série végétale*, en *Mem. Acad. Roy. Belgique*, vol. 4, n° 3, ser. 2.
- MÜNTZING, A., 1935. *Cyto-genetic studies on hybrids between two Phleum species*, en *Hereditas*, vol. 20, p. 103.
- NAKAJIMA, G., 1930. *On the chromosome number in some agricultural plants*, en *Jap. Jour. Genet.*, vol. 5, p. 172.
- 1931. *The chromosome numbers in cultivated and wild Angiosperms*. *Bot. Mag. Tokyo*, vol. 55, p. 7.
- PARODI, L. R., 1943. *Una nueva especie de Sorghum cultivada en la Argentina*, en *Rev. Arg. Agr.*, vol. 10, p. 361.
- RANDOLPH, L. F., 1931. *X-rayed seed of annual plant produces perennial*, en *U. S. Dept. Agr. Press Release*, setiembre 20.
- RAU, N. S., 1929. *On the chromosome number of some cultivated plants in South India*, en *Jour. Indian Bot. Soc.*, vol. 8, p. 126.
- SAEZ, F. A., 1927. *Algunas consideraciones técnicas sobre el estudio de los cromosomas*, en *Physis (Rev. Soc. Arg. Cien. Nat.)*, vol. 8, p. 481.
- SALOMÓN, E. S., 1942. *Sorghum sudanense (Piper) Stapf tetraploide obtenido por colchicina*, en *An. Inst. Fitotéc. Santa Catalina*, vol. 2, p. 13.
- SNOWDEN, J. D. 1936. *The cultivated races of Sorghum*. London.



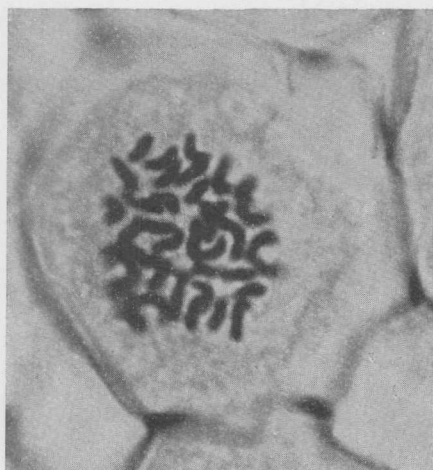
Sorghum alnum L. R. Parodi, planta entera 2,4 veces menor. (L. R. Parodi n° 14421), de cultivo del Jardín Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata. Este ejemplar corresponde a uno de los estudiados en el presente trabajo. Fotografía cedida por atención del ingeniero L. R. Parodi.



10



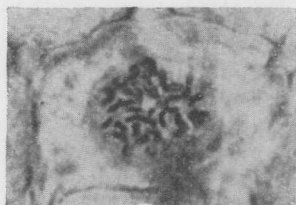
11



12



13



14

Fig. 10, Metafase en vista polar del individuo con 39 cromosomas. Navashin. Cristal violeta. Aumento 1.800 diámetros; fig. 11, Metafase con 40 cromosomas. Cromo-osmio-acético-4. Cristal violeta; fig. 12, Metafase con 39 elementos del otro individuo $2n-1$. P. F. C. A. 3. Cristal violeta; figs. 13 y 14, Metafase en vista polar en dos diferentes planos de enfoque para mostrar uno de los cromosomas A. La Cour 2BD. Cristal violeta. Aumento 900 diámetros. Con la colaboración de D. J. Fresneda, del gabinete de fotografía del Colegio Nacional de la Universidad Nacional de La Plata.