

IDENTIFICACION DE PROGENIES Y PROGENITORES POR EL ANALISIS DEL NUMERO CROMOSOMICO EN *Saccharum*¹ /

ADELAIDA BARRETO*
JEAN-PIERRE SIMON**

Abstract

The chromosome numbers of Saccharum species were analyzed, and in some cases they were found to be consistent with previous reports. In other cases, a wider range of variation was found.

In the study of simple hybrids, an intraclonal variation was found for C. P. 36-138, and the self-fertilization of the same variety, My 53205, had a chromosome reduction typical of hybrid offspring. This produces a marked aneuploid in the Saccharum genus. In My 53205, the phenomenon of chromosome mosaic was also observed for a single bud similar to the case of clone 28 NG 201, reported under the S. edule species.

The complex hybrids P. O. J. 2878 and P. O. J. 2725 had a range of variation similar to that of other references. Co. 281 had a very stable chromosome number. The intraclonal variation of these hybrids is minimum.

Aneuploids and somatic instability should be evaluation factors in cytogenetic studies for clarifying the origin of hybrids obtained in plant breeding programs.

Introducción

El género *Saccharum* comprende cinco especies poliploides complejas, con un número cromosómico básico posible de $X = 10$ Stevenson, (27). Los clones comerciales de la caña de azúcar son derivados de las combinaciones de germoplasma de las especies *Saccharum officinarum*, *S. spontaneum*, *S. robustum*, *S. sinense*, y *S. barberi*.

S. officinarum está siempre incluida en los cruzamientos de un programa de nobilitación; según sea la complejidad de la variedad comercial, una o más especies adicionales aportan también sus características al híbrido. Los clones comerciales de carácter híbrido poseen números cromosómicos que, generalmente, oscilan entre $2n = 100-140$ Price (21), Stevenson (27); Lewis (11).

Salvo algunas excepciones, todas las variedades de *S. officinarum* analizadas poseen un número cromosómico de $2n = 80$, y la especie se considera un octoploide Price (17); Stevenson (27); Jagathesan (10).

La mayoría de los clones estudiados de *S. robustum* posee un número cromosómico de $2n = 60$ y $2n = 80$, y las excepciones, con números somáticos que varían entre $2n = 63 - ca. 200$, se consideran aneuploides producto de los cruzamientos interespecíficos de *S. robustum* con otras especies del género Price (20).

¹ Recibido para publicación el 10 de agosto de 1980. Los autores agradecen la colaboración de Celia Vera, en el desarrollo práctico de esta investigación y al Ing. Mario Amador por facilitarnos el material de la Estación Experimental de Tapaste, Habana, Cuba.

* División de Caña de Azúcar. Instituto de Ciencia Agrícola. Habana, Cuba.

** Department de Sciences Biologiques. Université de Montréal 90, Vincent d'Indy Montréal, Québec Canada H3C 3J7. Present address: Dr. Jean-Pierre Simon. Department of Botany & Phytotron Duke University, Durham, North Carolina 27706. USA.

La distribución geográfica de *S. spontaneum* es muy amplia y abarca una zona de distribución que comprende Africa, el Medio Oriente, el Sub-continente Indio y el Sureste de Asia. Esta especie posee la mayor variación morfológica consignada para el género y su citología es muy compleja; los siguientes números cromosómicos han sido observados para *S. spontaneum*, $2n = 40, 54, 56, 60, 64, 80, 96, 194, 112, 120$ y 128 . Existe una correlación entre la posición geográfica de los clones y sus números cromosómicos. Los números bajos se encuentran en clones de regiones localizadas más hacia el Noroeste, mientras que los más elevados son hallados en Sumatra ($2n = 104$) y Java ($2n = 112-128$).

Las especies *S. barberi* y *S. sinense* son originarias del norte de la India y de China, y algunos autores agrupan los clones pertenecientes a ambas bajo una sola especie, como Stevenson, (27), a pesar de que ha sido señalada una variación cromosómica de $2n = 8-124$ para *S. barberi* y de $2n = 116-118$ para *S. sinensi* Stevenson (27).

Aunque algunos autores no consideran a *S. edule* como una especie válida Stevenson (27); Grassl (6), este taxón tiene un número cromosómico variable de $2n = 70-81$. Según estudios realizados por Roach (25), fueron halladas formas de $2n = 60, 70$ y 80 cromosomas, en clones de esta especie lo cual sugiere que *S. edule* debe constar de una serie poliploide relativamente simple con aneuploides ocasionales. Esta "especie" es originaria de Nueva Guinea y es considerada como un producto de cruzamientos intergenéricos, que involucran a *S. robustum*, cuyo centro de distribución geográfica es común.

Además de la complejidad incorporada en variedades comerciales por la interacción de varios genomas de las especies mencionadas, ocurren tres fenómenos adicionales que tienen un efecto muy marcado en la citogenética de estas variedades.

El primer fenómeno ocurre en cruzamientos en los que *S. spontaneum* se utiliza como progenitor masculino, y *S. officinarum* como progenitor femenino.

Las progenies producidas en estos cruzamientos poseen, en su mayoría, un número cromosómico que corresponde a $2n + n$, recibiendo el complemento somático total de *S. officinarum*. Este fenómeno también ocurre, aunque no en todos los casos, en cruzamientos de *S. officinarum* como hembra y *S. sinensi* o *S. barberi* como progenitores machos Stevenson (27); Price (8); Jagathesan (10).

El segundo fenómeno, que también influye en la heterogeneidad de los números cromosómicos encontrados en híbridos comerciales, es la presencia de aneuploidia mediante la cual las progenies resultantes no poseen el complemento cromosómico parental $n + n$. Los híbridos tienen un número cromosómico mayor o menor que el esperado y la desviación puede alcanzar, en algunos casos, de 10-15 cromosomas Price (23).

Debido al gran número de cromosomas y al tamaño reducido de éstos, los estudios citogenéticos en *Saccharum* son de difícil evaluación. Las variaciones observadas en el número cromosómico de una misma variedad o clon, posiblemente se deban a la dificultad de poder contar con precisión los cromosomas de una célula.

Investigadores como Price, que dominan las técnicas de citología, han analizado exhaustivamente el género desde el punto de vista citológico por numerosos años, y consignan varios rangos en el número cromosómico de diversas variedades comerciales de caña. Esto sugiere variaciones posibles en el número de cromosomas de células pertenecientes a una misma planta o tejido.

La ocurrencia de este fenómeno de mosaico cromosómico ha sido observado en *Saccharum* por Heinz y Mee (7). Estos investigadores informaron de la presencia de un alto grado de variación en el número cromosómico de células de clones que se han mantenido en cultivo, en suspensión, por períodos de 6 años. Recientemente, Nair (13) encontró variación en el número cromosómico al nivel de una sola planta, en una serie de variedades típicas y atípicas de *S. officinarum* desarrolladas bajo condiciones de campo.

En esta investigación se informa de los números cromosómicos y el rango de variación encontrados en algunos clones de especies de *Saccharum* conjuntamente al análisis de algunos híbridos simples y complejos, en que los últimos han sido usados como progenitores en los programas de mejoramiento en Cuba.

El alto grado de poliploidia de la caña de azúcar no permite la utilización de marcadores genéticos morfológicos para reconocer el carácter híbrido de las progenies. Otros métodos deben ser evaluados para su posible uso en la identificación de progenies híbridas. El presente estudio evalúa las técnicas citogenéticas y forma parte de un programa de investigación que abarca también un estudio de marcadores bioquímicos (isoenzimas) con vistas a la aplicación de un método más preciso para el reconocimiento del origen de los híbridos obtenidos en un programa de mejoramiento.

Materiales y métodos

El material estudiado comprendió 13 variedades, ocho de ellas representantes de cuatro especies del género *Saccharum*, un híbrido simple, uno de autofecundación y tres híbridos complejos, dos de los cuales han sido utilizados en los programas de cruzamiento como progenitores adecuados para crear nuevos híbridos comerciales.

Los trozos de caña de una sola yema se obtuvieron de parcelas sembradas para este propósito en el Instituto de Ciencia Agrícola (INCA). Se pusieron a germinar en bandejas con agua corriente, envueltos los trozos de una misma variedad en papel absorbente, a una temperatura ambiente (26-30°C) por 4 ó 5 días, hasta que las yemas alcanzaran el tamaño adecuado de aproximadamente 1.5 a 2 cm.

Las yemas fueron separadas, cortadas longitudinalmente del ápice a la base, y sometidas al pretratamiento. Se probaron técnicas diferentes y se aplicaron pretratamientos de bromonaphthaleno, para-di-cloro-benceno; 8-oxi-quinolina, y colchicina a distintas concentraciones, variando el tiempo de duración de los mismos.

El pretratamiento más eficaz fue el de colchicina al 0.4%. Las yemas de las distintas variedades fueron envueltas en una gasa fina e introducidas en el recipiente con colchicina, donde se teñían por tres y media horas a 25°C, y se sometieron a una aereación continua por medio de burbujeo, proceso de oxigenación que favorece la mitosis Price (19).

Después que el material era pretratado se fijaba con Carnoy frío, 6: 3: 1 (alcohol: cloroformo: ac. acético), donde se dejaba por 24 horas. La tinción era realizada después de una hidrólisis de 5 minutos en IN HCl a 60°C. Las yemas se introducían en Schiff hasta que tenían la coloración característica. De cada yema se obtenía el tejido meristemático más joven, se teñía con aceto carmín, se hacía el squash y la preparación era analizada al microscopio (Leitz Ortholux, objetivo NPL; X = 100 (inmersión), ocular NPL, X = 10).

Las mejores preparaciones, donde se conservaban los cromosomas dentro de su membrana celular, o aquellas donde no había mezcla posible de cromosomas de otra células vecinas, fueron fotografiadas por medio del aparato automático Leitz AUTOMAT, incorporado al microscopio LEITZ. Se usaron filmes negativos Panatomic X y las ampliaciones fueron hechas en papel Policontrast G, empleando el filtro Policontrast No. 4 de coloración, para corrección del contraste.

Resultados y discusión

A) Números cromosómicos de especies de *Saccharum*

Fueron analizados ocho clones pertenecientes en total a cuatro especies de *Saccharum*: *S. officinarum*, *S. robustum*, *S. sinense* y *S. edule*. La relación de los números cromosómicos para los clones está indicada en el Cuadro I.

Para *S. officinarum* var. Cristalina, el número cromosómico encontrado en este estudio coincide con el consignado anteriormente por Price (17, 23). Las células analizadas para esta variedad dieron $2n = 80$ y, en este sentido, la variedad Cristalina es representante típica de la especie.

Para los dos clones de *S. robustum*, 28 NG251 y 51 NG28, se encontró variaciones intraclonales. El rango de variación en las cinco células del clon 28 NG251 oscila entre $2n = 64-77$. Para este clon, Price (18), observó un número de $2n = 80$. El clon 28 NG251 fue el primer clon de *S. robustum* estudiado citológicamente y cuyo origen geográfico es bien conocido Stevenson (27). Grassl (6), fue el primero en utilizar este clon como tipo de la especie *S. robustum*. Para la variedad 51 NG28, la variación intraclonal encontrada en el presente estudio es aún mayor. Se observaron células analizables con un rango de $2n = 91$ a $2n = 146$. Para este clon, Price (21), informó de un número cromosómico aproximado de $2n = 156$.

El número elevado de cromosomas del clon 51 NG28 ha sido atribuido por Daniels *et al.* (5) al hecho de que este material es posiblemente el resultado de un cruzamiento intergenérico *Saccharum* x *Miscanthus*. La gran variación en el número cromosómico puede ser debido al origen híbrido intergenérico ya que es común que existan anomalías durante la meiosis, particularmente durante la separación cromosómica hacia la anafase, en tales cruzamientos.

De los cuatro clones de la especie *S. sinense*, tres de ellos poseen números cromosómicos similares a aquellos encontrados por otros investigadores, Li y Price (12); Cuadro 1). Sin embargo, para la variedad Katha, en el presente estudio fueron encontradas 5 células perfectamente analizables con el mismo número cromosómico de $2n = 75$ y sólo una célula con $2n = 92$. En este caso, la coincidencia de cinco células con el mismo número cromosómico de $2n = 75$, no debe ser subestimada.

Cuadro 1. Origen y números cromosómicos de cuatro especies de *Saccharum*.

Especies y clones	Números cromosómicos (2n)		
	Otros autores	Consignado en este trabajo	
<i>S. officinarum</i> CRISTALINA	80 ¹	80	Desconocido
<i>S. robustum</i> *			
28NG 251	80 ²	64-77	Port Moresby N. G.
51 NG 28	ca. 156 ² 156-159 ²	91-146	Nueva Guinea
<i>S. sinense</i> *			
Agaul	117 ⁵	117-118	Uttar Pradesh
Uba	ca. 116 ⁵ 123 ⁴	118-124	Desconocido
Katha	ca. 90 ³	75-(92)	Punjab, India
Chunnee	91 ³	91	Uttar Pradesh
<i>S. edule</i>			
28 NG 201	79-81 ³	56-74	Islas Fiji

* Se agrupa los cuatro clones bajo la especie *S. sinense* siguiendo la sugerencia de Artschwager (1).

+ Price (17), reportó 2n = 63-ca 200 para esta especie.

1 Price (17, 23); ²Price (21); ³Price y Daniels (24)

4 Li y Price (2); ⁵Bremer (2).

La citogenética de *S. edule* es muy poco conocida, y esta especie es considerada como una forma de *S. robustum* por sus semejanzas morfológicas. Algunos clones de las Islas Fiji poseen 2n = 70, lo que ha llevado a Price y a Daniels (24) a postular la posibilidad de que estos clones sean híbridos resultantes de un cruzamiento intergenérico entre *S. officinarum* (2n = 80) y *Erianthus maximus* (2n = 60). El clon 28 NG201 ha sido señalado por Price y Daniels (24) como poseedor de un número cromosómico de 2n = 79-81, pero en el presente trabajo se observó un rango de variabilidad de 2n = 56-74, con la mayor frecuencia de células registradas en la clase 55-60 (Figura 1). En esta variedad se ha podido observar que existe una variabilidad en el número de cromosomas en células de una misma yema, dándose casos de 2n = 44, 58, 68 y 2n = 58, 74 (Cuadro 4, Figura 1, 2).

Hay que recalcar que las células observadas fueron perfectamente analizables y que se tomó cuidado especial de seleccionar sólo aquéllas con membrana

celular. Esta precaución es importante, ya que la técnica del squash muchas veces elimina cromosomas del núcleo de una célula.

B) Análisis citológico de un híbrido simple

En el Cuadro 2 se informa de los números cromosómicos analizados en el cruce de la variedad Cristalina (*S. officinarum*) X 28 NG251 (*S. robustum*). El híbrido simple CP-36-138 ha sido señalado en la literatura con un número cromosómico de 2n = 112 Price (17). En vista del alto número cromosómico encontrado, Price (17), ha planteado ciertas dudas respecto al origen de este híbrido. En la ausencia de cualquier irregularidad cromosómica el híbrido debería poseer un complemento de 2n = 80, producto de un cruzamiento entre dos progenitores poseedores cada uno de 2n = 80. Las observaciones citológicas del presente estudio nuevamente indican una variación intraclonal para este híbrido. El rango observado oscila entre 2n = 105 y 2n = 117, y una

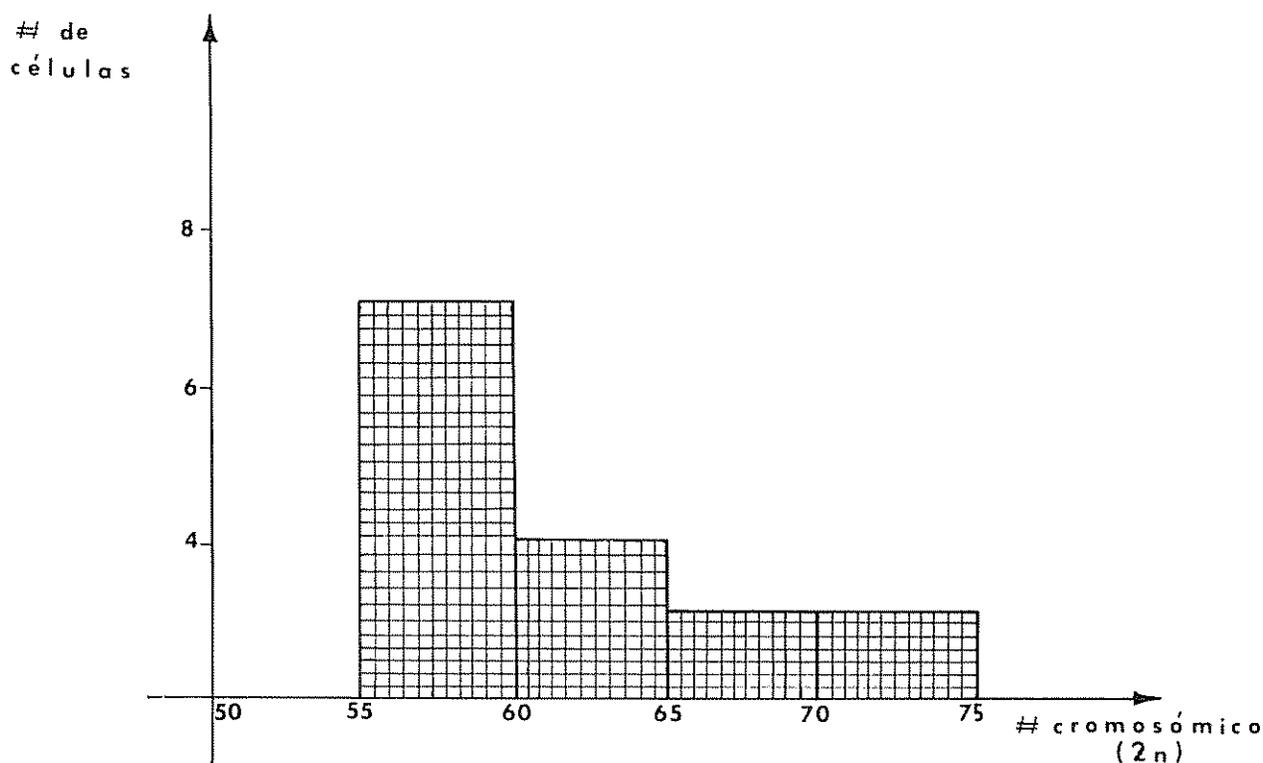


Fig 1 Rango de variabilidad en el número cromosómico del clon 28 NG 201 de *Saccharum edule*

de las células observadas coincide en el número cromosómico de $2n = 112$, indicado anteriormente. Sin embargo, y dada la preocupación existente con relación al origen híbrido de este clon, se puede plantear que los números observados no se alejan demasiado del consignado anteriormente en la literatura. Es de interés notar que, aunque la segregación $2n + n$ en cruzamientos de *S. officinarum* como progenitor materno y *S. robustum* no ha sido consignado, el número cromosómico de $2n = 112$ señalado para CP-36-138 podría provenir del cruzamiento

entre una variedad de *S. officinarum* ($2n = 80$) que haya aportado al híbrido su número somático y una forma de *S. robustum* de $2n = 64$. Este último número cromosómico es el indicado en el presente trabajo para el clon 28NG251.

Cuadro 2. Números cromosómicos de un híbrido simple y su progenitor.

Padres y progenie	Rango de variación
CRISTALINA	$2n = 80$
C. P. 36-138 (CRISTALINA x 28 NG 251)	$2n = 105-117$
MY 53205 (AUTOFECUNDACION DE C. P. 36-138)	$2n = \text{ca. } 107$
28 NG 251	$2n = 67-77$

En este estudio también se incluyó el clon My 53205, que es una autofecundación hecha en Cuba del híbrido simple CP-36-138. Las observaciones efectuadas indican una preponderancia de células con $2n = 107$ (Cuadro 4, Figura 3), lo cual implicaría una pérdida de cromosomas en relación con CP-36-138 (Figura 4).

En *Saccharum*, la aneuploidía es una característica proveniente de la autofecundación de las progenies híbridas. En éstas la meiosis es irregular y los univalentes pueden ser excluidos de los núcleos en la telofase. Como consecuencia, las progenies autofecundadas pueden mostrar mayor o menor número de cromosomas que el padre. En las progenies de autofecundación de la línea B-3337 ($2n = 118$) en Barbados, Stevenson (27), informa de una disminución del número de cromosomas con un rango de 118 a 106 cromosomas. El caso extremo es el hallado para las

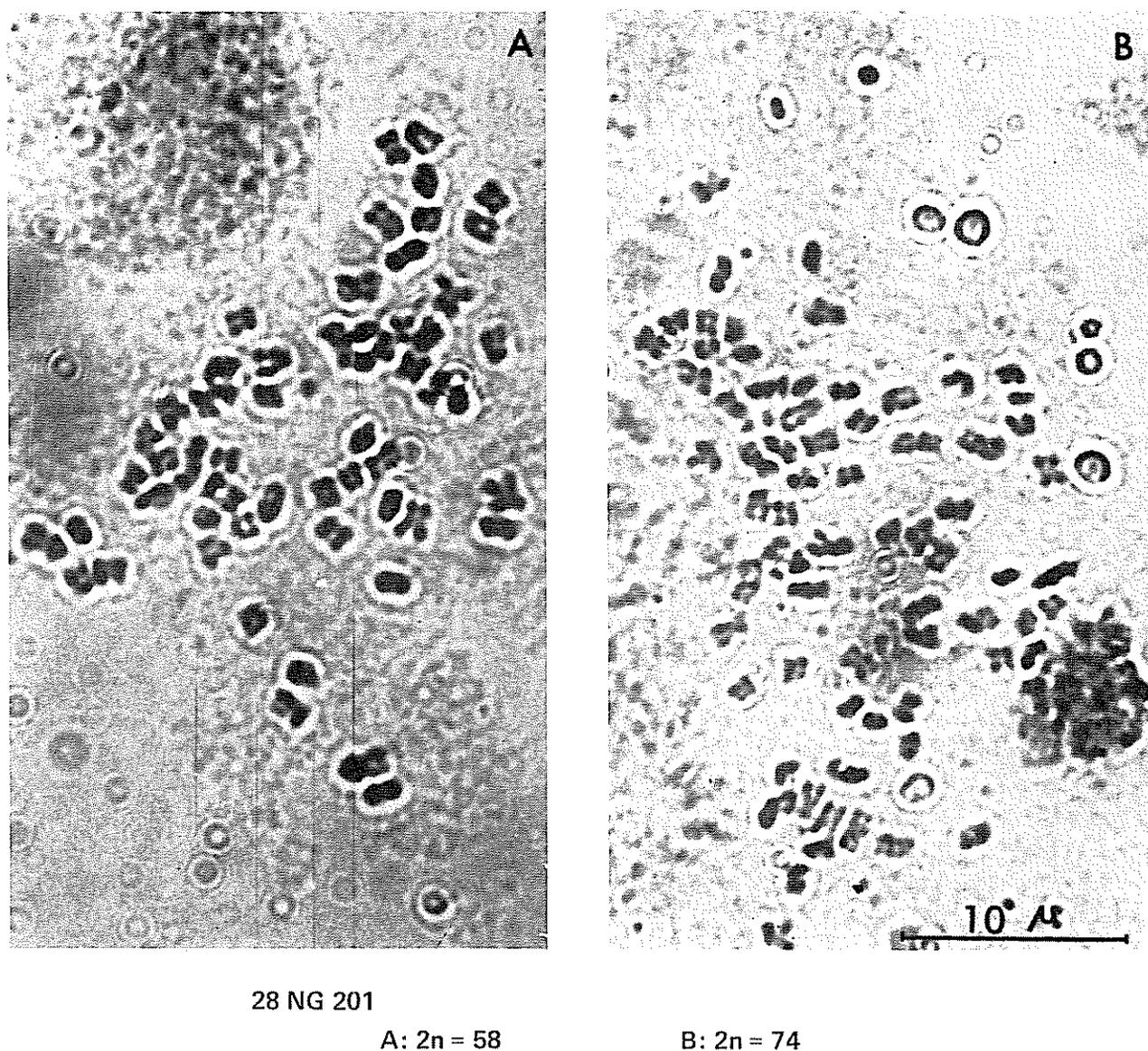


Fig. 2 Variación del número cromosómico en células de una misma yema en el clon 28 NG 201 de *S. edule*. Célula en metafase

progenies autofecundadas del híbrido interespecífico B-4362 ($2n = 118$), que disminuyeron en su número cromosomal a $2n = 87$ en líneas sucesivas de autofecundación.

El segundo fenómeno observado en la variedad My 53205 es el de inestabilidad cromosomal. Dos yemas de esta variedad proporcionaron células con diferentes números cromosomales. El rango, en este caso, es importante ya que oscila entre $2n = 43$ y

108, para una yema, y $2n = 60-107$ para la otra (Figura 4) (Cuadro 4, Figura 3). Nuevamente, se tuvo especial cuidado en seleccionar aquellas células que presentan la membrana celular más completa y que fuesen, al mismo tiempo, bien analizables. Se juzgó la posibilidad de que este rango sea debido a un efecto de endopoliploidia. Sin embargo, hay dos factores que hacen pensar que éste no es el caso. En primer lugar, la colchicina fue utilizada en el pretratamiento del material por un máximo de tres y media horas,

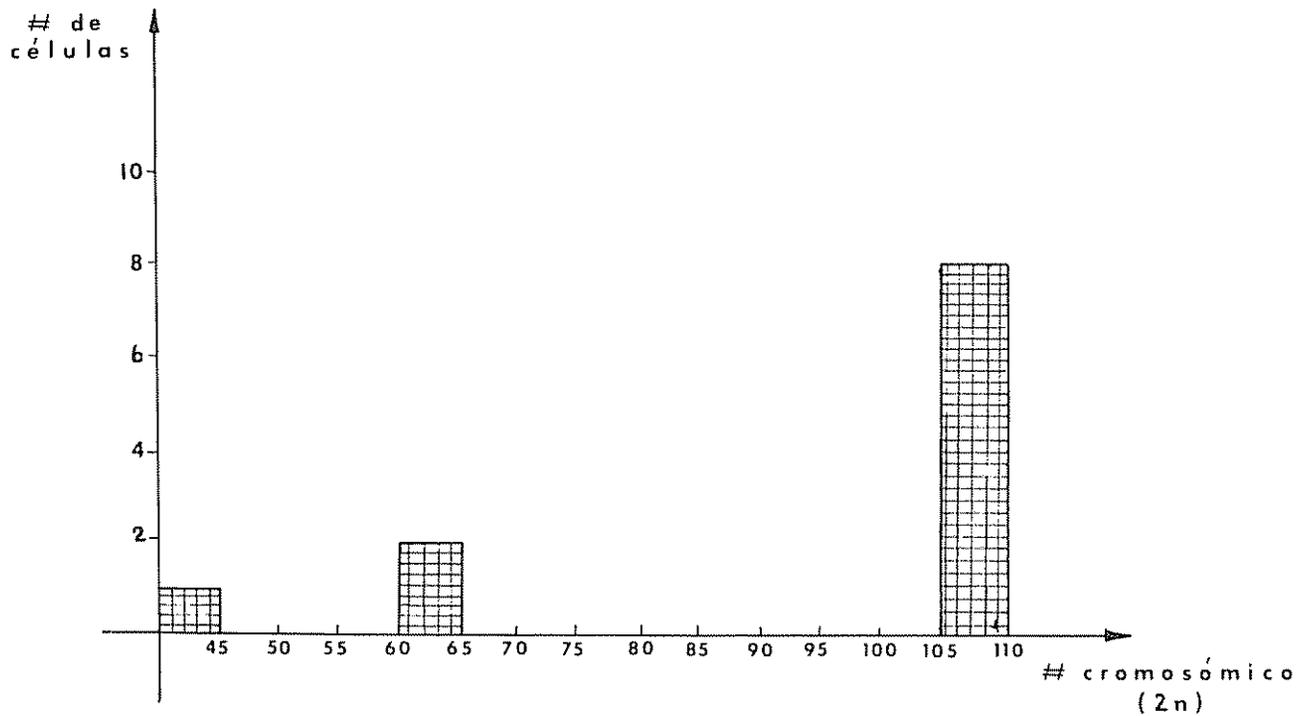


Fig. 3 Variación del número cromosómico del clon My 53205

tiempo claramente insuficiente para provocar la poliploidía de las células antes de fijarlas. El ciclo celular bajo estas condiciones es de mucha mayor duración. Más importante aún es notar que el número cromosómico mayor, encontrado en las dos yemas que presentan inestabilidad cromosomal, es de $2n = 108$, que es prácticamente igual que el hallado ($2n = 107$) para el resto del material estudiado y menor que para CP-36-138, el progenitor original. Si esta variación cromosómica fuese debida a un proceso de endomitosis producida por el efecto de la colchicina, los números cromosómicos elevados deberían ser del orden de más de 200 cromosomas por célula.

La presencia de un mosaico cromosómico ha sido hallado en numerosas plantas inferiores y superiores. En algunos géneros vasculares criptogámicos, por ejemplo en helechos de los géneros *Psilatium*, *Tmesipteris* y *Ophioglossum*, hay una variación cromosómica intraespecífica considerable, y las especies de *Pteris* y *Adiantum* poseen números cromosómicos variables en núcleos de la misma porción radial y también en esporocitos en el caso de *Pteris* Brown (3).

En las angiospermas existen también numerosos casos de variación cromosómica en células de la misma planta. El caso clásico es en la progenie del cruce

Cuadro 3. Números cromosómicos de híbridos complejos.

Padres y progenies	Rango de variación
P. O. J. 2364	$2n = 148^*$
P. O. J. 2878 (P. O. J. 2364 x E. K. 28)	$2n = 117-124$
E. K. 28	$2n = 80^*$
P. O. J. 2364	$2n = 148$
P. O. J. 2725 (P. O. J. 2364 x E. K. 28)	$2n = 92-108$
E. K. 28	$2n = 80^*$
P. O. J. 213	$2n = 124^*$
CO. 281 (P. O. J. 213 x CO. 206)	$2n = 115$
CO. 206	?

* Suzuki, (28); Price (19).

miento intergenérico *Agroelymus turneri* ($2n = 28$), un híbrido natural entre *Elymus inovatus* y una especie de *Agropyron*, probablemente *A. dasystachyum*. Los números cromosómicos varían entre las células meristemáticas de las raíces en todas las plantas de la progenie y el rango oscila entre 4 y 80 para un solo tejido radical según (Nielsen y Nath, (15). Casos similares han sido hallados en especies cultivadas de *Rubus*, *Aegilops* e híbridos de *Triticum*, así como en poblaciones naturales de *Epilobium*, *Dioscorea*, y otros. En la especie de Portulacaceae, *Claytonia virginica*, el número cromosómico varía entre plantas y dentro de la planta en un rango de $2n = 1-190$, tanto en su hábitat natural como en plantas que fueron trasplantadas a la ciudad de Nueva York Brown y Bortke (4); Brown (4) En todos los casos analizados, las plantas no podían diferenciarse por sus genotipos y además eran fértiles Lewis (11).

La presencia de un mosaico cromosómico ha sido consignada en *Saccharum* por Heinz *et al.* (8). Este fenómeno fue observado en células de yemas vegetativas y en microsporocitos de la variedad H. 50-7209. El rango del número cromosómico en células de yemas fue de $2n = 108-128$, mientras que la meiosis mostró una variación de 54II a 64II por microsporocitos Heinz *et al.* (8) sugieren que la variación del número cromosómico encontrada en algunas variedades comerciales de caña por Price (23) y otros, puede deberse al fenómeno de inestabilidad cromosómica en tejidos somáticos y no a errores de las observaciones citológicas atribuidas a dificultades de las técnicas. Las observaciones de este estudio indican que ésta es una posibilidad que debe ser tomada en cuenta, particularmente en el análisis de híbridos interespecíficos complejos. Es sintomático que el mosaico cromosómico observado en este

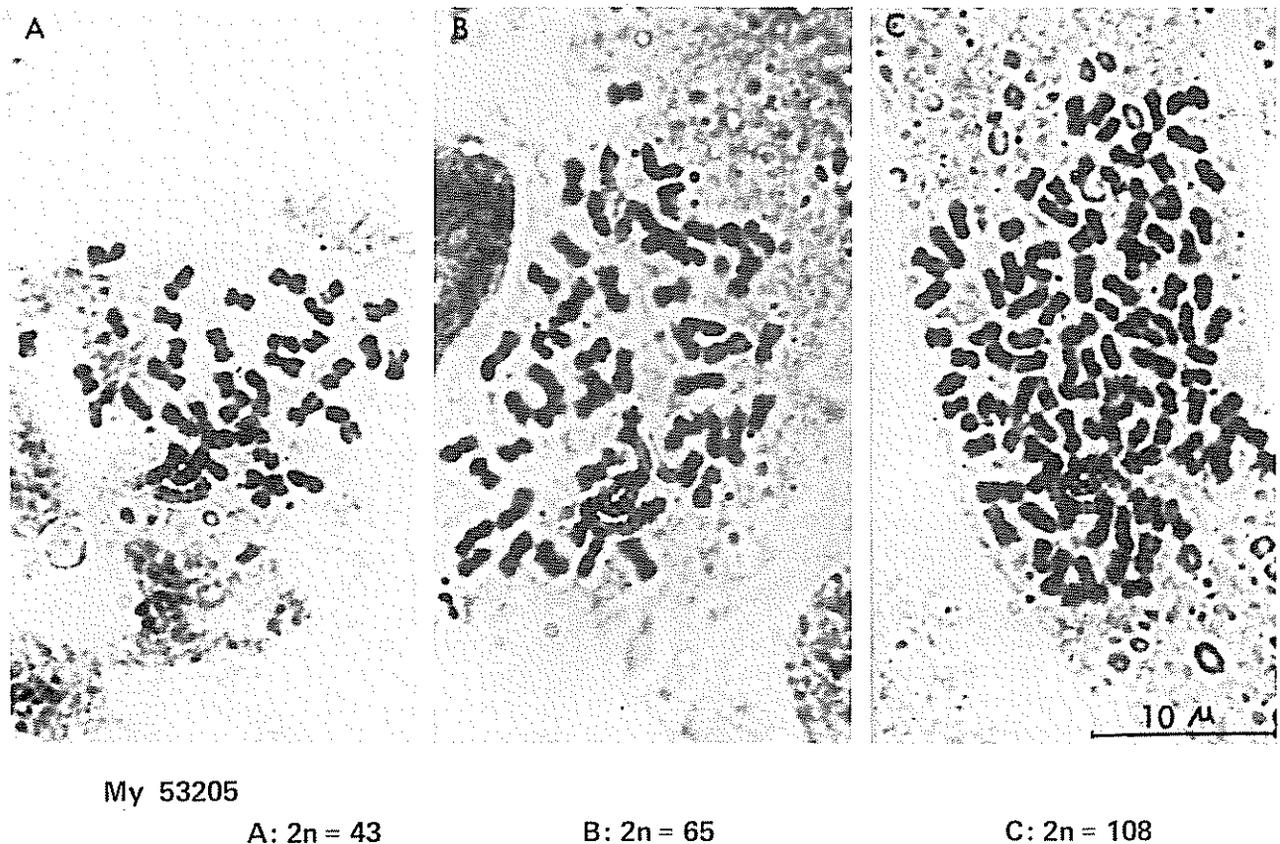


Fig 4. Mosaicismo cromosómico al nivel de una yema en el clon My 53205. Célula en metafase.

trabajo sea característico de clones de procedencia híbrida. Por ejemplo, My 53205 es una autofecundación del clon CP-36-138 que, a su vez, es de dudosa procedencia y posiblemente de carácter más complejo que el consignado por Price (17). La variedad 28NG201 descrita como *S. edule* es, posiblemente, un híbrido intergenérico proveniente de cruzamientos entre formas de *Saccharum* con los géneros afines *Miscanthus* y *Erianthus*. El número cromosómico hallado para este clon es $2n = 79-81$ Price y Daniels (24), y el observado en el presente trabajo presenta un rango de variación de $2n = 56-74$, con diferencias cromosómicas a nivel de una yema. En investigaciones realizadas en variedades nobles de caña de azúcar, típicas y atípicas, se encontró variabilidad dentro de un mismo individuo con relación al número de cromosomas, observándose anomalías en el desarrollo del uso probablemente causadas por factores genéticos como en Triticales lo cual llevó a plantear esto como una causa posible del mosaico cromosómico en los clones estudiados de *S. officinarum*. Las diferencias halladas oscilan en un rango de 3 a 19 cromosomas.

Un reciente análisis de casos de inestabilidad cromosómica Brown (3), indica que este fenómeno ocurre predominantemente en plantas poliploides de números cromosómicos altos. Siendo posiblemente 10, el número cromosómico básico de *Saccharum*, todos los híbridos complejos de este género tienen repetidos, ocho o más veces, genomas muy similares, cuando no idénticos. Bajo las condiciones, la pérdida de varios cromosomas no afectará mayormente la sobrevivencia y duplicación de células aneuploides de un tejido que se desarrolla en condiciones de inestabilidad somática. Además, debido a que *Saccharum* se reproduce principalmente por vía vegetativa, la inestabilidad cromosómica no es tan importante para la distribución y expansión de los clones que sufren este fenómeno.

Cuadro 4. Clones que presenta mosaicos cromosomales en células somáticas de una yema.

Clones	Rango de variación en células de una yema
MY 53205	$2n = 43, 65, 108$ $2n = 60, 107$
20 NG 201	$2n = 58, 74$ $2n = 44, 58, 68$

No se conocen Brown (3), las causas genéticas y ambientales que producen el fenómeno del mosaico cromosómico y este factor es, quizás, el mayor obstáculo para poder predecir el comportamiento citogenético de clones híbridos en *Saccharum*.

C) Número cromosómico en híbridos complejos

Tres híbridos de derivación compleja fueron analizados en este trabajo (Cuadro 3). Los números cromosómicos de algunos de los progenitores, también de origen híbrido, han sido consignados por otros investigadores Price (19).

La variedad P. O. J. 2878, que se ha utilizado en el programa de mejoramiento en Cuba, tiene un número cromosómico de $2n = 117-124$. El número descrito anteriormente es de $2n = 117-121$ Price (19). Las observaciones efectuadas en el presente estudio corroboran bien las determinaciones para esta variedad.

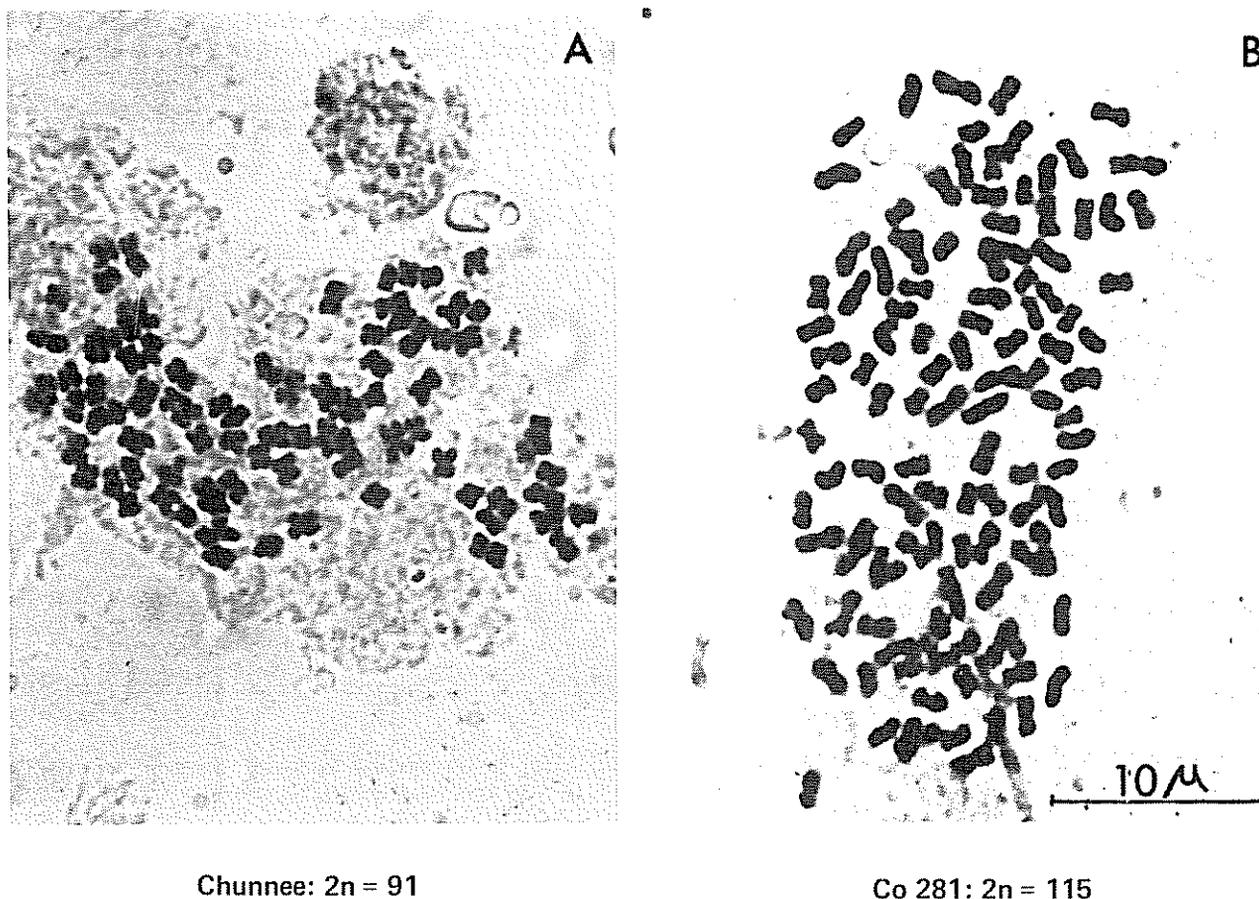
Es interesante notar que esta variedad conserva un número cromosómico que es algo superior a la suma de los complementos haploides de los padres; en este caso, la segregación meiótica irregular del híbrido posiblemente aportó un mayor número cromosómico a la variedad seleccionada.

Lo contrario ocurre con la variedad P. O. J. 2725, para la cual el número cromosómico encontrado da un rango de $2n = 104-107$, siendo este último número el hallado anteriormente por Price (19).

Esta variedad, cuyos progenitores son los mismos que para la variedad P. O. J. 2878, tiene un número cromosómico menor que el esperado, considerando la suma de los números haploides de los padres (Cuadro 3).

La variedad Co. 281 también ha sido utilizada en cruces en Cuba; se le describe como $2n = 115$ y es la variedad que ha proporcionado el mayor número de células con un número idéntico de cromosomas. Se considera que ésta es la primera cuantificación de cromosomas realizado para esta variedad, ya que no ha sido hallada ninguna referencia al respecto. Solamente se conoce el número cromosómico de uno de sus progenitores P. O. J. 213 con $2n = 124$. Esta variedad es, a su vez, un híbrido interespecífico entre *S. officinarum* ($2n = 80$) y *S. sinense* ($2n = 91$) (Figura 5).

Es importante notar que la variación intraclonal de cada uno de los híbridos complejos analizados es mínima. *A priori*, se esperaba una mayor inesta-

Chunnee: $2n = 91$ Co 281: $2n = 115$ Fig 5 Células en metafase de las variedades chunnee (*S. sinense*) y Co. 281, un híbrido complejo. Células en metafase.

bilidad cromosómica en vista de las irregularidades encontradas en híbridos supuestamente más simples. Al parecer, el fenómeno de inestabilidad somática es característico de algunas variedades y ello puede estar determinado por una interacción genotipo-medio ambiente.

En todo caso, los fenómenos de aneuploidia e inestabilidad somática tienen que ser evaluados en estudios citogenéticos que se programen para esclarecer el origen híbrido de variedades y clones obtenidos en programas de mejoramiento.

Es la opinión de los autores que estos fenómenos disminuyen grandemente la eficacia de las observaciones citogenéticas hechas para estos fines. Ello, aún más, considerando el carácter imprevisible de estos fenómenos y el gran esfuerzo involucrado en el análisis citológico de este material que es difícil para tal tipo de observaciones.

Por otro lado, la presencia de la aneuploidia derivada de la inestabilidad somática puede ser explotada para el mejoramiento de la caña de azúcar. Al mismo tiempo, su estudio puede aportar una mejor comprensión de la estructura poliploide de las especies e híbridos de *Saccharum* y géneros afines. Las investigaciones de Heinz y Mee (7) y Heinz *et al.* (8), en cultivos de células en suspensión de híbridos interespecíficos de *Saccharum*, deberían llevar rápidamente a la obtención de series aneuploides de plantas derivadas de un mismo clon por medio de la técnica del cultivo de tejidos.

La producción de plantas a partir del cultivo de callos es una nueva herramienta que los mejoradores poseen para crear variabilidad. La inestabilidad somática se maximiza bajo condiciones de cultivo de células *in vitro* Brown (3); Lewis (11).

La formación de tejidos de callos y la diferenciación posterior de plantas a partir de éstos, ofrece al

mejorador de plantas de reproducción asexual la posibilidad de cambiar el complemento cromosómico y el genomio sin recurrir al cruzamiento.

Literatura citada

1. ARTSCHWAGER, E. A. taxonomic study of *Saccharum sinense* Roxb and *S. barberi* Jeswit U. S. Department Technical Bulletin No 1089. 34 p. 1954.
2. BREMER, G. On the somatic chromosome numbers of sugar cane forms and the chromosome numbers of indigenous indian canes. Proceeding International Society Sugar Cane Technology Bulletin 20. p. 6. 1932.
3. BROWN, W. V. Textbook of Cytogenetics. The C. V. Mosby Co., St. Louis, Missouri, 1972, 346 p.
4. BROWN, W. V. y BORTKE, E. M. Textbook of Cytology. The C. V. Mosby Co., St. Louis, Missouri, 1969, 607 p.
5. DANIELS, J., SMITH, P., PATTON, N. H. y ROACH, B. T. Evolution of sugar-canes and related genera. Proceeding International Society Sugar-Cane Technology 17:165-169. 1977.
6. GRASSL, C. O. *Saccharum* names and their interpretation. Proceeding International Society Sugar-Cane Technology 13:59-63. 1946.
7. HEINZ, D. J. Y MEE, G. W. P. Plant differentiation from Callus tissue of *Saccharum* Species. Crop Science 9:346-348. 1969
8. HEINZ, D. J., MEE, G. W. P. y NICKELL, L. G. Chromosome numbers of some *Saccharum* Species Hybrids and their cell suspension cultures. America Journal Botany 56:450-456. 1969
9. HEINZ, D. J. y MEE, G. W. P. Morphologic, Cytogenetic and Enzymatic Variation in *Saccharum* Species Hybrid Clones derived from Callus Tissue. American Journal Botany 58:257-262. 1970.
10. JAGATHESAN, D. Cytogenetics of Sugar-Cane International Society Sugar-Cane Technology (I.S.S.C.T.) 14:303-316. 1971.
11. LEWIS, W. H., Polyploidy: Biological Relevance. Basic Life Sciences Series Vol. 13. Plenum Press, New York, 1980. 583 p.
12. LI, H. W. y PRICE, S. Chromosome numbers of some Noble Sugar-Cane Clones. Proceeding International Society Sugar-Cane Technology 12:343-351. 1965.
13. NAIR, M. K. Cytogenetics of *Saccharum officinarum* L., *Saccharum spontaneum* L. y *S. officinarum* X *S. spontaneum* Hybrids I. Chromosome mosaics. Cytologia 37:565-573. 1972.
14. NAIR, M. K. Cytogenetics of *Saccharum officinarum* L., *Saccharum spontaneum* L. and *S. officinarum* X *S. spontaneum* Hybrids. II. The probable origin of "atypical noble canes". Cytologia 38:35-43. 1973.
15. NIELSEN, E. L. y J. NATH. Cytogenetics of a tetraploid form of *Phleum pratense* L. Euphytica 10:343-350. 1961.
16. NISHIYAMA, I. Basic numbers in the polyploidy of *Saccharum* Journal Heredity 47:91-99. 1956.
17. PRICE, S. Cytological studies in *Saccharum* and Allied Genera. III. Chromosome numbers in interspecific hybrids. Bot. Gaz. 118:146-159. 1957.
18. PRICE, S. Cytogenetics of Modern Sugar-Canes. Economy Botany 17:97-106. 1963.
19. PRICE, S. Cytological studies in *Saccharum* and Allied Genera. VIII. F₂ and BC₁ progenies of 112 and 136 chromosomes *S. officinarum* X *S. spontaneum* hybrids. Bot. Gaz. 124:186-190. 1963.
20. PRICE, S. Cytological studies in *Saccharum* and Allied Genera. IX. Further F₁ hybrids from *S. officinarum* (2n = 80) X *S. spontaneum* (2n = 96). Indian Journal of Sugar-Cane Res. & Dev., 8:241-248. 1964.
21. PRICE, S. Cytology of *Saccharum robustum* and related sympatric species and natural hybrids. U.S.D.A. Technical Bulletin No. 1337, 1965, 48 p.

-
22. PRICE, S. Cytology of Chinese and North Indian Sugar-Canes. *Econ. Bot.* 22:155-164. 1967.
23. PRICE, S. Chromosome numbers in miscellaneous clones of *Saccharum* and Allied Genera. *Proceeding International Society Sugar-Cane Technology* 13:191-194. 1968.
24. PRICE, S. y DANIELS, J. Cytology of South Pacific sugar-cane and related grasses with special reference to Fiji. *Journal Hered.* 59:141-145. 1968.
25. ROACH, B. T. Chromosome Numbers in *Saccharum edule*. *Cytology* 37:155-161. 1972.
26. SACHS, L. Chromosome mosaics in experimental amphiploids in the Triticinae. *Heredity* 6:157-170. 1952.
27. STEVENSON, G. C. *Genetics and Breeding of Sugar-Cane*. Longmans, Green and Co., 1965. 284 p.
28. SUZUKI, E. Cytological studies of sugar-cane. I. Observations in some P. O. J. varieties. *Cytologia* 11:507-513. 1941.