

# PRIMERAS VARIEDADES POLIPLÓIDES DE REMOLACHA AZUCARERA OBTENIDAS EN ESPAÑA

por

A. SILVAN

*Estación Experimental de «Aula Dei» (C. S. I. C.), Zaragoza (España)*

## INTRODUCCION

Los primeros ensayos de inducción artificial de poliploides sobre remolacha azucarera, se iniciaron hace unos veinticinco años en diversos países (Suecia, Alemania, Japón); pero hasta que Blakeslee descubrió la acción que la colchicina ejercía sobre la división nuclear, la poliploidía no constituyó propiamente un método de mejora que tuviese aplicación en gran escala.

Las primeras variedades poliploides de remolacha debieron aparecer los años 1942 ó 1943, extendiéndose con bastante rapidez por la mayor parte de los países de Centroeuropa y también en Japón.

En España se ensayaron por primera vez los poliploides comerciales de remolacha con variedades de procedencia alemana en 1953 y 1954, obteniéndose con ellas altos rendimientos en peso de raíces, pero con una calidad y riqueza en azúcar bajas a causa de su falta de adaptación a las condiciones de medio y cultivo de las zonas remolacheras de nuestro país.

En 1954 se comenzaron en la Estación Experimental de «Aula Dei», de Zaragoza, los primeros trabajos sobre poliploidía en remolacha, siendo nuestro colega el Dr. Tjio Hoe Hin el iniciador de los mismos, a cuyo lado trabajamos desde 1955 hasta 1958.

## MATERIAL Y METODOS

Desde los primeros ensayos utilizamos material muy diverso, constituido por familias de selección de la Sociedad «Semillas Ebro» y variedades «élites» o comerciales de procedencia nacional y extranjera, facilitadas por las casas productoras de semilla de remolacha, de las cuales se indican en el *cuadro 1* las utilizadas en los tres primeros años.

Cuadro 1

Años	Variedades	Denominación de la Gen. C <sub>2</sub>
1955-56..	Ebro MV-51 Selec. Ebro.	642
	Ebro 194-43 » »	645
	Ebro 220-42 » »	646
1956-57..	Ebro 130-43 » »	641
	Ebro 10-46 » »	647
	Ebro NZ Semilla comercial.	648
	Sga » » S. G. A.	649
1957-58..	Say » » francesa.	7410
	Saros H <sub>2</sub> » » húngara.	7411
	Saros H <sub>0</sub> » » »	7412
	Janasz » » «élite» polaca.	7413
	Ebro MV-53 Selec. Ebro.	742
	Kleinwanzleben AA Semilla comercial.	7416
	Cesena N. S. A. » »	7417
	Cesena N. S. A. » » italiana.	7417
Kleinw. NZ » » alemana.	7414	
Kleinw. CR » » »	7415	

Posteriormente se formó una amplia colección de variedades de las procedencias más diversas, cuyo número se acerca a las 150, con objeto de disponer de una extensa base para los trabajos ulteriores de mejora.

Las técnicas utilizadas para la inducción de la poliploidia fueron las siguientes:

a) Inmersión de los cotiledones e hipocotileo de jóvenes plántulas en solución de colchicina al 0,2 y 0,3 por 100 (tres o cuatro horas), dejando las raíces fuera de la solución, rodeadas de papel de filtro humedecido con agua.

b) Microinyección e hipocotileo de jóvenes plántulas, de soluciones de colchicina al 0,3 y 0,4 por 100.

c) Inmersión total de glomérulos germinados en soluciones de colchicina al 0,2 y 0,3 por 100 durante dos-tres horas.

Las tres técnicas conducen, más o menos, a la obtención de plantas tetraploides y mixoploides, pero presentaba ventajas la última de inmersión total.

La técnica a) permite vegetar a las plantas más normalmente después del tratamiento, al no afectar apenas a las raíces, pero el número de mixoploides que se obtienen es muy superior al de tetraploides, que generalmente aparecen en escasa proporción. La técnica b) de microinyección la hemos utilizado solamente cuando contábamos con cantidades de semilla muy escasas, y los resultados han sido muy variables, ya que influye mucho el estado de desarrollo de las plantas y la forma de inyectar.

Resumimos en el *cuadro 2* algunos de los resultados obtenidos con las técnicas de inmersión total y de microinyección.

Antes de los tratamientos, las semillas se lavaban en agua corriente, durante cuatro-cinco horas, para eliminar las sustancias inhibitoras de la germinación y uniformar ésta. A continuación se ponían a germinar en germinador de arena estéril o sobre vermiculita en cámara a 22°-24° C., dominando las plantas mixoploides a las tetraploides, que se obtienen en escaso número.

Por las razones expuestas, utilizamos preferentemente la técnica de inmersión total de los gérmenes en solución de colchicina del 0,2 ó 0,3 por 100 durante dos o tres horas.

En algunos casos, cuando contábamos con escasa cantidad de semilla, hemos adoptado el método de microinyección, con resultados más o menos satisfactorios, ya que influye mucho el estado de desarrollo de las plantas tratadas y la forma de inyectar.

Resumimos en el *cuadro 3* los resultados obtenidos en algunos ensayos efectuados con estas dos técnicas.

En todos los casos, las semillas se lavaban previamente con

Cuadro 2

Técnica	Variedad	Número de plantas controladas	2n		Mixoploides		4n		Hiperploiploides	
			Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Inmersión en colchicina, 0,2 %, tres horas...	Ebro 205	137	35	30,6	60	43,7				
	Sic 9450	129	31	35,6	48	37,2	4	3		
Microinyección de colchicina, 0,4 %...	Ebro 205	75	54	22,0	4	5,0				

Cuadro 3

Técnica	Variedad	Número de plantas controladas	2n		Mixoploides		4n		Hiperploiploides	
			Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Inmersión en colchicina, 0,2 %, tres horas...	Ebro 205-51	137	35	25,6	42	30,6	60	43,7		
	Sic 9450	129	31	24,0	46	35,6	48	37,2	4	3
Microinyección de colchicina, 0,4 %	Ebro 205-51	75	54	72,0	17	22,0	4	5,0		

agua corriente durante un tiempo variable, de dos-cuatro horas, con objeto de eliminar las sustancias inhibitoras de la germinación y uniformar ésta. A continuación se colocaban sobre germinador de plato de arena estéril o vermiculita, en la cámara de germinación, a 22°-25° C.

De la práctica, hemos deducido que era más conveniente efectuar el tratamiento de los gérmenes cuando comenzaban a emitir los cotiledones y se podían separar del glomérulo. De esta forma, todos los gérmenes se trataban en el mismo estadio de desarrollo, y se puede observar más fácilmente el efecto del alcaloide sobre ellos, evitándose las dificultades de nascencia que suelen tener los pequeños gérmenes debilitados por el tóxico.

El tratamiento mediante microinyección requiere, además de una manipulación cuidadosa, un determinado estado de desarrollo. Es útil en este caso colocar previamente las jóvenes plántulas bajo el efecto de la luz, a ser posible continua, para que se formen hipocótilos robustos y pueda efectuarse la inyección con la microjeringa, con más facilidad.

Los tratamientos se efectuaban desde febrero hasta octubre, interrumpiéndolos durante los meses de julio y agosto, ya que en esta época se observó se producían más bajas, debidas en parte a ataques de hongos (*Phoma*, pie negro, etc.), que afectan más a las plantas debilitadas por la colchicina y que se presentan con más gravedad en las condiciones de temperatura y humedad de los invernaderos en esa época.

#### EFFECTOS DE LA COLCHICINA

Como es conocido, las plantas afectadas por la colchicina se presentan a los pocos días con los cotiledones engrosados y el hipocótilo hinchado. Este engrosamiento, debido a la formación de tejidos hipertetraploides, puede ser muy fuerte y localizado, en cuyo caso llegan a producirse estrangulamientos en la unión del hipocótilo con la raíz, y las plantas mueren más o menos pronto.

Después de un período crítico de duración variable, las plan-

tas continúan vegetando con mayor o menor dificultad. Las no afectadas, o cuando lo son débilmente, desarrollan normalmente y suelen dar plantas deformadas fuertemente y corresponden a plantas hipertetraploides. Entre estos dos extremos se encuentran las plantas que han duplicado más o menos totalmente sus cromosomas, que habrán de utilizarse para el trabajo de mejora.

### CONTROLES CITOLÓGICOS

Las plantas tratadas por inmersión, eran lavadas a continuación con agua corriente y trasplantadas en macetas sobre una mezcla de mantillo y turba de pH 7,4, que, según la época, se colocaban en invernadero u ombráculo, hasta el momento del control citológico.

#### *Control 1.º Gen. C<sub>6</sub> (fase vegetativa)*

El control citológico para conocer si se ha producido la duplicación cromosómica, lo hemos efectuado en todos los casos por medio del recuento de cromosomas, ya que los otros métodos de recuento de cloroplastos, número de poros del polen, tamaño de éste o de los estomas, etc., no dan ninguna seguridad.

El material utilizado ha sido meristemos de primordios foliares, tomados después que las plantas han desarrollado las cuatro primeras hojas. La técnica, de TJO-LEVAN, de la oxiquinoleína-orceína, modificada por ROMMEL: 1) maceración del material de oxiquinoleína, 0,002 mol, tres horas; 2) fijación con carnoy (3:1); 3) maceración en orceína acética en frío, veinticuatro horas. Montaje a continuación sobre una gota de ácido acético del 45 por 100 y extensión del frotis, para observar con unos 800 aumentos.

Tomando algunas precauciones en cuanto a la toma del material, es posible efectuar por hora 50-60 preparaciones y sus respectivos recuentos de cromosomas con el equipo de un observador y un auxiliar preparador; y por ello, el trabajo en serie organizado nos ha permitido la observación de varios miles de

plantas —4.000 a 6.000— en la época conveniente, entre febrero-junio y septiembre-diciembre.

Después del control se eliminan las plantas  $2n$  y las  $2n + 4n$  (mixoploides). Hemos conservado las plantas  $4n$  y los mixoploides con crecido número de células  $4n$ , a los que denominamos  $4n + 2n$ .

Todas estas plantas se trasplantaban a semilleros al aire libre, o en macetas mayores si procedían de siembras tardías y debían por ello someterse a un tratamiento de frío para favorecer el espigado al año siguiente.

*Control 2.º Gen.  $C_0$  (fase generativa)*

Las plantas, cultivadas según el método habitualmente seguido cuando se destinan a portagranos, se dejan al aire libre hasta el trasplante al año siguiente en febrero-marzo, si procedían de tratamientos anteriores al verano. Para las de tratamientos de otoño debía forzarse su cultivo, y por ello se dejaban en invernadero con iluminación supletoria hasta mediados o fines de diciembre, en cuya época se llevaban en las mismas macetas a una cámara fría ( $2^{\circ}$ - $5^{\circ}$  C) para la vernalización durante cincuenta-sesenta días, efectuándose después el trasplante al campo para obtener los portagranos, de la misma forma que se hace con las procedentes de tratamientos de primavera. Con el tratamiento de luz y de frío se consigue reducir mucho el número de plantas que no espigan, y con ello aumentar la cosecha de semilla. Cada variedad se trasplantaba alejada de las restantes y se procuraba agrupar las plantas  $4n$ , por un lado, y las mixoploides, por otro, dentro de cada parcela.

Cuando las plantas comienzan a espigar, debe efectuarse seguidamente el segundo control, para el que se utiliza el ápice de cada rama primaria. Según la cantidad de material a controlar, hemos eliminado o no parte de los brotes primarios emitidos por cada planta.

Los portagranos de las plantas  $4n$  se desarrollan más lentamente que sus correspondientes diploides, y presentan claras dife-

rencias morfológicas; tallos más robustos, estípulas mayores, piezas florales más grandes y menos número de flores en cada glomérulo. Con frecuencia se presentan fasciaciones en los tallos. Las semillas son más gruesas y la recolección viene retrasada, por lo menos diez-doce días con respecto a los diploides de partida.

#### OBTENCION DE SEMILLA TETRAPLOIDE. GEN. C<sub>2</sub>

Aunque la maduración de la semilla, como hemos dicho, se produce más tarde que en las variedades diploides, es posible efectuar seguidamente nuevas siembras con la cosecha regocida, lo que hicimos en invernadero o bajo chasis, separadamente con la semilla procedente de cada planta. Dado el carácter heterocigótico de la remolacha, es preciso que al obtener tetraploides se tenga un número de plantas que sea representativo de la diploide original y que se estima como mínimo, de 25.

Una vez desarrolladas las cuatro primeras hojas, se procedió al control del número de cromosomas en la misma forma que se hizo para la Gen. C<sub>1</sub>.

Eliminadas las plantas  $3n$  y  $2n$ , se continuó el cultivo de plántones y portagranos por el método habitual, con las precauciones de aislar por distancia cada variedad. Cuando las plantas espigaban, efectuamos un cuarto control, esta vez sobre un solo brote por planta, como es lógico, con lo que teníamos la garantía —salvo contaminaciones incontroladas— de que la semilla que obteníamos era 100 por 100 tetraploide.

#### ENSAYO DEL NUEVO MATERIAL TETRAPLOIDE

Para conocer las características industriales de las nuevas variedades tetraploides, planteamos unos campos de ensayo, juntamente con otras variedades diploides cuyo cultivo era habitual en las diferentes zonas remolacheras.

El diseño estadístico utilizado fue el de bloques al azar, con seis repeticiones. Las parcelas, de 25 m<sup>2</sup>, y el cultivo se efectuó



Cuadro 4. 1958. Zaragoza, campo núm. 1

Variedad	Número de orden	Cosecha kilogramos/ha	Número de orden	Azúcar Porcentaje	Número de orden	Azúcar kilogramos/ha	Cenizas	Brix
Kleinw. Polybeta 54	2. <sup>a</sup>	54.120	5. <sup>a</sup>	12,80	2. <sup>a</sup>	6.927	0,892	17,07
Kleinw. Polybeta 58	1. <sup>a</sup>	58.020	8. <sup>a</sup>	11,77	3. <sup>a</sup>	6.829	0,925	16,15
Maribó P	4. <sup>a</sup>	52.440	6. <sup>a</sup>	12,57	6. <sup>a</sup>	6.592	0,874	17,08
AD-742 (4n)	6. <sup>a</sup>	47.940	1. <sup>a</sup>	14,88	1. <sup>a</sup>	7.193	0,839	18,83
Eagle Hill Polybrand	3. <sup>a</sup>	52.500	7. <sup>a</sup>	12,37	7. <sup>a</sup>	6.494	0,926	16,87
Ebro NZ-57	7. <sup>a</sup>	45.780	3. <sup>a</sup>	14,44	5. <sup>a</sup>	6.610	0,846	18,25
Ebro M-53	8. <sup>a</sup>	41.920	2. <sup>a</sup>	14,72	8. <sup>a</sup>	6.171	0,814	18,58
AD-642	5. <sup>a</sup>	50.340	4. <sup>a</sup>	13,57	4. <sup>a</sup>	6.831	0,901	17,80
Diferencias significativas:								
P = 0,05		4.560		0,68				
P = 0,01		6.110		0,91				

Cuadro 5. 1958. Zaragoza, campo núm. 2

Variación	Número de orden	Cosecha kilogramos/ha	Número de orden	Azúcar Porcentaje	Número de orden	Azúcar kilogramos/ha	Cenizas	Brix
Kleinw. Polybeta 57 ... ..	2. <sup>a</sup>	48.120	7. <sup>a</sup>	12,55	6. <sup>a</sup>	5.942	0,986	17,02
Kleinw. Cercopoly 57... ..	4. <sup>a</sup>	47.220	4. <sup>a</sup>	13,23	2. <sup>a</sup>	6.237	0,923	17,58
Kleinw. Cercopoly 58... ..	3. <sup>a</sup>	47.880	6. <sup>a</sup>	12,88	3. <sup>a</sup>	6.169	0,942	17,32
AD-515 ... ..	6. <sup>a</sup>	45.480	1. <sup>a</sup>	14,94	1. <sup>a</sup>	6.778	0,842	18,89
Ebro M-51, 57... ..	8. <sup>a</sup>	39.480	3. <sup>a</sup>	14,28	8. <sup>a</sup>	5.686	0,850	18,42
Saros HP-1 ... ..	1. <sup>a</sup>	50.940	8. <sup>a</sup>	11,78	5. <sup>a</sup>	6.001	0,991	16,65
Ebro M-53 ... ..	7. <sup>a</sup>	40.740	2. <sup>a</sup>	14,49	7. <sup>a</sup>	5.888	0,857	18,08
AD-7414... ..	5. <sup>a</sup>	46.860	5. <sup>a</sup>	13,01	4. <sup>a</sup>	6.102	0,924	17,43
Diferencias significativas:								
P = 0,05... ..		4.405		0,82		585		
P = 0,01... ..		5.902		0,97		797		

Cuadro 6. 1958. Terror, campo núm. 1

Variedad	Número de orden	Cosecha kilogramos/ha	Número de orden	Azúcar Porcentaje	Número de orden	Azúcar kilogramos/ha	Brix
Kleinw. Polybeta 54...	3. <sup>a</sup>	50.102	6. <sup>a</sup>	13,18	3. <sup>a</sup>	6.608	16,86
Kleinw. Polybeta 58...	4. <sup>a</sup>	48.740	5. <sup>a</sup>	13,77	4. <sup>a</sup>	6.592	17,03
Maribó P ...	1. <sup>a</sup>	51.255	8. <sup>a</sup>	12,65	6. <sup>a</sup>	6.433	16,70
AD-7/2...	7. <sup>a</sup>	44.655	1. <sup>a</sup>	15,91	1. <sup>a</sup>	7.086	19,21
Eagle Hill Polybrand ...	2. <sup>a</sup>	50.652	7. <sup>a</sup>	12,89	5. <sup>a</sup>	6.480	16,60
Ebro NZ-57 ...	5. <sup>a</sup>	46.488	3. <sup>a</sup>	14,39	2. <sup>a</sup>	6.878	17,68
Ebro M-53... ..	8. <sup>a</sup>	43.856	2. <sup>a</sup>	14,66	7. <sup>a</sup>	6.426	16,71
AD-6/6-17 ...	6. <sup>a</sup>	44.786	4. <sup>a</sup>	14,10	8. <sup>a</sup>	6.314	17,66
Diferencias significativas:							
P = 0,05 ... ..		7.101		0,77		793	
P = 0,01 ... ..				1,03			

Cuadro 7. 1958. Terret, campo núm. 2

Variedad	Número de orden	Cosecha kilogramos/ha	Número de orden	Azúcar Porcentaje	Número de orden	Azúcar kilogramos/ha	Brix
Kleinw. Polybeta 57	1. <sup>a</sup>	59.662	7. <sup>a</sup>	12,81	1. <sup>a</sup>	7.605	16,86
Kleinw. Cercopoly 57	2. <sup>a</sup>	56.205	6. <sup>a</sup>	12,82	2. <sup>a</sup>	7.190	16,70
Kleinw. Cercopoly 58	6. <sup>a</sup>	45.498	4. <sup>a</sup>	13,03	8. <sup>a</sup>	5.910	16,90
AD-541	3. <sup>a</sup>	49.474	8. <sup>a</sup>	12,61	5. <sup>a</sup>	6.238	16,66
Ebro M-51, 57	7. <sup>a</sup>	45.493	2. <sup>a</sup>	14,21	4. <sup>a</sup>	6.464	17,73
Ebro NZ-57	8. <sup>a</sup>	43.476	3. <sup>a</sup>	14,12	6. <sup>a</sup>	6.138	17,86
Ebro M-53	5. <sup>a</sup>	46.396	1. <sup>a</sup>	14,63	3. <sup>a</sup>	6.787	18,23
AD-646-19	4. <sup>a</sup>	46.671	5. <sup>a</sup>	12,86	s. <sup>a</sup>	6.001	16,28
Diferencias significativas:							
P = 0,05	...	7.116	...	1,00	...	878	...
P = 0,01	...	9.655	...	1,34	...	1.176	...

Cuadro 8. 1959. Cogullada (Zaragoza), campo núm. 1

Variedad	Número de orden	Azúcar Porcentaje	Número de orden	Azúcar kilogramos/ha	Número de orden	Cosecha kilogramos/ha	Cenizas	Brix
AD-7413	1. <sup>a</sup>	14,25	5. <sup>a</sup>	5.823	8. <sup>a</sup>	40.860	0,785	18,5
AD-742	2. <sup>a</sup>	12,92	1. <sup>a</sup>	6.403	4. <sup>a</sup>	49.560	0,842	17,0
AD-281 = 5	3. <sup>a</sup>	12,37	4. <sup>a</sup>	5.890	7. <sup>a</sup>	46.860	0,908	16,4
Ebro M-51	4. <sup>a</sup>	12,55	3. <sup>a</sup>	5.926	5. <sup>a</sup>	47.220	0,880	16,3
AD-282 = 2	5. <sup>a</sup>	12,03	7. <sup>a</sup>	5.666	6. <sup>a</sup>	47.100	0,928	15,8
AD-7414	6. <sup>a</sup>	11,01	2. <sup>a</sup>	6.163	1. <sup>a</sup>	55.980	0,964	14,7
Maribo P.	7. <sup>a</sup>	10,40	6. <sup>a</sup>	5.685	2. <sup>a</sup>	54.660	0,977	14,1
Polibeta	8. <sup>a</sup>	10,24	8. <sup>a</sup>	5.578	3. <sup>a</sup>	54.420	0,988	14,2
Diferencias significativas:								
P = 0,05	...	0,51	...	464	...	3.023	...	...
P = 0,01	...	0,68	...	617	...	4.053	...	...

Cuadro 9. 1959. Cogullada (Zaragoza), campo núm. 2

Variedad	Número de orden	Azúcar Porcentaje	Número de orden	Azúcar kilogramos/ha	Número de orden	Cosecha kilogramos/ha	Cenizas	Brix
Ebro-180	1. <sup>a</sup>	13,85	2. <sup>a</sup>	6.557	7. <sup>a</sup>	47.840	0,903	18,0
Ebro RNC	2. <sup>a</sup>	13,28	6. <sup>a</sup>	5.960	8. <sup>a</sup>	44.940	0,931	17,4
AD-231 = 12	3. <sup>a</sup>	13,12	1. <sup>a</sup>	7.006	2. <sup>a</sup>	52.400	0,924	17,2
Ebro M-51	4. <sup>a</sup>	12,80	4. <sup>a</sup>	6.136	6. <sup>a</sup>	47.940	0,947	17,0
AD-747	5. <sup>a</sup>	12,46	5. <sup>a</sup>	6.003	5. <sup>a</sup>	48.180	0,978	16,4
AD-646	6. <sup>a</sup>	11,85	7. <sup>a</sup>	5.816	4. <sup>a</sup>	49.080	0,913	16,1
Cercopoly	7. <sup>a</sup>	11,80	3. <sup>a</sup>	6.167	3. <sup>a</sup>	52.260	0,969	15,8
AD-8411	8. <sup>a</sup>	10,08	8. <sup>a</sup>	5.292	1. <sup>a</sup>	52.500	1,105	14,4
Diferencias significativas:								
P = 0,05		0,51		470		3.247		
P = 0,01		0,68		635		4.358		

Cuadro 10. 1959. Terrer, campo núm. 1

Variedad	Número de orden	Azúcar Porcentaje	Número de orden	Azúcar kilos/ha	Número de orden	Cosecha kilos/ha	Cenizas	Brix	Índice de nitrógeno
Ebro-130..	1. <sup>a</sup>	13,33	7. <sup>a</sup>	6.766	1. <sup>a</sup>	50.760	0,894	17,43	0,161
AD-221 = 12	2. <sup>a</sup>	12,85	6. <sup>a</sup>	6.862	6. <sup>a</sup>	53.280	0,884	16,91	0,166
AD-645-2.	3. <sup>a</sup>	12,82	1. <sup>a</sup>	8.023	1. <sup>a</sup>	62.680	0,865	16,77	0,179
AD-607	4. <sup>a</sup>	12,67	3. <sup>a</sup>	6.941	5. <sup>a</sup>	54.780	0,961	16,71	0,156
AD-8415..	5. <sup>a</sup>	12,61	4. <sup>a</sup>	6.930	4. <sup>a</sup>	54.960	0,922	16,50	0,187
AD-537	6. <sup>a</sup>	12,60	2. <sup>a</sup>	7.537	2. <sup>a</sup>	59.820	0,916	16,70	0,170
Ebro M-51...	7. <sup>a</sup>	12,44	8. <sup>a</sup>	6.285	8. <sup>a</sup>	50.520	0,906	16,73	0,172
Cercopoly	8. <sup>a</sup>	11,86	5. <sup>a</sup>	6.930	3. <sup>a</sup>	58.440	0,972	16,13	0,177
Diferencias significativas:									
P = 0,05		0,54		620		4.578			
P = 0,01		0,72		846		6.144			

Cuadro 11. 1959. Terret, campo núm. 2

Variiedad	Número de orden	Azúcar Porcentaje	Número de orden	Azúcap kilogramos/ha	Número de orden	Cosecha kilogramos/ha	Cenizas	Brix	Índice de nitrógeno
AD-2818 = 13 ...	1. <sup>a</sup>	12,99	4. <sup>a</sup>	5.814	7. <sup>a</sup>	44.760	0,927	17,1	0,190
Ebro M-51... ..	2. <sup>a</sup>	12,95	1. <sup>a</sup>	6.340	4. <sup>a</sup>	48.960	0,890	17,2	0,186
Ebro RNC... ..	3. <sup>a</sup>	12,43	8. <sup>a</sup>	5.310	8. <sup>a</sup>	42.720	0,962	16,8	0,186
AD-646-21 ... ..	4. <sup>a</sup>	12,28	6. <sup>a</sup>	5.769	6. <sup>a</sup>	46.980	0,895	16,5	0,195
AD-232 = 2.. ...	5. <sup>a</sup>	12,17	3. <sup>a</sup>	5.900	5. <sup>a</sup>	48.480	0,954	16,5	0,168
Polybeta.. ... ..	6. <sup>a</sup>	11,30	7. <sup>a</sup>	5.661	3. <sup>a</sup>	50.100	0,995	15,6	0,172
Maribo P ... ..	7. <sup>a</sup>	11,25	5. <sup>a</sup>	5.737	2. <sup>a</sup>	51.000	0,962	15,5	0,174
AD-8412.. ... ..	8. <sup>a</sup>	10,87	2. <sup>a</sup>	6.261	1. <sup>a</sup>	57.600	1,109	15,2	0,144
Diferencias significativas:									
P = 0,05.. ... ..		0,53		624		5.130			
P = 0,01.. ... ..		0,71		840		6.882			



Cuadro 12. 1959. Venta de Baños (Palencia)

Variedades	Número de orden	Azúcar Porcentaje	Número de orden	Azúcar kilogramos/ha	Número de orden	Cosecha kilogramos/ha	Cenizas
AD-2313 = 5	1. <sup>a</sup>	17,45	3. <sup>a</sup>	6.138	5. <sup>a</sup>	35.790	0,445
Ebro M-51L	2. <sup>a</sup>	16,73	6. <sup>a</sup>	5.625	7. <sup>a</sup>	33.620	0,450
AD-231L	3. <sup>a</sup>	16,64	8. <sup>a</sup>	5.331	9. <sup>a</sup>	32.040	0,412
Ebro-130	4. <sup>a</sup>	16,47	10. <sup>a</sup>	5.125	10. <sup>a</sup>	31.120	0,456
AD-232 = 2	5. <sup>a</sup>	16,35	4. <sup>a</sup>	5.907	3. <sup>a</sup>	36.110	0,480
Maribo P...	6. <sup>a</sup>	16,32	1. <sup>a</sup>	6.596	2. <sup>a</sup>	40.010	0,454
Ebro E...	7. <sup>a</sup>	16,22	9. <sup>a</sup>	5.327	8. <sup>a</sup>	32.840	0,449
Cercopoly	8. <sup>a</sup>	16,15	5. <sup>a</sup>	5.825	4. <sup>a</sup>	36.086	0,472
Ebro RC	9. <sup>a</sup>	16,14	7. <sup>a</sup>	5.531	6. <sup>a</sup>	34.270	0,454
Polibeta...	10. <sup>a</sup>	15,47	2. <sup>a</sup>	6.233	1. <sup>a</sup>	40.290	0,475
Diferencias significativas:							
P = 0,05		0,54		688		3.937	
P = 0,01		0,72		925		5.296	

según el método habitual de cada comarca en cuanto a marcos de plantación, épocas de siembra, cuidados de cultivo, etc.

Los campos se situaron en Zaragoza y Terrer (Zaragoza) en 1958 y 1959. Los resultados se indican en los cuadros 4-12.

Estos ensayos permitieron deducir algunas conclusiones de interés. En efecto, las variedades resistentes al cercospora (AD-645 y AD-646) presentaban este carácter exaltado, por lo cual se comportaban muy favorablemente en las zonas de cultivo donde el ataque de este hongo es endémico. Así vemos que en el campo número 2 del ensayo de Zaragoza de 1958 y en el número 1 de 1959, la variedad 645, que procede de una familia de «Ebro» muy tolerante a la enfermedad, destaca sobre todas las demás en porcentaje de azúcar, manteniendo una producción de raíces bastante elevada. Igualmente, la variedad 646 en el campo número 1 del ensayo de 1958 de Terrer muestra una riqueza elevada.

Las variedades de tipo «normal», NZ, como son las 642 y 742, mejoran los caracteres de las diploides equivalentes. En el campo número 1 de Zaragoza, en el año 1958, las dos variedades están muy bien situadas; pero la 742 es superior a todo el material ensayado en ese campo. Lo mismo ocurre en el campo número 1 de Terrer del mismo año y en el de Cogullada del año 1959. Las variedades ricas tipo «Z», como es la 7413, mantiene esa característica también exaltada, y aparentemente parece un excelente material para determinadas situaciones del cultivo.

#### OBTENCION DE TRIPLOIDES

En cuanto se dispuso de cantidad apreciable de semilla tetraploide, comenzamos los ensayos de obtención de triploides, sin esperar a depurar el material tetraploide, con el fin de ganar tiempo, iniciándose al mismo tiempo la selección dentro de cada variedad tetraploide.

Las dos variedades, 645 y 742, se combinaron con otras tres diploides de distintas características, y en 1959 se incluyeron en los ensayos cuatro de los triploides obtenidos, que denominaremos AD-231, 232, 537 y 2313, en campos establecidos en Zara-

goza (Cogullada y Terrer) y en Palencia (Venta de Baños). La variedad 2313 en todos los campos dio la máxima riqueza en porcentaje de azúcar (salvo en Cogullada, que figura en tercer lugar), y, en general, todas eran superiores a las variedades poliploides extranjeras de los mismos ensayos.

Con el abundante material tetraploide que se fue obteniendo en años sucesivos, se siguió ensayando la obtención de nuevos triploides, estudiando al mismo tiempo las proporciones óptimas de los componentes diploide y tetraploide, en diferentes situaciones del cultivo de portagranos de nuestro país. Anualmente se fueron ensayando los nuevos poliploides que se obtenían, para compararlos con las variedades diploides nacionales y otras poliploides extranjeras, en la mayor parte de las zonas remolacheras de nuestro país.

De estos ensayos se dedujeron conclusiones interesantes que permitieron orientar la obtención de variedades anisoploides adaptadas a las variables condiciones agro-ecológicas españolas.

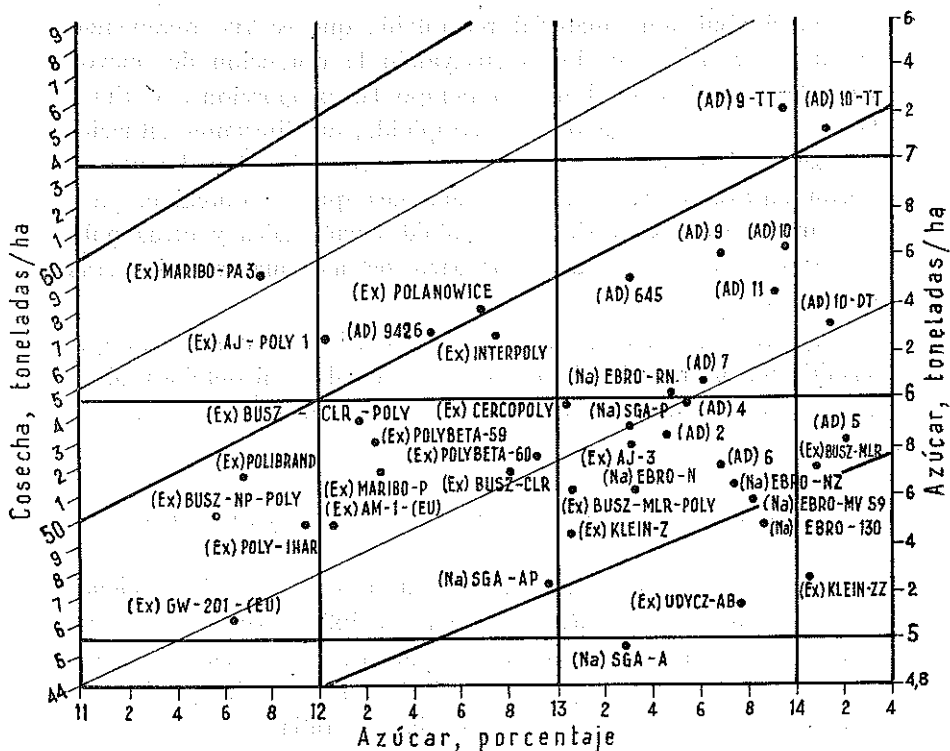
#### OBTENCION DE VARIETADES POLIPLOIDES

Los grandes grupos industriales azucareros españoles, quienes desde el comienzo de nuestro trabajo se interesaron por el mismo, colaboraron y ayudaron generosamente para acelerar el proceso y extender los ensayos por todo el país, con lo que las obtenciones logradas tienen una indudable garantía.

El número de variedades triploides (mejor, anisoploides) ensayadas hasta esta fecha asciende a 31, la mayor parte de las cuales son superiores, en las condiciones de cultivo de nuestro país, a todas las otras conocidas de procedencia extranjera.

El material de base que mejores resultados ha dado lo constituyen familias de la sección de la Sociedad "Semillas EBRO", iniciada también por nosotros hace más de veinte años. Con las variedades tetraploides procedentes de estas familias diploides, se comenzó, en 1958, una selección análoga a la que dio origen a éstas, es decir, elección de cabezas de familia, multiplicación en consanguinidad de las descendencias (familias) durante varias ge-

neraciones, seguida de ensayos de cultivo para conocer su comportamiento, y finalmente ensayos de policruzamiento entre tetraploides, y de éstos con variedades diploides para obtener los triploides.



(AD = variedades de *Aula Dei*. (Na) = otras variedades nacionales. (Ex) = variedades extranjeras

Figura 1. Ensayos de remolacha azucarera (1961)

La obtención de semilla «élite», constituida por las familias di y tetraploide que mejor aptitud combinatoria han presentado, está en marcha y han entrado ya en la fase de multiplicación los primeros 3.500 kg. de semilla obtenidos.

En el año 1961 pudo establecerse una amplia red de campos de ensayo con las variedades obtenidas hasta entonces, juntamente

con otras muchas de procedencia nacional y extranjera, diploides y poliploides. Los resultados de los cuarenta campos, extendidos por todas las zonas remolacheras españolas, se exponen en forma gráfica para su más fácil análisis (*figura 1*). En dicha representación se indican, en abscisas, la riqueza en azúcar; en ordenadas, el azúcar/hectárea, y en líneas transversales, la cosecha de raíces/hectárea (hay una relación lineal entre estos tres valores, que permite este modo de representación). Podemos presumir que con las nuevas variedades obtenidas o en proceso de obtención, se conseguirá un aumento de cosecha de remolacha/hectárea, que estimamos prudentemente en un 10 a un 15 por ciento, con un aumento en la riqueza en azúcar del 0,2 al 0,5 por ciento, lo que se traducirá en un aumento de alguna consideración en la cosecha de azúcar/hectárea.

#### DIFICULTADES EN LA OBTENCION DE TRIPLOIDES

Es difícil conseguir —en las condiciones de nuestro país y con el material utilizado— una gran uniformidad en las nuevas variedades tetraploides; debido principalmente a que frecuentemente aparecen formas aneuploides en un porcentaje relativamente elevado, que se traduce en la producción de plantas menos vigorosas que producen una baja en la fertilidad. Actualmente se está estudiando en la Estación Experimental de «Aula Dei», de Zaragoza, por la Dra. Rommel, la influencia en el rendimiento en peso y en azúcar de estos aneuploides en las variedades anisoploides comerciales.

Creemos, no obstante, que con el proceso de selección seguido, al elegir las cabezas de familia entre los individuos de mayor peso y riqueza y mejor conformación, lo mismo que en las selecciones en masa efectuadas dentro de las familias en cada descendencia, se eliminan la mayor parte de los aneuploides, lo que habrá de tener influencia al obtener los triploides, y, en definitiva, en la composición de la variedad. Falta comprobar el efecto de la selección indicada en el porcentaje de aneuploides que se obtienen.

La obtención de nuevas variedades anisoploides creemos está

resuelta en España, obteniéndose los mejores resultados con el material seleccionado al nivel diploide adaptado a las distintas zonas remolacheras del país; por tanto, la mejora por poliploidía en remolacha precisa el obtener previamente unas familias diploides bien seleccionadas, en las condiciones de medio en que han de explotarse, que, al duplicar sus cromosomas, mantendrán o incluso mejorarán sus caracteres. Mejorados los tetraploides obtenidos en el proceso de selección genealógica indicado y en el porcentaje de euploidía, constituirán el componente básico para la obtención de los triploides, para el que se utilizarán también variedades diploides selectas, ensayadas por su aptitud combinatoria.

#### RESUMEN

La obtención de variedades poliploides de remolacha azucarera se inició en España, en el año 1954, ensayándose los primeros triploides obtenidos en 1959. Para este trabajo se han utilizado una serie de variedades y familias de selección de procedencia nacional y extranjera. La técnica más eficaz para la inducción de poliploides ha sido la de inmersión de los glomérulos germinados en soluciones de colchicina al 0,2 y 0,3 por ciento durante dos-tres horas.

Los mejores tetraploides obtenidos proceden de selecciones de material diploide adaptado a las condiciones de cultivo del país, que han formado el material de base para la producción de las nuevas variedades anisoploides comerciales, que están actualmente en la fase de multiplicación. La aparición de aneuploides en una proporción relativamente elevada constituye un problema de la selección de la remolacha poliploide, que está siendo estudiado.

#### SUMMARY

The production of polyploid varieties of sugar beet in Spain was initiated in 1954 and the first triploids were obtained in 1959. A series of national and foreign varieties and selected plant fami-

lies were used for the work. The most efficient technique for the induction of polyploidy was found to be the immersion of seeds in a 0.2 or 0.3 per cent colchicine solution for three hours.

The best tetraploids obtained proceeded the selections made of diploid material adapted to the conditions of plant cultivation of the country. These tetraploids formed the basic material for the production of the new commercial anisoploid varieties, which in this moment are in the stage of multiplication. The appearance of aneuploid plants in relatively high proportions represent a problem for breeding polyploid beets, which is now under investigation.

### BIBLIOGRAFIA

- BECKER, G., y SKIEBE, K.  
1955. Eine neue Methode der Colchicinbehandlung. *Züchter*, 25: 161-163.
- BECKER-DILLINGEN, J.  
1928. *Handbuch des Hackfruchtbaues und Handelspflanzenbaues*. Berlin.
- BRYKCYNSKI, J.  
1960. Efficient production of triploids in sugar beet. *Euphytica*, 9: 196-98.
- CURTH, P.  
1955. Temperatur und Licht als blühinduzierende Faktoren bei der Zuckerrübe. *Züchter*, 25: 176-81.
- FELTZ, H.  
1953. Untersuchungen an diploiden und polyploiden Zuckerrüben. *Z. Pflanzenzücht.*, 32: 275-300.  
1957. *Zuckerrübensamenbau (Vermehrung)*.
- HAGBERG, A.-AKERBERG, E.  
1962. *Mutations and polyploidy in plant breeding*. Scandinavian University Books. Stockholm.
- KLOEN, D.  
1957. La création de betteraves polyploides. *Neth. J. Agr. Sci.*, 5: 86-103.
- MARGARA, J.; TOUVIN, H., y SANDOZ, J.  
1956. *Recherches sur la sélection de la betterave sucrière*.
- MATSUMURA, S.  
1951-1955. Improvement of sugar beet by means of induced triploids.
- MATSUMURA, S., y MOCHIZUKI, A.  
1950. *Genetische und zytologische Untersuchungen bei Beta-Arten. III.*

*Über den Zuckergehalt bei Varietätsbastarden und polyploiden Pflanzen.*

PIEPER, H.

1952. *Das Saatgut.*

RASMUSSEN, J.

1953. Autotetraploid sugar beet. *Hereditas*, 39: 257-69.

ROMMEL, M.

1963. Some cytogenetic properties of autotetraploid varieties of sugar beet. *Nature*, 198: 1.327-28.