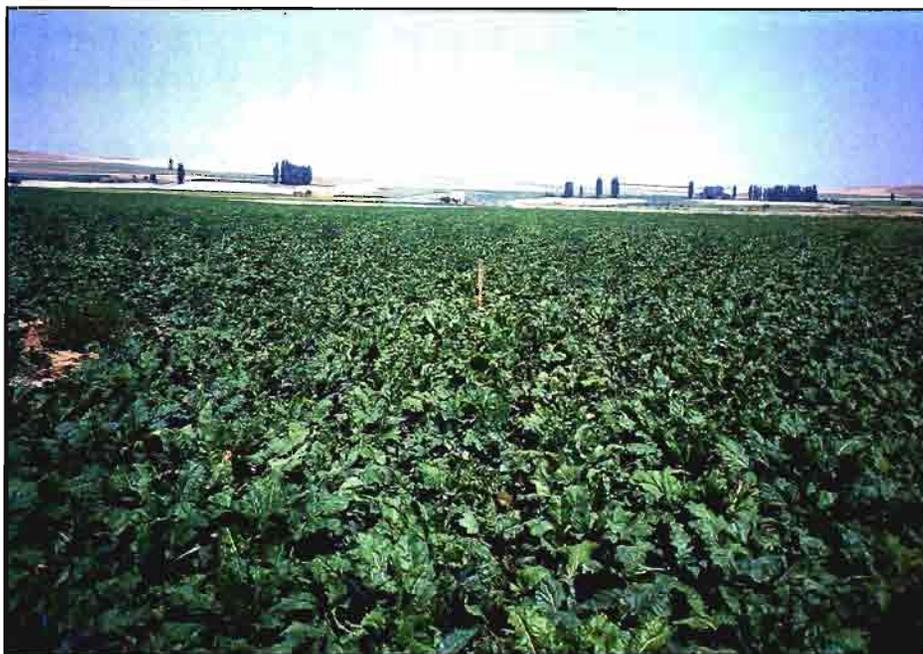


RIEGO DE LA REMOLACHA

por:
Urbano, P., Arroyo, J.M.,
Conde, J.R., Rojo, C.,
González, F.*

**—Ensayos
en el Valle
del Duero**



La remolacha un cultivo tradicional e importante en Castilla-León.

1.—INTRODUCCION

En el Valle del Duero se concentra más del 50% de la superficie de remolacha que se cultiva en España, la cual, en su práctica totalidad, se cultiva en regadío.

El riego representa una partida importante de los gastos del cultivo de remolacha en esta zona (en muchos casos más del 20%), y particularmente en la margen izquierda del Duero, donde el agua empleada se bombea desde acuíferos localizados a bastante profundidad. Además, los niveles freáticos tienden a bajar. Por todos estos motivos, tanto los gastos de la captación como los de bombeo tienden a aumentar con el paso del tiempo.

Con vistas a la mejora de la competitividad del cultivo ante el reto del mercado único europeo es necesario buscar procedimientos racionales y económicos para las diversas operaciones de cultivo. En relación con el riego, por tanto, resulta conveniente mejorar el uso del agua, de modo que se obtenga el máximo provecho del coste que el riego supone.

Durante los años 1990 y 1991 se han desarrollado ensayos sobre riego de remo-

lacha en la cuenca del Duero, en colaboración entre las empresas azucareras de fuerte implantación en la zona, Ebro Agrícolas Compañías de Alimentación, S.A. y la Sociedad Cooperativa Azucarera ACOR, y el Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia, de la Universidad Politécnica de Madrid.

El objetivo que se pretende es establecer un criterio claro para el uso del agua de riego por parte de los agricultores, que les permita ahorrar agua como consecuencia del mejor control del riego y, a su vez, mejorar la rentabilidad del cultivo. Para este control se han buscado técnicas sencillas, de bajo costo y fácil extensión.

Para obtener conclusiones definitivas será necesario repetir algún tiempo más estos ensayos, pero con los resultados obtenidos en las dos primeras campañas pueden avanzarse algunas ideas que se consideran interesantes, que son las que se exponen a lo largo del presente trabajo.

2.—DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS

Los campos de experimentación se situaron durante los dos años en cinco zonas: Babilafuente (Salamanca), Medina del Campo y Olmedo (Valladolid), Olm-

brada (Segovia) y La Tasa (Soria). De ese modo se ha extendido el estudio a una amplia zona de la margen izquierda del Duero, considerada como prioritaria por el mayor coste del riego en relación al resto de la cuenca. Esta amplitud supone que las conclusiones resultantes tengan mayores posibilidades de aplicación.

La variabilidad en el riego se ha obtenido aplicando diferentes dosis y frecuencias de riego. Se han seleccionado cuatro tratamientos, definidos por el grado de agotamiento del agua del suelo antes de volver a regar. Cuando mayor es el grado de agotamiento, más difícil resulta para la planta extraer el agua del suelo, porque la energía con la que el suelo retiene el agua es mayor a medida que el suelo se seca. En consecuencia, cuanto más grado de agotamiento se seleccione, más «sufre», en principio, la planta. Por otro lado, al dejar que el suelo se seque más, la dosis de riego que hace falta para reponer el agua consumida es mayor. Como resultado, el mayor grado de agotamiento se traduce, en la práctica, en un menor número de riegos, cada uno de ellos de más cuantía, y más separados entre sí. El efecto combinado global es que se consume menos agua, en el total de la campaña, cuanto mayor es ese grado de agotamiento.

(*) Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia de la Universidad Politécnica de Madrid.



Dosificador volumétrico en la cabecera de cada parcela elemental.

La manera práctica de determinar el grado de agotamiento ha sido definir cuatro valores de energía máxima de retención, de modo que al alcanzarse el nivel definido se regaba el suelo para aumentar su contenido en agua y reducir la energía de retención hasta valores próximos a «capacidad de campo». La determinación de la energía de retención se realizó, en la práctica, por medio de tensiómetros, que miden la retención que ejercen las partículas sólidas del suelo sobre el agua que el suelo contiene, en forma de «succión». Su intervalo práctico de medida es de 0 a 0,8 atmósfera de succión, y vienen graduados en centibares (cb), equivalentes, aproximadamente, a centésimas de atmósfera. Estos aparatos se utilizan en el control del riego con buenos resultados, aunque su exactitud no sea muy alta. Además, su sencillez permitirá, probablemente, una fácil extensión de su manejo entre los agricultores. En la parte central de cada parcela elemental se instalaron dos tensiómetros, uno con la cápsula porosa a 30 cm de profundidad y otro a 60 cm. En los ensayos, el riego de cada tratamiento comenzó al alcanzar los tensiómetros colocados a 30 cm de profundidad valores de 30 cb para el tratamiento denominado A, 45 cb para el tratamiento B, 60 cb para el tratamiento C y 75 cb para el denominado D. Estos cuatro tratamientos se aplicaron en todos los campos de ensayo, y su empleo dió lugar, como ya se indicaba antes, al aporte de diferentes dosis unitarias de riego, con frecuencias distintas y, como consecuencia, a consumos totales de agua diferentes.

Hay que tener presente, como elemento de referencia, que hasta los 80 cb se encuentra, en el tipo de suelo de los ensayos (en general, ligeros), entre el 70 y

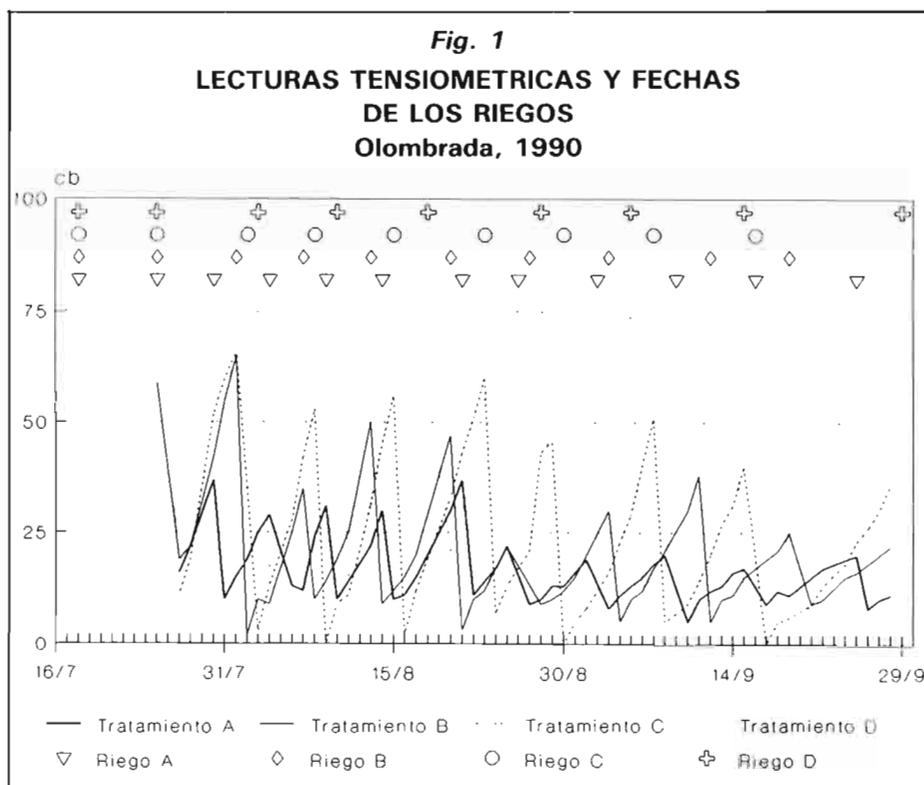
el 80% del agua útil o disponible para la planta.

La dosis unitaria de riego se determinó de acuerdo con una serie de propiedades del suelo (curva característica de humedad, densidad aparente, profundidad), que se determinaron sobre muestras recogidas previamente en las parcelas; cada dosis debía cumplir el objetivo de disminuir la indicación del tensiómetro situado a 30 cm, después de la aplicación de

cada riego, hasta los 10 cb, lo que equivale, aproximadamente, a capacidad de campo.

A modo de ejemplo, en la Figura 1 aparece la evolución de los tensiómetros de 30 cm en Olombrada durante la campaña 1990.

En cada uno de los campos se ha adoptado un diseño en bloques al azar de los 4 tratamientos, con 6 repeticiones, es decir, 24 parcelas elementales por ensayo.



COLABORACIONES TECNICAS

El sistema de riego empleado ha sido el de aspersión con cobertura total, marco de 12 x 12 m en la parcela elemental y una separación entre parcelas elementales y con el resto del cultivo de 18 m, para minimizar interferencias derivadas de movimientos laterales del agua. En la Figura 2 se muestra un croquis de las parcelas elementales en un bloque.

Como puede observarse, la zona que se muestrea de la parcela elemental corresponde a la parte central del marco de 12 x 12 m, con una superficie de 72 metros cuadrados y dimensiones 6 x 12 m.

Los aspersores utilizados han sido de primeras marcas, con boquilla de 5/32" y presión de trabajo en boquilla de unas 2,5-3,5 atmósferas, con un caudal unitario en torno a 1-1,2 m³/hora. En estas condiciones, el círculo mojado tiene un radio próximo a los 12 metros, y se obtiene una uniformidad de riego muy aceptable con un marco de 12 x 12 m, que es el empleado. Este tipo de material se utiliza en la zona, pero con márcos más amplios, de 12 x 15 ó 12 x 18 m.

En las tuberías de acceso a los cuatro aspersores que formaban cada parcela elemental se colocó una válvula de paso de seguridad y un dosificador volumétrico para el control del riego. Estos dosifi-



Tensiómetros colocados a 30 y 60 cm de profundidad.

cadore pueden regularse de modo que se cierran automáticamente una vez que ha circulado por ellos el volumen de agua previamente señalado; de esta forma se controló el volumen aportado por los 4 aspersores en cada uno de los riegos, corres-

pondiente a la dosis unitaria que se había determinado previamente. Por otra parte, estos dosificadores actúan como contadores, de modo que se puede conocer también el agua total aportada en el conjunto de la campaña.

A lo largo de la fase final del ciclo vegetativo se efectuaron 3 arranques, separados 3 semanas entre sí, con fechas de torno a 15 de Octubre, 5 de Noviembre y 26 de noviembre. De cada una de las 24 parcelas elementales por ensayo o campo se tomaron 10 metros cuadrados por muestreo, dejando una línea intermedia de plantas entre arranque y arranque. Uno de los objetivos de esta recolección escalonada era averiguar la posible relación entre cada tratamiento y su fecha óptima de recolección.

Las determinaciones realizadas en cada muestra abarcaron los aspectos más significativos e importantes de la raíz (componentes del rendimiento en azúcar y calidad industrial de los jugos) y de la hoja, si bien, por su mayor repercusión económica, en el presente artículo nos referiremos a las relacionadas con el rendimiento en azúcar (peso fresco de raíz, polarización o riqueza y rendimiento en azúcar).

En relación al material vegetal, se utilizó semilla de la variedad ORYX (monogermen genética, tipo NZ), que ha proporcionado buenos resultados en los ensayos de variedades llevados a cabo en la zona de estudio.

EXPOSICION DE DATOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

3.1.—Datos edáficos

Como puede apreciarse en el Cuadro 1,

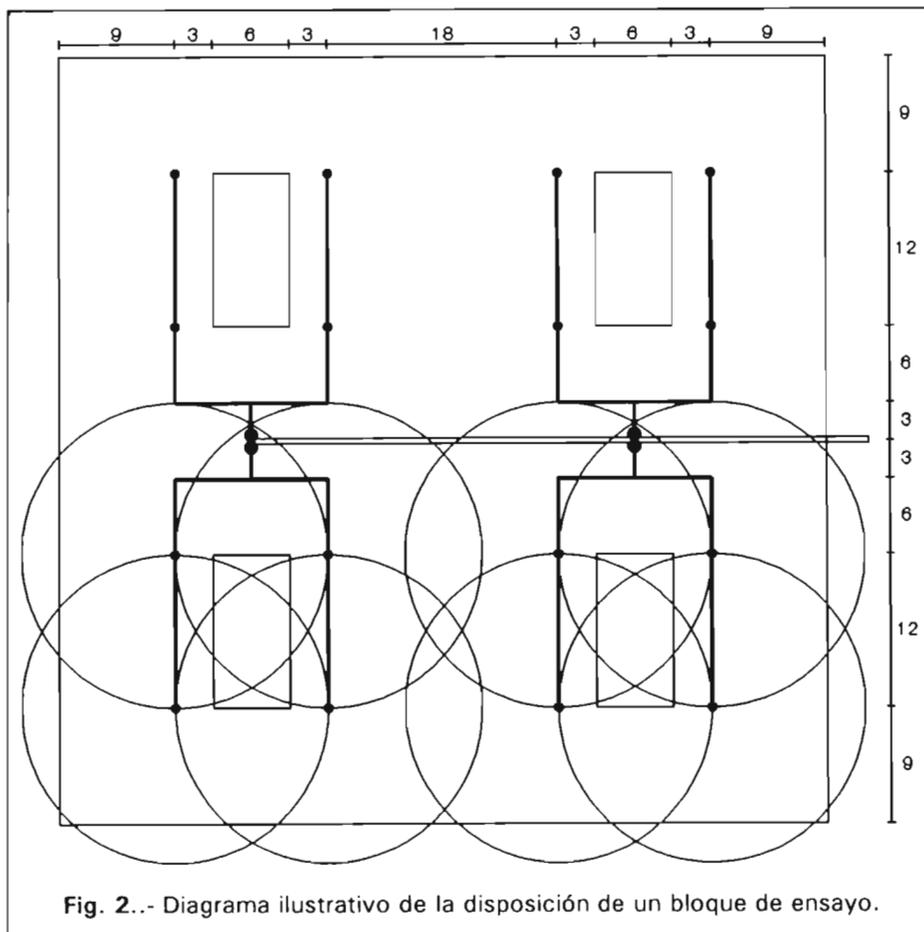


Fig. 2.— Diagrama ilustrativo de la disposición de un bloque de ensayo.

Cuadro 1.- Datos básicos de los suelos de las parcelas de ensayo.

Ensayo	Textura			Descripción	pH	Materia orgánica (%)
	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)			
Babilafuente	60	25	15	Fr. arenosa	7,0-7,5	0,5-0,8
Medina del Campo	75	13	12	Fr. arenosa	7,5-8,0	0,5-0,9
Olmedo	70	14	16	Fr. arenosa	7,8-8,3	0,8-1,1
Olombrada	58	19	23	F. ac. arenosa	8,0-8,5	1,4-1,6
La Rasa	60	27	13	Fr. arenosa	7,5-8,2	1,4-1,8

los suelos en los que se ubicaron los ensayos son catalogables de «ligeros», oscilando entre franco arenosos y franco arcillo arenosos. El pH varía entre 7 y 8,5; por lo tanto, se trata de suelos ligeramente alcalinos. El contenido en materia orgánica es muy bajo, no llegándose en ninguno de los campos al 2%, y en tres de los cinco no se sobrepasa el 1%.

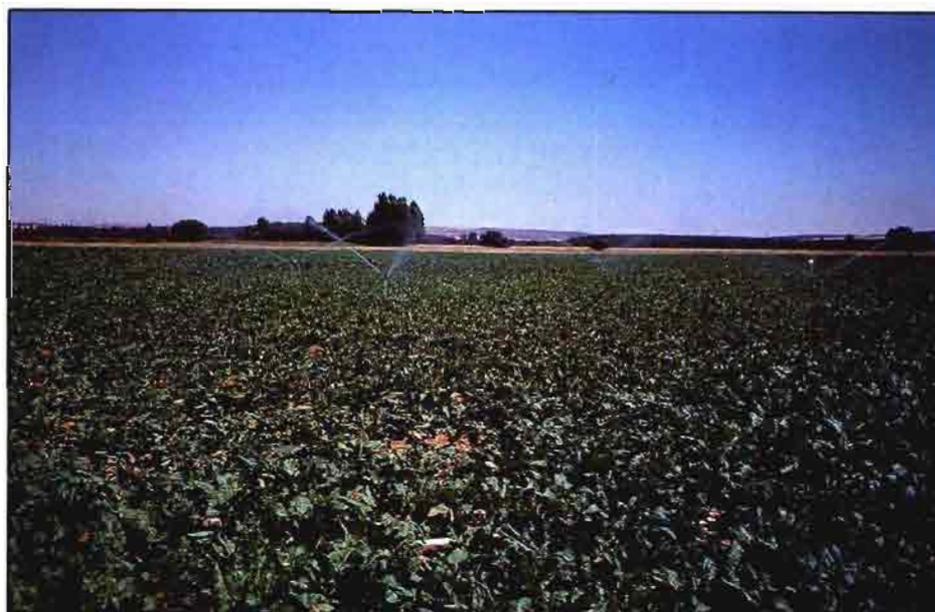
Se determinaron además otros parámetros implicados en la fertilidad del suelo para realizar un abonado racional acorde con las necesidades del cultivo, así como la conductividad eléctrica como indicador de la salinidad del suelo.

3.2. — Datos climáticos

La pluviometría recibida durante el cultivo se refleja en el Cuadro 2. Lo más esencial de estos datos es la diferencia de lluvia entre las dos campañas, máxima en Olombrada (130 mm de variación) y mínima en La Rasa (22 mm). Las cifras medias de las dos campañas están en torno a los 200 mm, salvo en el caso de La Rasa, en donde la pluviometría es claramente superior.

3.3. — Resumen de los aspectos significativos del riego

Como ya se indicó al describir los ensayos, se han realizado cuatro tratamien-



Riego de la parcela elemental mediante 4 aspersores, marco 12 x 12 m.

Cuadro 2.- Lluvia recibida en los ensayos durante el periodo siembra-última recolección. Datos de las dos campañas.

Ensayo	Año 1990 (mm)	Año 1991 (mm)	Media (mm)
Babilafuente	255	169	212
Medina del Campo	223	179	201
Olmedo	256	158	207
Olombrada	243	113	178
La Rasa	291	269	280

tos de riego durante un periodo comprendido entre finales de Junio-principios de Julio, y mediados-finales de Septiembre. Cada tratamiento quedó definido por la tensión matricial máxima que había de soportar el cultivo durante el período de riego, de modo que las lecturas de los tensiómetros con la cápsula a 30 cm oscilasen entre dicha tensión y la correspondiente a capacidad de campo, cifrada en 10 cb.

La realización práctica de esta metodología se traduce finalmente en dosis unitarias, frecuencias y volúmenes de riego distintos para cada uno de los tratamientos. En el Cuadro 3 quedan reflejados los

valores medios de estos parámetros para los 4 tratamientos en los 5 ensayos en el conjunto de los dos años.

3.4. — Resultados

El Cuadro 4 refleja los resultados obtenidos en el conjunto de los dos años. Las conclusiones que de él se derivan son las siguientes:

1. De los factores que determinan el rendimiento en azúcar (peso de raíz y polarización), el primero es el que resulta claramente afectado por el riego.

En este sentido, si se analizan globalmente los dos años, los cinco ensayos y las tres fechas de recolección, se pueden hacer dos grupos con los cuatro tratamientos, grupos que son estadísticamente distintos al nivel de significación del 5%. El primero de ellos, integrado por los tratamientos A y B (30 y 45 cb de succión máxima, respectivamente), supera al segundo, compuestos por los denominados C (60 cb) y D (75 cb).

Como se indica en el Cuadro 6, el tratamiento A supone un consumo medio de

COLABORACIONES TECNICAS

Cuadro 3.- Resumen de los datos relativos al riego. Valores medios de las campañas 1990 y 1991.

Tratamiento	Ensayo				
	Babilafuente (Salamanca)	Medina del Campo (Valladolid)	Olmedo (Valladolid)	Olombrada (Segovia)	La Rasa (Soria)
<i>Dosis unitaria de riego (mm)</i>					
A (30 cb)	32	27	32	39	32
B (45 cb)	36	33	36	44	38
C (60 cb)	41	36	39	47	43
D (75 cb)	45	40	41	51	46
<i>Frecuencia media de riego (días entre riegos)</i>					
A (30 cb)	5,5	4,7	4,9	5,2	5,0
B (45 cb)	7,7	6,9	6,3	6,8	7,2
C (60 cb)	10,4	8,8	8,6	8,6	9,8
D (75 cb)	12,7	10,9	10,7	10,8	12,7
<i>Volumen total de agua de riego (mm)</i>					
A (30 cb)	552	531	601	711	536
B (45 cb)	485	462	514	633	506
C (60 cb)	414	385	440	571	410
D (75 cb)	360	340	376	510	366
<i>Agua total recibida (riego + lluvia) (mm)</i>					
A (30 cb)	764	732	808	889	816
B (45 cb)	697	663	721	811	786
C (60 cb)	626	586	647	749	690
D (75 cb)	572	541	583	688	646

Cuadro 4.- Resumen de resultados en los diferentes ensayos. Cada uno de los valores corresponde a la media de los datos de dos campañas (1990 y 1991), con tres recolecciones por campaña y seis repeticiones por recolección

Tratamiento	Ensayo				
	Babilafuente (Salamanca)	Medina del Campo (Valladolid)	Olmedo (Valladolid)	Olombrada (Segovia)	La Rasa (Soria)
<i>Peso fresco de raíz (t/ha)</i>					
A (30 cb)	68,0*	54,0*	68,5*	88,0*	64,4*
B (45 cb)	72,8*	51,8*	65,0*	87,2*	63,7*
C (60 cb)	68,0*	47,2 ^b	60,3 ^b	82,0 ^b	53,2 ^b
D (75 cb)	69,7*	43,9 ^b	55,7 ^b	77,3 ^c	51,4 ^b
Media	69,6	49,2	62,4	83,6	58,2
<i>Contenido en azúcar (grados polarimétricos)</i>					
A (30 cb)	17,4*	16,2*	14,4*	16,6*	17,5*
B (45 cb)	17,3*	15,8*	14,6*	16,6*	17,8*
C (60 cb)	17,6*	15,7*	14,4*	16,7*	17,5*
D (75 cb)	17,8*	15,9*	14,2*	16,6*	17,5*
Media	17,5	15,9	14,4	16,6	17,6
<i>Rendimiento en azúcar (t/ha)</i>					
A (30 cb)	11,8*	8,9*	9,8*	14,6*	11,3*
B (45 cb)	12,5*	8,4*	9,6*	14,4*	11,3*
C (60 cb)	11,9*	7,4 ^b	8,6 ^b	13,6 ^b	9,4 ^b
D (75 cb)	12,2*	6,9 ^b	7,9 ^b	12,7 ^c	9,0 ^b
Media	12,1	7,9	9,0	13,8	10,2

Las cifras seguidas de la misma letra no son estadísticamente distintas al nivel de significación del 5%

alrededor de 5.900 m³/ha, para dar una producción, en el promedio de todos los ensayos, de unas 68-69 t/ha; el tratamiento B consumió alrededor de 5.200 m³/ha, con una producción media de unas 68 t/ha de raíz, es decir, muy similar al A. Los tratamientos C y D, para los que el consumo medio de agua de riego fué de 4.440 y 3.900 m³/ha, respectivamente, dieron rendimientos medios de raíz de 62 y 59,6 t/ha, ya diferenciados de los anteriores.

2. — Con las dosis de agua aplicadas, la polarización o riqueza es muy similar en todos los tratamientos, tanto global como individualmente en cada ensayo (Cuadros 4 y 6), y estadísticamente no hay diferencias significativas entre ellos.

3. — Como consecuencia de lo anterior, la producción de azúcar por hectárea de los tratamientos se agrupa de igual manera a la descrita para el peso fresco de raíz. Los tratamientos A y B dan producciones estadísticamente similares, que son significativamente mejores que las de los tratamientos C y D.

4. — Con la única excepción de Babilafuente, donde no aparecen diferencias significativas entre los tratamientos, el comportamiento de los tratamientos entre sí ha sido similar en cada uno de los ensayos, y sigue el esquema general que se ha indicado para los valores medios generales. Los resultados de producción de raíz y polarización de un mismo tratamiento, así como el consumo de agua de riego, varían de un ensayo a otro, porque además de depender del agotamiento de agua del suelo, que es la variable fundamental analizada, dependen de otros factores, pero la relación entre los tratamientos es básicamente paralela en todos los ensayos.

5. Dentro de cada ensayo se ha mantenido (Cuadro 5) el comportamiento relativo de los tratamientos en las 3 recolecciones durante los dos años, y en el análisis global de los 5 ensayos se ha observado igualmente esa misma tendencia.

6. Ya se ha señalado que la época de recolección no altera las posiciones relativas de unos tratamientos frente a otros. Tal y como se aprecia en el Cuadro 5, influye en la riqueza obtenida por todos y cada uno de los tratamientos, con incrementos significativos en todos los casos.

7. Por su parte el peso fresco de raíz no sufre variaciones significativas a lo largo de las tres recolecciones.

La acción combinada de ambos factores, riqueza y peso de raíz, produce aumentos significativos en el rendimiento en azúcar de la primera a la segunda recolección en todos los tratamientos. De la segunda a la tercera el rendimiento en azúcar no experimenta variaciones significativas, si bien todos los tratamientos mejoran sus resultados.

Todo ello conduce a considerar el tra-

Cuadro 5.- Efecto de la fecha de recolección sobre las variables que influyen en el rendimiento final, para los distintos tratamientos de riego. Valores medios de las dos campañas y los cinco ensayos.

Recolección	Tratamiento de riego			
	A (30 cb)	B (45 cb)	C (60 cb)	D (75 cb)
<i>Peso fresco de raíz (t/ha)</i>				
1ª	66,8*	64,7*	59,4*	56,7*
2ª	68,5*	69,3*	62,8*	60,8*
3ª	70,3*	70,7*	65,6*	61,5*
<i>Riqueza en azúcar (grados polarimétricos)</i>				
1ª	15,8*	15,8*	15,6*	15,6*
2ª	16,5 ^b	16,5 ^b	16,4 ^b	16,4 ^b
3ª	17,0 ^c	17,0 ^c	17,1 ^c	17,2 ^c
<i>Rendimiento en azúcar (t/ha)</i>				
1ª	10,6*	10,7*	9,3*	8,7*
2ª	11,2 ^b	11,3 ^b	10,2 ^b	9,8 ^b
3ª	11,8 ^b	11,9 ^b	11,1 ^b	10,4 ^b

Los valores marcados con la misma letra no son estadísticamente distintos al nivel de significación del 5%

Cuadro 6.- Resumen global del riego y de la producción en el conjunto de los ensayos. Datos medios de los cinco ensayos, las dos campañas y las tres recolecciones de cada campaña.

Tratamiento	Dosis media de riego (mm)	Periodo medio entre riegos (días)	Riego total en la campaña (mm)	Agua total en la campaña (mm)	Peso fresco de raíz (t/ha)	Riqueza (grados polarim.)	Rendto. en azúcar (t/ha)
A (30cb)	32	5,0	586	802	68,4*	16,5*	11,2*
B (45cb)	37	7,0	520	735	67,8*	16,4*	11,1*
C (60cb)	42	9,2	444	659	62,0 ^b	16,4*	10,2 ^b
D (75cb)	45	11,6	390	606	59,6 ^b	16,4*	9,7 ^b

Los valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente distintos al nivel de significación del 5%

tamiento B (45 cb) como idóneo, al producir más azúcar por hectárea que los tratamientos C (6 cb) y D (75 cb) y no mostrar diferencia significativa alguna con el tratamiento A (30 cb) en ninguno de los múltiples análisis (individuales y globales) realizados, pero con un menor coste de riego.

En términos prácticos, el tratamiento B, conforme a los datos medios de los 5 ensayos durante los 2 años, supone un volumen total de riego en torno a los 520 mm (5.200 m³/ha), aplicando un riego de unos 37 mm cada 7 días, utilizando un marco de riego de 12 x 12 m, en suelos de textura franco-arenosa para un periodo de riego de principios de Julio a finales de Septiembre, durante el cual la temperatura media sobrepasa las 20°C y las precipitaciones son muy escasas.



PONT

RIEGO MECANIZADO



Programador de avance.



Enrollador con centralina automática, expuesto en FIMA'92.



PONT

Camprodon 16 - Telf. (93) 870 39 77
 Fax 879 19 91
 08400 GRANOLLERS (Barcelona) ESPAÑA