T.1390

MINISTERIO DE EDUCACION Y CULTURA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA DE SORGO AZUCARADO EN LA PRODUCCION DE ALCOHOL

por

Gustavo BISTOLFI ZUNINI

TESIS presentada como uno de los requisitos para obtener el título de INGENIERO AGRONOMO en la Orientación Agrícola Ganadera.

Montevideo
URUGUAY
1981

Tesis aprobada por:

Director: _____

Nombre completo y firma

_____

Nombre completo y firma

_____

Nombre completo y firma

Fecha: _____

Autor: Gustavo Bistolfi Zunini Gustavo Bistolfi Zunini

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía del Uruguay que permitió la ejecución del presente trabajo en la Estación Experimental "AGUAS TERMALES DAYMAN", facilitando los recursos humanos y materiales.

Al Ingeniero Agrónomo Roberto Fariello, Vice Decano Interventor de la Facultad de Agronomía, por la supervisión y colaboración en este trabajo.

Al Ingeniero Agrónomo Rubí Bereta, Director de la Estación Experimental "AGUAS TERMALES DAYMAN", quien con gran dedicación hizo posible el desarrollo y culminación de los trabajos de campo, al personal a su cargo.

A ANCAP que permitió realizar en los laboratorios del Establecimiento "EL ESPINILLAR" los análisis químicos.

A la Quím. Leticia Vasconcellos, Encargada del Laboratorio de "EL ESPINILLAR" y al personal a sus órdenes.

A mi ex-Profesor y amigo, Ing. Agr. Evaristo Lazo, quien aportó en todo momento valiosos consejos.

A la Bibliotecóloga Raquel Schneider, Directora del Departamento de Documentación y Biblioteca de la Facultad de Agronomía, por su colaboración en la revisión bibliográfica y redacción de este trabajo.

A la Bibliotecóloga Graciela Pirotto y demás personal del Departamento de Documentación y Biblioteca de la Fac. de Agronomía.

Al Perito Agrónomo Vilfredo Ibáñez por su colaboración en el análisis estadístico.

Al Ingeniero Agrónomo Carlos Fernández, Catedrático de Ecología y a la Ingeniero Agrónomo Adela Carro de Artigue, Profesora Adjunta de dicha Cátedra, por el suministro de información.

Y a quienes de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

- - - - - - - - - - - -

TABLA DE CONTENIDO

Página

Página de Aprobación
Agradecimientos
Lista de Cuadros e Ilustraciones

1. INTRODUCCION 1

2. REVISION BIBLIOGRAFICA 4

2.1 Adaptación del sorgo dulce en Uruguay 4
2.2 Efecto de la población sobre el rendimiento cuantitativo 5
2.3 Efecto de la densidad sobre los rendimientos cualitativos 7
2.4 Efecto de la población en la producción de biomasa . .. 9

3. MATERIALES Y METODOS 11
3.1 Características del medio 11
3.2 Registros del tiempo 12
3.3 Diseño experimental 16
3.3.1 Parcelas 16
3.4 Labores previas a la siembra 16
3.5 Fertilización 17
3.6 Siembra 17
3.7 Control de malezas 17
3.8 Raleo 17
3.9 Cultivares utilizados 17
3.10 Cosecha (toma de muestra) 18
3.11 Análisis de laboratorio 19
3.12 Determinación de la producción de alcohol 19

4. RESULTADOS Y DISCUSION 21
4.1 Peso promedio de tallos 21
4.2 Rendimiento en kg de tallo/ha 23

Página

4.3 Rendimiento en kg de jugo/ha 26
4.4 Contenido de Pol en el jugo expresado como porcentaje 28
4.5 Valores de Brix 30
4.6 Contenido de azúcares reductores en el jugo expresado en porcentaje 31
4.7 Pureza de jugo expresada en porcentaje 33
4.8 Producción de alcohol a partir de tallos en l/ha .. 34
4.9 Producción de hojas 37
4.10 Producción de tallos despuntados + hojas en kg/ha .. 37

5. CONCLUSIONES 39

6. RESUMEN 40

7. SUMMARY 42

8. BIBLIOGRAFIA 43

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro		Página
1.	Temperaturas medias semanales durante el período 17-X-80 al 12-II-81	12
2.	Lluvia caída y evaporación Tanque "A" en el período 17-X-80 al 12-II-81	14
3.	Análisis de Varianza (peso de tallos)	22
4.	Separación de medias por Tukey para el peso promedio por tallo (en kg) de cada cultivar	23
5.	Análisis de Varianza (producción de tallos kg/ha)	24
6.	Separación de medias por Tukey para los valores en kg/ha de tallos producidos por cada cultivar	25
7.	Análisis de Varianza (producción de jugo en kg/ha) . ..	27
8.	Separación de medias por Tukey de acuerdo al rendimiento en kg de jugo/ha	27
9.	Análisis de Varianza (porcentaje Pol = contenido de sacarosa del jugo expresado en porcentaje	29
10.	Análisis de Varianza (valores de Brix)	30
11.	Sepración de medias por Tukey para valores de Brix . ..	31
12.	Análisis de Varianza (porcentaje de azúcares reductores contenido en el jugo)	32
13.	Separación de medias por Tukey para contenido en porcentaje de azúcares reductores	32
14.	Análisis de Varianza (pureza del jugo en porcentaje ..	34
15.	Análisis de Varianza (producción de alcohol litro/ha)..	35
16.	Separación de medias por Tujey para rendimiento en alcohol (litro/ha)	36

Cuadro- Página

17. Análisis de Varianza (producción de tallos despuntados más hojas) 37

18. Separación de medias por Tukey para rendimiento en kg/ha de tallos despuntados + hojas 38

Gráfica

1 Temperaturas medias mensuales en el período 16-X-80 al 12-II-81 13

2 Valores semanales de lluvia y evaporación tanque "A" (en mm) 15

1. INTRODUCCION

El Sorgo Azucarado, dulce, azucarero o sacarígeno (*Sorghum Vulgare, pers.*) es denominado también como *Sorghum saccharatum, o Sorghum vulgare, var. saccharatum* (Fors, A.L.) y o *Sorghum bicolor* (Torres, Salazar y Chena), (Serra, Luders y De Campos). Ivayukovich, L.K. y Doronina, Y.A., afirman que el *Sorghum bicolor (L.) Moench y el Sorghum saccharatum (L.) Moench* son dos especies distintas.

Es una gramínea que pertenece a la misma tribu que la caña de azúcar (*Saccharum officinarum, L.*), es nativa de Africa, más precisamente originaria de Etiopía (Miller, F.R.).

Se han encontrado prototipos silvestres desde el Sur del Desierto de Sahara hasta las regiones templeadas de Africa del Sur. Centros satélites se establecieron en Asia y es probable que hayan surgido allí diversidades de tipos que se encuentran en India, China y Malaya (Fors, A.L.)

Este tipo de SORGO, cultivado desde aproximadamente 5.000 años (alrededor del año 3000 a.C.), es uno de los cultivos más eficientes en la transformación de la energía solar en alimento y fibra, por eso se le considera como una promisoria fuente productora de energía renovable.

Se tienen antecedentes de su introducción a EE.UU. entre los años 1850 y 1870 (Miller, F.R.), (Serra, Luders y De Campos); más precisamente el grupo correspondiente al SORGO SACARIGENO fue introducido a los EE.UU. por Leonard Wray desde Sud Africa en 1854 y las primeras variedades se utilizaron en la elaboración de jarabes de mesa (sorghum syrup), (Coleman, O.H.). Este fue el uso más importante que se le había dado a esta planta, aunque se sabía a tra

-vés de un informe publicado por la Academia Nacional de Ciencias de EE.UU. en 1882, de sus propiedades como materia prima para la producción de azúcar (Fors, A.L.)

La susceptibilidad a enfermedades, el bajo contenido en sacarosa y otros problemas de tipo agrícola, contribuyeron a que lentamente se fuese perdiendo interés en la investigación del sorgo azucarado. Desde fines del siglo pasado se detuvieron las investigaciones y solamente se conservaron los bancos de variedades evitando la pérdida de materiales genéticos.

A las dificultades antes citadas, se les sumaba el entorpecimiento que encontraban los químicos en el proceso de cristalización del azúcar (provocado por la presencia de almidones y ácido aconítico en los jugos). Entre tanto, la existencia de fuentes más económicas en la fabricación del azúcar hizo desestimar el potencial de este sorgo.

Al estallar la Segunda Guerra Mundial, se produjo un desequilibrio en la economía del azúcar, la cual hizo que nuevamente se pensara en la utilidad del sorgo dulce. Se crearon así, en U.S.A., las Estaciones Experimentales de Meridian en Mississippi y Beltsville en Maryland (Fors, A.L.), con el objetivo agronómico de mejorar el cultivo en aspectos de rendimiento en azúcar y resistencia a enfermedades, en tanto a nivel químico fabril preocupaba el método de extracción.

Como se puede apreciar, en esos momentos de petróleo barato y abundante, solo se veía la utilidad de este cultivo para la producción de azúcar y a eso apuntaba la investigación.

Hoy, pocos años más tarde, el mundo se encuentra frente a un gran desafío: la falta de energía; pues, aparte del grave problema económico originado por la crisis petrolera de 1973/74, se vaticina para las primeras décadas del Siglo XXI el agotamiento de las fuentes tradicionales de energía, el fin de los combustibles

fósiles (petróleo, gas natural, carbón) que hicieron posible el vertiginoso crecimiento de la humanidad.

La incidencia de la referida crisis a nivel mundial, y en particular, la muy sensible situación de nuestro país, en el cual el 70% de la energía consumida se obtiene de petróleo (representando aproximadamente 2.000.000 de metros cúbicos de crudo), hace ver en forma clara la alta permeabilidad de los países no productores de petróleo ante cualquier variación en el precio o escasez del mismo.

Por razones de índole político-económico y de seguridad, Uruguay debe independizarse de fuentes energéticas que estén relacionadas con otros países o con cualquier tipo de condiciones externas.

Ante esta real y difícil situación tenemos que despertar para una planificación más racional del modelo energético, buscando soluciones más estables, como ser fuentes renovables de energía.

En esa búsqueda, y continuando las investigaciones iniciadas en 1978, la Facultad de Agronomía, con el presente trabajo desea complementar los estudios sobre la viabilidad técnica y económica del cultivo del sorgo dulce con vía a la producción del alcohol como fuente alternativa de energía.

El ensayo base de este trabajo fue instalado el 16 de octubre de 1980 en la Estación Experimental "AGUAS TERMALES DAYMAN", dependiente de la Facultad de Agronomía, con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico e industrial de tres variedades de sorgo dulce (Río, Roma y Ramade) y un híbrido (x4325) en condiciones de secano, con dos densidades (6 y 10 plantas por m lineal, con 0,70 m de espaciamiento entre líneas) y en la misma época de siembra.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

La bibliografía consultada nos muestra que el sorgo azucarado ha sido evaluado desde el punto de vista agroindustrial en muchas partes del mundo. Pero tal cual lo afirman Reeves, Jr. S.A., Hipp,B.W. y Smith, B.A. (1979), hasta 1976 la investigación en sorgo se ha basado en su uso como materia prima en la fabricación de jarabes de mesa (sirup sorghum) y/o a la producción de azúcar, pero no precisamente con el objetivo de producir biomasa.

2.1 ADAPTACION DEL SORGO DULCE EN URUGUAY

El sorgo azucarado, al igual que los otros grupos de sorgos (granífero, forrajero, escobero) muestran muy buena adaptación a las condiciones agroclimáticas de nuestro país.

Bentancur, O.M. (1946), en siembras efectuadas con un espaciamiento en hileras de 70 cm, destaca la eficiente capacidad de los sorgos dulces en producir materia seca.

Bergeret, P.W. y Fernández Paolillo (1956) estudiando las posibilidades alcoholígenas del sorgo azucarado en Uruguay, obtienen resultados altamente satisfactorios en los rendimientos de 18 variedades evaluadas.

Fariello, R. (1980), evaluando la producción de alcohol de 12 cv de sorgos azucarados, concluye que el cultivo muestra buena adaptación y rendimiento que hacen necesario seguir investigando su potencial para nuestro territorio.

A pesar de que los datos disponibles provienen de investigaciones realizadas en el Sur del país, es de suponer que en la zona Norte debe comportarse aceptablemente. Si se observa el zoneamiento agroclimático para el cultivo de sorgo en Río Grande do Sul y Santa Catarina, aparece el Sur de Brasil (Norte de Uruguay) como la zona

más apta (Da Silva, S.; Cordeiro, D.S. y Raupp, A.A., 1980).

Es importante resaltar que el rendimiento del sorgo azucarado está altamente influenciado por la radiación y el efecto del fotoperío do, como lo confirman los trabajos de Hipp, B.W.; Cowley, W.R.; Gerard, C.J.; y Smith, B.A. (1970), de ahí a suponer la aptitud del Norte del Uruguay.

Por todo lo antes expuesto, pese a la poca investigación existente, el Uruguay muestra condiciones promisorias para este cultivo.

2.2 EFECTO DE LA POBLACION SOBRE EL RENDIMIENTO CUANTITATIVO

La bibliografía no es concordante al determinar la población que optimiza los rendimientos, pues dependerá del objetivo que se persiga (jarabe, azúcer, alcohol) y de las condiciones agroclimáticas en que se realice el cultivo. Así el "Farmers Bulletin" N° 2100 (1957), recomendaba que para maximizar la producción de jarabes, el sorgo dulce debía sembrarse con 106 cm entre hileras y entre 15-25 cm dentro de la hilera; o sea, poblaciones en el rango las 38.000 a 63.000 plantas/ha. Esta población de 63.000 plantas/ha sería la mejor, como lo afirman Freeman, K.C. et al. (1973) (citado también por Pérez,F.R. y Ayala, H.G., 1981), diciendo que en Miridian, Mississippi (U.S.A.), se produce jarabe de sorgo con 4 plantas cada 60 cm (luego del raleo) y una separación entre hileras de 106 cm. Las afirmaciones estas están basadas en el trabajo de Broadhead, D.M.; Stokes, I.E. y Freeman, K.C. (1963), el cual como se puede observar a través de la bibliografía, sirve de base para la mayoría de los estudios que sobre espaciamiento y población se han hecho en sorgos azucarados.

En tanto, para la producción de azúcar, Cowley, W.R. y Smith,B.A. (1972) determinan que el rendimiento óptimo lo obtenían con aproximadamente 134.000 plantas/ha, resultantes de un espaciamiento de 3 pulgadas (7.62 cm) en la hilera y 38 pulgadas (96,52 cm) entre hileras.

Torres, M.; Salazar, F. y Chena, R. (1973) usando la variedad Río trabajaron con una planta cada 7 cm en la hilera (luego del raleo) y una separación de 90 cm entre líneas, lo que equivale a aproximadamente 158.700 plantas/ha. Como resultado de esta población, la producción promedio de tallos para molienda fue de 28,79 ton/ha (variando de un rango de 22,926 y 33,925 ton/ha).

Fors, A.L. (1973) estudiando el comportamiento de 5 cv de sorgo azucarado (Río, Sart, Tracy, Rex y Brawley) como materia prima para la producción de azúcar, usó poblaciones de 66.000 plantas/ha (luego del raleo), obteniendo una producción promedio de 35,2 ton de tallos/ha. De este trabajo se deduce también que al incrementar el número de tallos en la hilera, éstos resultaron de menor diámetro dificultando la cosecha y facilitando el vuelco. A conclusiones similares arribaron Broadhead, D.M.; Stokes, I.E. y Freeman, K.C. (1963) y Pérez,F. R. y Ayala, H.G. (1980).

En Tucumán, República Argentina, Pérez, F.R. y Ayala, H.G.(1980), estudiando el rendimiento cultural y la producción de azúcar con la variedad Roma bajo 5 densidades de plantas (45.000, 55.000, 70.000, 90.000 y 105.000 plantas/ha), manteniendo la distancia entre hileras constante a 70 cm, concluyeron que los mayores rendimientos se obtenían con 70.000, 90.000 y 105.000 plantas/ha, no existiendo entre ellos diferencias estadísticamente significativas. Con 90.000 y 105.000 plantas/ha tuvieron mayores porcentajes de vuelco, dificultando la cosecha (manual y mecánica) y la desfoliación de los tallos se hizo más dificil. Se insumió además, 30 y 50% más de semilla. Para estos autores la población de 70.000 plantas/ha mostró mejor calidad de jugo, mayor rendimiento en azúcar/ha, resultando ser la población más adecuada.

Las recomendaciones de EMBRAPA (1980) para maximizar el rendimiento, el sorgo sacarino se debe cultivar con un espaciamiento de 70 cm entre hileras y con densidades oscilantes entre 100.000 y 140.000

plantas/ha en función de la fertilidad y contenido de agua del suelo, surgiendo estos resultados de los ensayos nacionales de sorgo azucarado que se realizan año a año desde 1976.

Afirmando lo antes mencionado, Giacomini,F.; Schaffert, R.E. y Borgonovi, R.A. (1979) presentan los resultados de la evaluación de 10 genotipos en 12 localidades en el año agrícola 1977/1978. Se usó 70 cm de espaciamiento entre hileras y las poblaciones finales fueron diferentes de acuerdo a las localidades como también los rendimientos en kg de tallo, masa verde total y kg de grano/ha, como así también fueron variables los contenidos sacarinos.

Viana, A.C. (1981) con el propósito de determinar el óptimo espaciamiento y población, usó 2 cv (Roma y Brandes), 3 espaciamientos entre hileras (0.5, 0.7 y 0.9 m) y 4 densidades (64.500, 110.500, 148.500 y 178.500 plantas/ha). Concluyó que existía un efecto lineal entre población y producción de tallos hasta las 178.500 plantas/ha, aunque el rendimiento bajo esta densidad no fue estadísticamente mayor que para 148.500 plantas/ha. Hubo un comportamiento diferencial entre los cultivares respecto a la influencia del espaciamiento en el diámetro de los tallos.

2.3 EFECTO DE LA DENSIDAD SOBRE LOS RENDIMIENTOS CUALITATIVOS

Si los resultados obtenidos del efecto de densidad sobre el rendimiento cuantitativo del sorgo sacarígeno son discordantes, mucho más lo son desde el punto de vista del efecto de la densidad sobre el rendimiento cualitativo.

Se encuentran resultados en los que la población y el arreglo de plantas no afectaron el porcentaje de pureza ni el porcentaje de sacarosa ni los valores de brix como tampoco la producción de jarabe (sirup)/acre (Broadhead, D.M.; Stokes, I.E. y Freeman,K.C., 1963).

Cowley, W.R. y Smith, B.A. (1972) afirman que ni la sacarosa, ni la pureza estuvieron significativamente correlacionados ni con la producción, ni con el espaciamiento.

En tanto, Viana, A.C. (1981) concluye que la producción de azúcares totales/ha sólo fue afectada por la densidad y no por el espaciamiento; la producción óptima se alcanzaba con una población de 160.000 plantas/ha.

Indudablemente es un tema que requiere más investigación. Pero lo que sí es sabido es que el aspecto cualitativo de la producción en sorgos azucarados, es afectado por diferencias genéticas entre materiales, momento durante el ciclo del cultivo (que sean analizadas las variables cualitativas) y tiempo tardado desde que se obtienen las muestras en el campo hasta que se procesan a nivel de laboratorio (o se las industrializa a nivel de planta).

Las diferencias genéticas como es lógico suponer, existen dentro de los materiales de sorgos dulces; asi los hay con mayor o menor contenido de azúcares, con mayor o menor contenido de fibras, pureza de los jugos, etc.

Existen cambios en el contenido total de azúcares, así como también en las formas en que estos se hallan (porcentaje) en el jugo, dependiendo esto del momento del ciclo del cultivo (estado de madurez) en que se considere el análisis. Ventre, E.K. y Byall (1937 y 1948), hallaron que a medida que se avanzaba en la madurez (grano lechoso, pastoso y duro respectivamente), se incrementaba el contenido total de azúcar, aumentaban el contenido de azúcar bajo forma de sacarosa y el brix, disminuyendo el porcentaje de redutores, porcentaje de dextrosa y porcentaje de levulosa. Esta afirmación está corroborada por muchos trabajos (Torres, M.; Salazar, F. y Chena, R. 1973) no muy claramente confirmada por Serra, G.E.; Luders, M. y Almeida, T. (1976) ratificada por Ayala, H.G. y Pérez, F. (1980).

Respecto al tiempo en que se tarda en analizar o procesar el material, Fors, A.L. (1973) en un pormenorizado análisis observa como en el transcurso del tiempo se alteran los valores de Brix, el porcentaje de pureza, el porcentaje de sacarosa. Resultado similar fue comprobado por Fariello, R. (1980) com.pers.

2.4. EFECTO DE LA POBLACION EN LA PRODUCCION DE BIOMASA

En la revisión del material bibliográfico sobre este tema solo fue encontrado un trabajo referido específicamente a la producción de Biomasa de sorgos dulces (Reeves, Jr. S.A.; Hipp, B.W. y Smith, B.A.). A parte de este nos referiremos a otros que indirectamente permiten apreciar la capacidad del sorgo de producir biomasa.

Reeves, Jr. S.A.; Hipp, B.W. y Smith, B.A. (1977) estudiando el efecto de dos espaciamientos entre hileras (68,6 cm y 101,6 cm) sobre la producción de biomasa, concluyeron que con el espaciamiento de 68,6 cm se llegó 20 días antes de IAF óptimo; teniendo siempre mayor IAF que el espaciamiento mayor. El más rápido sombreado del suelo mejoró el control de malezas y la cantidad de agua disponible.

Las hileras más estrechas produjeron más biomasa en peso fresco y peso seco, pues el espaciado no afectó significativamente los contenidos de humedad. La mayor parte de la diferencia estuvo dada por el mayor peso de la fracción hoja, luego le siguieron las panojas y por último los tallos (diferencia pequeña pero que llegó a ser significativa). *El mayor rendimiento es de suponer, se debió a que* se alcanzó antes el IAF óptimo, lo cual permitió un mayor aprovechamiento de la radiación solar recibida, siendo el sorgo azucarado altamente influenciado por este efecto (Hipp, B.W.; Cowley, W.R.; Gerard, C.J. y Smith, B.A., 1970).

Dentro de los trabajos que nos dan una pauta del potencial de los sorgos dulces en producir biomasa (es decir, materia seca re

ferida a energía), hallamos la experiencia de Bergeret, P.W. y Fernández Paolillo, W. (1956) en Uruguay. De ese trabajo con 17 variedades sembradas a 90 cm entre líneas y 20 cm dentro de la línea (alrededor de 55.000 plantas/ha) se obtuvo una producción media de 20 ton.de tallos/ha (variando entre 10,8 y 35,3 t/ha) y un rendimiento medio en grano de 2,3 t/ha (oscilando entre 1,5 y 3,4 t/ha). Los mismos autores a nivel de parcela experimental (6 m x 2 m) en surcos separados 50 cm, evaluaron 18 cultivares de sorgo azucarado obteniendo una media de 3.448 kg de semilla/ha (variando entre 5.933 y 1.292 kg/ha) y una producción de tallo con un promedio de 54.301 kg/ha, variando entre 76.417 y 38.750 kg/ha.

Otro trabajo que permite visualizar el efecto de la separación dentro y entre filas en la producción de los sorgos azucarados es el de Son, S.H. (1971). Probando rangos de 40 a 70 cm entre hilaras y 15 a 40 cm dentro de hileras y su influencia sobre peso de tallos, el rendimiento en azúcar y el peso de 1.000 granos, concluyó que la densidad que producía mejores rendimientos se obtenía con una separación de 60 cm entre hileras y entre 15 - 20 cm dentro de la hilera (83.333 - 111.111 plantas/ha.)

Del trabajo de Torres, M.; Salazar, F.y Chena, R. (1973) se pueden extraer conclusiones comparables. En efecto, en surcos separados 90 cm y plantas dentro de surco a 7 cm (aproximadamente 158.700 plantas/ha), se obtuvo un rendimiento medio de 28,79 t/ha de tallos molederos y un rendimiento en granos estimado en 4,0 t/ha.

De este tipo de información, combinando poblaciones y su efecto sobre el rendimiento en tallos y grano/ha, se puede encontrar un volumen muy grande, como resultado de los ensayos nacionales que con sorgo azucarado está realizando Brasil desde 1976 (todos los años).

La alta eficiencia de transformación de energía solar, agua y nutrientes en materia seca por parte del sorgo azucarado, es conocida desde hace muchos años; estos trabajos citados no hacen más que reafirmarlo.

3. MATERIALES Y METODOS

El trabajo de campo, base de esta tesis, se llevó a cabo en el período comprendido entre los meses de octubre de 1980 a febrero de 1981 en la Estación Experimental "AGUAS TERMALES DAYMAN", dependiente de la Facultad de Agronomía, la cual está ubicada en la Primera Sección Judicial del Departamento de Salto, a 10 km al SE de la ciudad del mismo nombre, con frente a la Ruta No.3, Gral. José Artigas.

3.1 CARACTERISTICAS DEL MEDIO

El suelo donde se realizó el ensayo se ubica en la "Unidad Espinillar" del mapa de Reconocimiento de Suelos del Uruguay, escala 1/1.000.000, elaborado por la Dirección de Suelos y Fertilizantes del M.A.P. (1976). Esto se pudo precisar con mayor exactitud gracias el informa de relevamiento predial elaborado por las Cátedras de Suelos, Topografía e Hidrología de la Facultad de Agronomía.

Según el informe de referencia, el ensayo se ubicó en la denominada unidad L_1 descripta como:

" Esta unidad ocupa una loma alta plana. El suelo que se desarrolla
" es un Brunosol éutrico típico, es suelo moderadamente profundo,
" con un horizonte superficial de 25 cm, arcilloso, encontrándose a
" los 85 cm el material madre, una lodolita calcárea de color pardo.
" Este suelo presenta una fertilidad natural considerable debido a
" su alto contenido de materia orgánica y arcilla. El riesgo de ero
" sión es bajo debido a la posición topográfica que ocupa, lo cual
" condiciona un drenaje natural moderado e imperfecto que se tradu-
" ce en la presencia de algunos 'ojos de agua'".

Esto se pudo observar pues se encontraron diferencias entre bloques, o sea variaciones debido al efecto suelo.

3.2 REGISTROS DEL TIEMPO

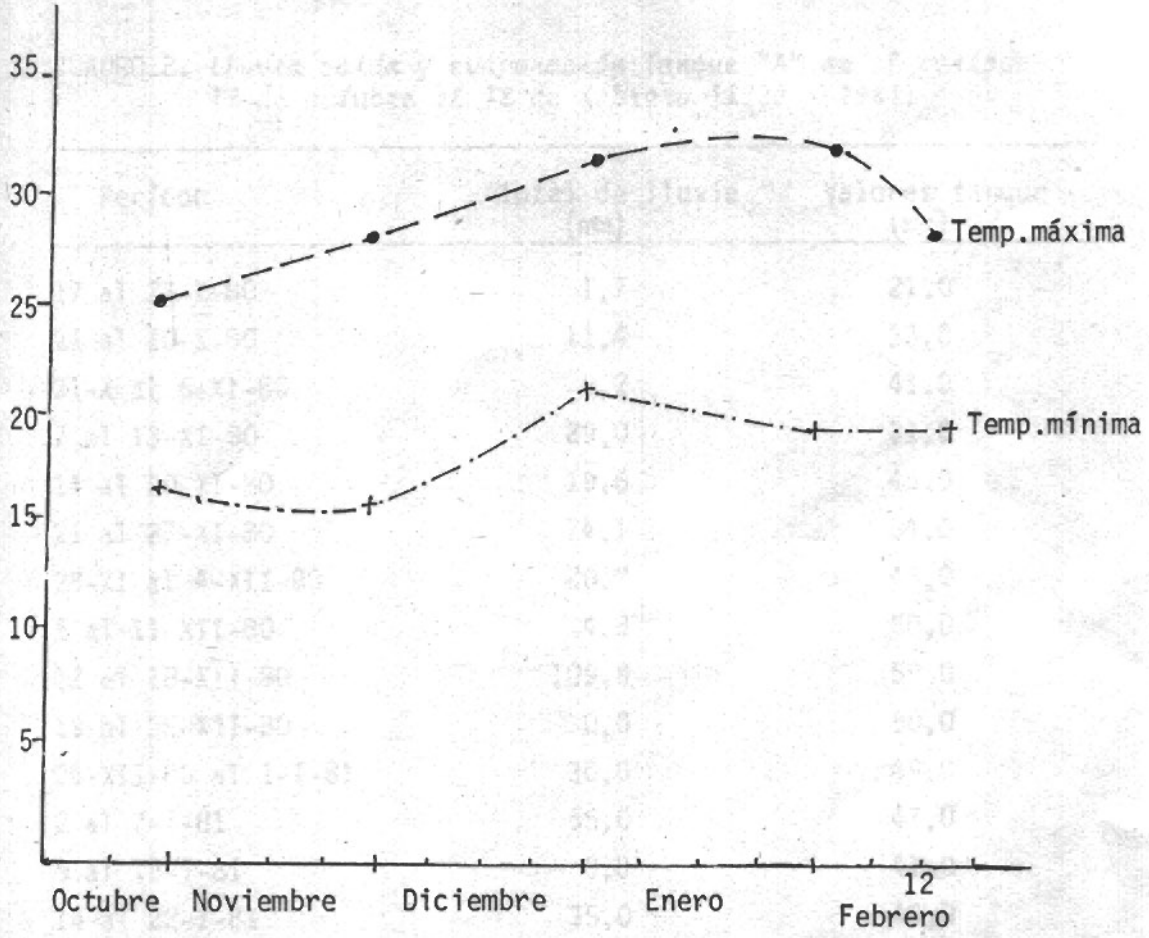
Se tomaron registros correspondientes a los meses durante los cuales se desarrolló el ensayo. Dicho período va desde el 16 de octubre de 1980 al 9 de febrero de 1981.

A pesar de disponer de los valores diarios durante todo el período que duró el ensayo (obtenidos en la estación meteorológica situada en el predio), se usaron valores promedios semanales (siguiendo el criterio de los informes semanales del Servicio de Meteorología del Uruguay).

CUADRO 1. *Temperaturas medias semanales durante el período 17 de octubre de 1980 al 12 de febrero de 1981.*

Período	Temp.media	Temp.máxima	Temp.mínima
17 al 23-X-80	20.7	26.3	15.1
24 al 30-X-80	21.3	26.6	16.0
31-X al 6-XI-80	20.0	29.1	15.1
7 al 13-XI-80	17.7	22.9	12.6
14 al 20-XI-80	22.5	28.6	16.3
21 al 27-XI-80	21.5	27.6	15.4
28-XI al 4-XII-80	24.4	28.9	19.9
5 al 11-XII-80	26.8	33.8	19.9
12 al 18-XII-80	24.3	29.9	18.6
19 al 25-XII-80	22.1	29.1	15.0
26-XII-80 al 1-I-81	27.6	33.3	21.9
2 al 7-I-81	25.5	32.3	18.6
9 al 15-I-81	25.6	31.6	19.6
16 al 22-I-81	24.9	30.6	19.3
23 al 29-I-81	26.5	31.6	21.4
30-I al 5-II-81	23.6	27.9	19.3
6 al 12-II-81	24.4	28.3	20.4

Fuente: Estación Experimental "AGUAS TERMALES DAYMAN" - Cátedra de Ecología, Facultad de Agronomía.



GRAFICA 1. *Temperaturas medias mensuales en el período 16-X-80 al 12-II-81*

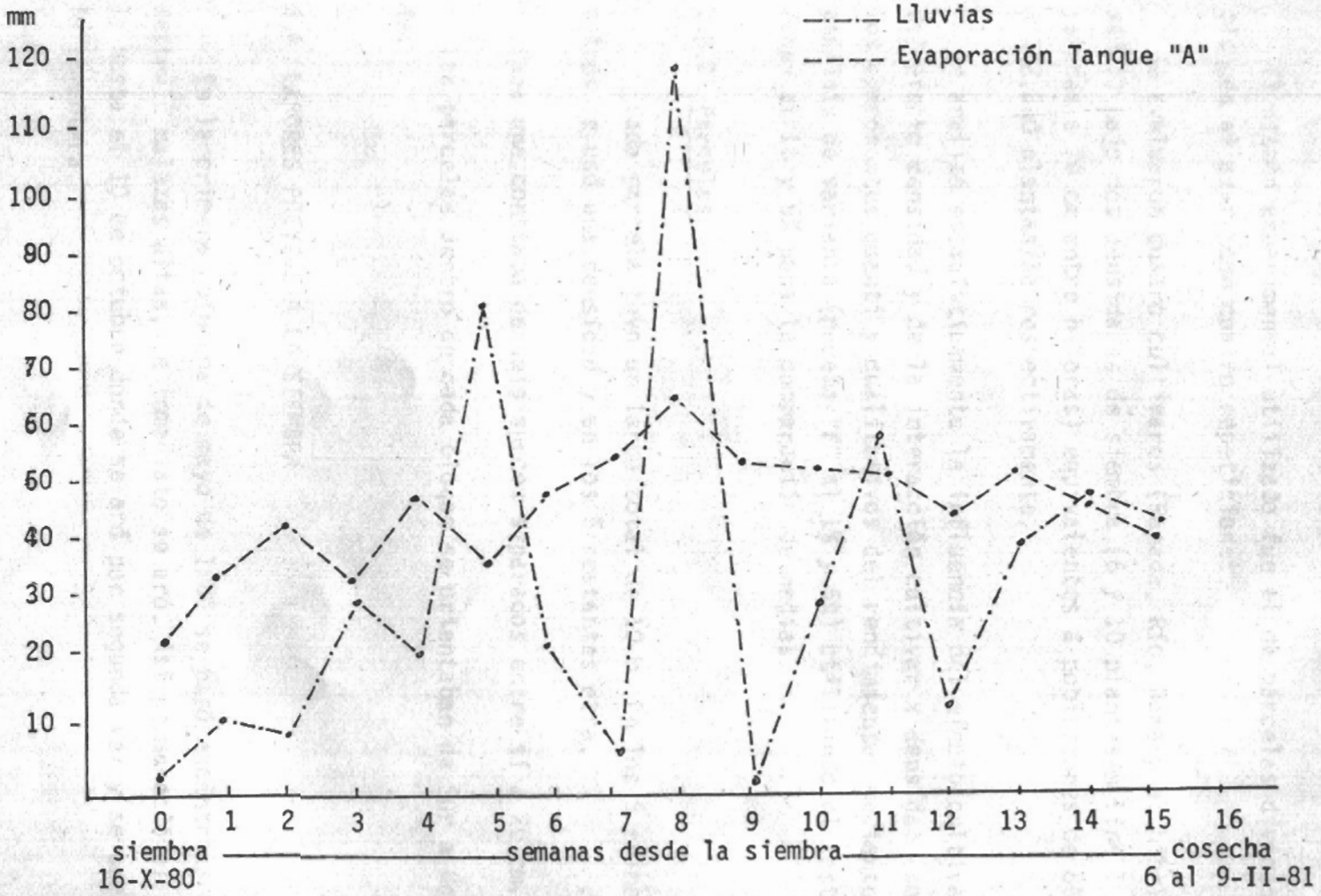
Fuente: Estación Experimental "Aguas Termales Daymán"
Cátedra de Ecología - Facultad de Agronomía.

Para el período ya definido, los registros pluviométricos y de evaporación (Tanque) fueron los siguientes:

CUADRO 2. *Lluvia caída y evaporación Tanque "A" en el período 17 de octubre al 12 de febrero (1980 - 1981)*

Período	Total de lluvia (mm)	Valores tanque (mm)
17 al 23-X-80	1,7	21.0
24 al 30-X-80	11,4	33,0
31-X al 6-XI-80	9,2	41,0
7 al 13-XI-80	29,0	31,0
14 al 20-XI-80	19,6	45,0
21 al 27-XI-80	74,1	34,0
28-XI al 4-XII-80	20,2	45,0
5 al 11-XII-80	4,8	50,0
12 al 18-XII-80	109,9	59,0
19 al 25-XII-80	0,0	50,0
26-XII-80 al 1-I-81	30,0	49,0
2 al 7-I-81	55,0	47,0
9 al 15-I-81	9,8	41,0
16 al 22-I-81	35,0	48,0
23 al 29-I-81	44,5	43,0
30-I al 5-II-81	40,1	37,0
6 al 12-II-81	91,3	16,0
mm Totales:	585,6	690,0

Fuente: Estación Experimental "AGUAS TERMALES DAYMAN" - Cátedra de Ecología, Facultad de Agronomía



GRAFICA 2. *Valores semanales de lluvia y evaporación Tanque* "A" *(en mm)*

Fuente: Estac.Experimental "Aguas Termales Daymán". Cátedra de Ecología - Facultad de Agronomía.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue el de parcelas dividas en bloques al azar, con cuatro repeticiones.

Se evaluaron cuatro cultivares (Ramada, Río, Roma y el híbrido x4325) bajo dos densidades de siembra (6 y 10 plantas/m lineal separadas a 70 cm entre hileras) equivalentes a poblaciones de 85.700 y 142.800 plantas/ha respectivamente.

Se analizó estadísticamente la influencia del efecto cultivar, del efecto densidad y de la interacción cultivar x densidad (sobre los componentes cuanti y cualitativos del rendimiento) mediante el análisis de varianza (prueba "F" al 1% y 5%) utilizando el test de Tukey al 1% y 5% para la comparación de medias.

3.3.1 Parcelas

Cada parcela tuvo un largo total de 10 m. En los 5 primeros metros se usó una densidad y en los 5 restantes otra.

Cada una constaba de seis surcos separados entre sí a 70 cm.

Las parcelas dentro de cada bloque se orientaban de Sur a Norte.

3.4 LABORES PREVIAS A LA SIEMBRA

En la primera quincena de mayo de 1980 se pasó excéntrica para destruir malezas altas, de inmediato se aró. Así permaneció el suelo hasta el 10 de octubre donde se aró por segunda vez y se preparó la sementera.

3.5 FERTILIZACION

Dada la poca experiencia sobre el cultivo, se trató de evitar que los nutrientes limitaran la expresión del potencial, para ello se fertilizó al momento de la siembra con 500 kg/ha de superfosfato y 200 kg/ha de urea.

3.6 SIEMBRA

Se marcaron con un cultivador líneas a 70 cm en cada una de las parcelas, luego se sembró a mano dejando caer la semilla a "chorrillo", tapándose posteriormente con rastra de dientes liviana.

3.7 CONTROL DE MALEZAS

Se efectuó un control químico con atracina 500 con una dosis de 2,5 l/ha. y un control mecánico que consistió en un aporque al mes de la siembra (cuando las plantas tenían entre 15 y 20 cm).

3.8 RALEO

Se efectuó inmediatamente después del aporque previendo pérdidas de plantas. En este momento se dejó la densidad definitiva, o sea 6 y 10 plantas/metro lineal a 70 cm entre líneas (85.700 y 142.800 plantas/ha respectivamente).

3.9 CULTIVARES UTILIZADOS

Se probaron cuatro cultivares:

Ramada: Proviene de una selección de la progenie resultante del cruzamiento entre ('Mer.45-45' x 'MN1056) por ('MN 1054' x 'MN 1060) realizada en Meridian, Misissippi.

Río: Fue seleccionada de la progenie resultante del cruzamiento entre la variedad Rex (susceptible a enfermedades) y la línea importada MN 1048 (resistente a enfermedades).
Río fue seleccionada a partir de la F_2 en Meridian, Mississippi, en 1949.
Según Cowley, W.R. y Smith, B.A.(1972) Río es resistente a la Roya roja (*Puccinia purpurea, cke*), a la antracnosis (*Colletotrichum graminicolum*) y moderadamente resiste al mildiú (*Sclerospora sorghi*) (Kulk).

Roma: Se desarrolló a partir del cruzamiento de Mer 45-45 x Mn1060 en la Meridian, Mississippi. La Mer 45-45 proviene del cruzamiento de Early Folger x Hodo. La Mn 1060 de una colección de Equatoria, Africa. Resistente al mildiú, antracnosis y roya (Cowley, W.R. y Smith, B.A., 1972).

x 4325: Híbrido producido por la empresa NK de EE.U..

3.10 COSECHA (toma de muestra)

La cosecha se realizó a la madurez del grano (masa dura), buscando alcanzar el máximo contenido en azúcar (Ventre, E.K. and Byall S., 1937 y 1948)

Se cortaron de los dos surcos centrales un total de 3 m lineales entre el segundo y cuarto metro, o sea, dejando sin cortar el metro inicial y el quinto metro (que limita en la misma parcela las dos densidades usadas).

En el total de los 6 metros lineales disponibles a cortar de los dos surcos centrales, se cortaban alternados 1 m en cada surco.

El corte se hizo a machete, similar al usado en la caña de azúcar. Los tallos se deshojaron a mano y se despuntaron a la altura de la hoja bandera.

Se pesaron los tallos pelados y despuntados y las hojas.

No se pudo determinar el rendimiento en grano pues el ensayo sufrió importante ataque de pájaros antes de llegar a madurar.

3.11 ANALISIS DE LABORATORIO

Los análisis químicos se llevaron a cabo en el Laboratorio del Establecimiento "El Espinillar" de ANCAP, en el departamento de Salto. Los mismos se hicieron a partir de las muestras de jugo extraído por el pasaje de los tallos pelados y despuntados a través del trapiche experimental (el mismo que usan en el mencionado establecimiento en la zafra de la caña de azúcar).

Se determinaron los contenidos de: BRIX, POL, REDUCTORES y se determinó pureza por el cociente Pol sobre Brix.

El Brix: se determinó por el brixómetro.

La Pol: se determinó por el método polarimétrico y se usaron clarificaciones con sub acetato de plomo.

Los Reductores: se determinaron por el método "Eynon Line".

3.12 DETERMINACION DE LA PRODUCCION DE ALCOHOL

A partir de los valores de laboratorio para Pol y Reductores, se procedió a calcular la producción de alcohol.

Para el cálculo se multiplicaron los valores para Pol y Reductores por los Kg de jugo/ha. Sumados esos productos, se obtuvo el valor de "kg de azúcares útiles para alcohol". Este valor multiplicado por el factor 0.95, convierte lo anterior a "kg reales de azúcares para alcohol".

A partir de esto, y sabiendo que de una molécula de glucosa se obtienen 2 moléculas de etanol, con una relación en peso de 92/180 = 0 5111111; al hacer el producto entre los kgs reales de azúcares para alcohol por el factor resultante de esta relación, se obtienen los kg de alcohol.

Como lo que nos interesa conocer son litros de alcohol/ha, efectuamos el cociente kg de alcohol etílico sobre su densidad.

Determinando de esta forma los litros/ha de alcohol en cada muestra.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Se efectuaron los análisis de varianza para cada variable estudiada y cuando se encontraron diferencias significativas (prueba "F" 1% y 5%), atribuídas al efecto cultivares o densidades, se procedió a la separación de medias por el test de Tukey.

Los datos se irán analizando en el siguiente orden:

a. Peso promedio de tallos,
b. Rendimiento en kg de tallos/ha,
c. Rendimiento en kg de jugo/ha,
d. Porcentaje de Pol,
e. Brix corregido,
f. Porcentaje de azúcares reductores,
g. Pureza,
h. Producción de alcohol (a partir de tallos) en l/ha.

Se discuten las variables que afectan el rendimiento en alcohol/ha a nivel cuantitativo y cualitativo.

Se concluye con el análisis de producción de hojas/ha (i) y producción de tallos despuntados + hojas/ha (j).

No se pudo analizar el rendimiento en kg de granos/ha a causa del daño de pájaros en el ensayo.

4.1 PESO PROMEDIO DE TALLOS

El peso de los tallos, así como el número de tallos por hectárea son los determinantes del rendimiento en kg de tallos/ha.

En nuestro análisis se tomó directamente el peso de los tallos sin efectuar el estudio de los componentes del peso, o sea del diámetro y del largo del tallo.

Como resultado del análisis de varianza, se determinó una diferencia muy significativa (1%) entre cultivares. La densidad no ejerció influencia significativa sobre el peso promedio de los tallos. Los tallos de la densidad baja (6 tallos por metro lineal) fueron 14% más pesados que los de la densidad alta (10 tallos por metro lineal), pero dado el diseño, esta diferencia no alcanzó a tener significación.

No se encontró efecto significativo de interacción cultivar por densidad.

CUADRO 3. *Análisis de varianza (peso de tallos)*

F.V.	G.L.	C.M.	F
Bloques	3	0.004400698	
Cultivares	3	0.034346864	15,883 **
Error (a)	9	0.002162503	
Densidad	1	0.004975031	4,1943198
Cult. x dens.	3	0.001235281	1,0414357
Error (b)	12	0.001186135	

$\bar{X}$ = 0,1904062
C.V(a) = 24,42%
C.V(b) = 18,08%

* significativo 5%
** significativo 1%

La alta diferencia significativa entre cultivares observada en el cuadro 3, nos lleva a realizar el test de Tukey para poder cuantificar las diferencias. Se efectuó entonces la separación de medias.

CUADRO 4. *Separación de medias por Tukey para el peso promedio por tallo (en kg) de cada cultivar*

Cultivar	$\bar{X}$
Río	0,287125 (a)
Ramada	0,167625 (b)
Roma	0,165125 (b)
x 4325	0,14175 (b)

(Los valores seguidos con igual letra no difieren significativ.al 5%)

Realizada la comparación de medias, la diferencia de Río sobre los demás cultivares llegó a ser altamente significativa (1%). Río produjo tallos que fueron 102,55% más pesados que los producidos por el híbrido x 4325, 73,88% más pesados que los de Roma y 71,29% más pesados que los de Ramada.

Entre Ramada, Roma y el híbrido las diferencias no fueron significativas. A pesar de que los tallos de Ramada pesaron 1,5% más que los de Roma y 18,25% más que los del híbrido.

4.2 RENDIMIENTO EN KG DE TALLO/HA

Si bien es cierto que la producción de alcohol no depende solamente de la cantidad de tallo/ha, sino también del porcentaje de jugo que se pueda extraer de ellos y de su contenido en azúcares. A pesar de lo cual, resulta fundamental incrementar los rendimientos en kg de tallo.

En el cuadro 5 se presenta el análisis de la varianza con el fin de determinar el efecto de los cultivares, de la densidad y de la interacción entre ambos en el rendimiento de kg de tallo/ha.

CUADRO 5. *Análisis de varianza (producción de tallos kg/ha)*

F.V.	G.L.	C.M.	F
Bloques	3	27.095040,42	
Cultivares	3	697.271655,6	20,96 **
Error (a)	9	32.405067,94	
Densidad	1	4.075512,5	0,36
Cult. x dens.	3	10.942252,92	0,96
Error (b)	12	11.414532,73	

$\bar{X}$ = 25.863 ** significativo 1%
CV(a) = 22,01% * significativo 5%
CV(b) = 13,06%

Como podemos apreciar en el cuadro 5 existió una diferencia altamente significativa (1%) entre cultivares.

Si bien existió una mayor producción en kg de tallo/ha (2.79%) en favor de la densidad alta, dicho valor no llegó a ser significativo.

Tampoco existió significación en la interacción cultivar x densidad.

La única fuente de variación en los rendimientos se debió entonces a diferencias entre los cultivares.

En razón de esto se procedió a la separación de medias por Tukey.

CUADRO 6. *Separación de medias por Tukey para los valores en kg/ha de tallos producidos por cada cultivar*

Cultivar	$\bar{X}$
Río	39.345 (a)
Roma	23.334 (b)
Ramada	22.203 (b)
Híbrido	18.572 (b)

(Los valores seguidos con igual letra no difieren signif.al 5%)

Por medio del test de Tukey se pudo constatar que la producción de Río fue altamente significativa (1%) con relación a los demás cultivares. Río tuvo un rendimiento de 118,51% superior al híbrido, 77,20% superior a Ramada y 68,62% mayor que Roma.

Entre los demás cultivares (señalados con b) no existieron diferencias de significación, a pesar de que la tendencia muestra a Roma con mayor producción que Ramada y que el Híbrido.

Si bien las tendencias mostraron a Ramada con mayor peso promedio de tallo que Roma, al comparar la producción de kgs de tallo/ha, la tendencia se invierte. Esto se explica porque presentó mayor número de tallos/ha que Ramada, debido a mayor número de macollos.

El rendimiento promedio de tallos deshojados y despuntados/ha, coincide con la información disponible en Uruguay: Bergeret, P.W.; Fernández Paolillo, W. (1956), Fariello, R. (79/80). Este rendimiento promedio de 25.863 kg/ha está por encima de la media del ensayo nacional de sorgo azucarado brasileño del año agrícola 1977/1978 (Giacomini, S.; Schaffert, R.E. y Borgonovi, R.A., 1979), superiores a la media obtenida en el ensayo de comportamiento de variedades de sorgo azucarado (Pérez, F.R. y Ayala, H., EEAT, Colmenar, Taff Viejo, Tucumán, Rca.Argentina, 1980).

Lo que para nada es coincidente con la información disponible es la muy significativa superioridad de Río sobre Roma y Ramada. La mayoría de la experimentación muestra tendencia de rendimientos casi opuestos (Pérez, F.R. y Ayala, H., 1980) o rendimientos aproximados (Giacomini, S.; Schaffert, R.E. y Borgonovi, R.A., 1979). Incluso Fors, A.L. (1973) hace referencia a superioridad de Roma sobre Río coincidiendo con Freeman, K.C.; Broadhead, D.M.; Cowley, W.R.; Rosenow, D.T; Smith, B.A. y Lucas Reyes (1974).

En cambio, una tendencia similar a la de este ensayo fue obtenida en UEPAE de Pelotas, Río Grande do Sul, Brasil en el año agrícola 1979/1980 (Raup, A.A.; Porto, M.; Junior, P.; Petrini, J.A.,1980).

4.3 RENDIMIENTO EN KG DE JUGO/HA.

A pesar de que se usó igual procedimiento en la molienda de los diferentes cultivares, a los efectos de proceder a extraer el jugo de sus tallos, los porcentajes de extracción (kg de jugo/kg de tallo) no fueron similares para los cultivares en estudio. Ramada mostró el valor más alto (60,99%), seguido por Río (59,79%), luego Roma (55,09%) por último el Híbrido (54,31%)

Efectuado el análisis de varianza, la diferencia entre cultivares se mostró altamente significativa (1%).

De la misma forma que para el análisis 1 y 2, la densidad no tuvo efectos significativos en el rendimiento en kg de jugo/ha; sólo hubo una tendencia en favor de la densidad alta (2,41%)

Tampoco existió interacción cultivar x densidad de significación.

CUADRO 7. *Análisis de varianza (producción de jugo en kg/ha)*

F.V.	G.L.	C.M.	F
Bloques	3	9.472351,125	
Cultivares	3	275.993033,2	24,51 **
Error (a)	9	11.260833,88	
Densidad	1	1.023165,125	0,27
Cult. x dens.	3	3.559612,375	0,93
Error (b)	12	3.815654,063	

$\bar{X}$ = 15.012 ** significativo (1%)
CV(a) = 22,35% * significativo (5%)
CV(b) = 13,01%

Dada la muy alta diferencia en el rendimiento, debida al efecto cultivares, se procedió a su comparación por el medio del test Tukey.

CUADRO 8. *Separación de medias por Tukey de acuerdo al rendimiento en kg de jugo/ha*

Cultivares	$\bar{X}$
Río	23.528 (a)
Ramada	13.579 (b)
Roma	12.855 (b)
Híbrido	10.086 (b)

(Los valores con igual letra no difieren significativamente al 5%)

La producción de Río fue significativamente mayor (1%) que la de los otros cultivares. Su producción estuvo 133,27% por encima del

híbrido; 83,02% por encima de Roma y 73,26% por encima de Ramada.

A pesar de que no llega a ser significativo, nuevamente se invierten las tendencias. Roma a pesar de producir 5,09% más kg de tallos que Ramada, debido a la diferencia en el porcentaje de extracción, produce 5,63% menos cantidad de jugo.

Es importante ver, que aunque sin significación, la producción de Ramada es 34,63% superior al Híbrido y la de Roma supera a éste en 27,45%.

4. 4 CONTENIDO DE POL EN EL JUGO EXPRESADO COMO PORCENTAJE

Medido el rendimiento en sus componentes cuantitativos, pasaremos a analizarlo a través de las medidas cualitativas.

Al analizar el contenido de POL en el jugo (extraído del pasaje de los tallos a través del trapiche de laboratorio), estamos determinando el contenido de sacarosa.

A pesar de que el porcentaje de POL y porcentaje de sacarosano sean exactamente lo mismo, desde el punto de vista del medio azucarero, el porcentaje de POL se usa como equivalente de contenido de sacarosa

Dada la directa influencia del porcentaje de sacarosa sobre el rendimiento de alcohol, resulta fundamental determinar aquellas condiciones más favorables.

Por el análisis de varianza se concluyó que no existían diferencias significativas en el contenido de POL para los distintos cultivares Se observó sí que el híbrido mostró el mayor valor (13,49%) seguido de Roma (12,31%), de Ramada (13,21% y por último Río (11,97%).

Ese valor menor (aunque no significativo) presentado por Río, puede ser también consecuencia de que en el momento que fue cortada, algunas panojas le faltaban días para la madurez del grano (masa dura).

Como se sabe el contenido de sacarosa = POL se incrementa con la madurez (Ventre, E.K.; Byall, S.; 1937 y 1948), (Ayala, H.G. y Pérez, F., 1980), (Torres, M.; Salazar, F. y Chena, R., 1973).

Es importante observar que a pesar de que la diferencia de 12,7% entre el híbrido y Río no fue significativa al 5%, existió una correlación negativa entre la producción de tallos y el contenido en sacarosa (POL).

No existió efecto cultivar x densidad de significación.

La densidad ejerció sí un efecto de significación. La densidad baja mostró valores de POL más altos.

Existió una relación inversa entre el número de plantas/ha y porcentaje de POL. Este valor se incrementó 6,93% cuando la población se redujo de 142.800 a 85.700 plantas/ha. Efecto un tanto opuesto al hallado por Viana, C. (1981).

CUADRO 9. *Análisis de varianza (porcentaje de POL = contenido de sacarosa del jugo expresado en porcentaje).*

F.V.	G.L.	C.M.	F
Bloques	3	2,60675833	
Cultivares	3	4,148325	3,41
Error (a)	9	1,21546666	
Densidad	1	5,9340125	46,66 **
Cult.x dens.	3	0,0966041667	0,76
Error (b)	12	0,1271729167	

$\bar{X}$ = 12,74625 ** significativo (1%)
CV(a) = 15,97% * significativo (5%)
CV(b) = 2,79%

4.5 VALORES DE BRIX

Los valores de Brix usados en los análisis estadísticos están corregidos por temperatura.

En el análisis de varianza se constató una diferencia significativa (5%) entre cultivares. El efecto densidad tuvo como resultado valores de Brix que fueron altamente significativos (1%) en favor de la densidad más baja, o sea la tendencia fue similar que para el contenido de sacarosa.

No hubo interacción cultivar x densidad.

CUADRO 10. *Análisis de varianza (valores de BRIX)*

F.V.	G.L.	C.M.	F
Bloques	3	1,470811458	
Cultivares	3	3,227086458	4,17 *
Error (a)	9	0,7739975694	
Densidad	1	6,706953125	56,75 **
Cult. x dens.	3	0,091778125	
Error (b)	12	0,1181802083	

$\bar{X}$ = 17,12
CV(a) = 5,13%
CV(b) = 2,oo%

** significativo (1%)
* significativo (5%)

En razón de la diferencia significativa (5%) entre cultivares, se procedió a separar los valores medios de Brix por medio del test de Tukey.

CUADRO 11. *Separación de medias por Tukey para valores de BRIX*

Cultivar	$\bar{X}$
Híbrido	17,88 (a)
Ramada	17,39 (a,b)
Río	16,78 (a,b)
Roma	16,45 (b)

(Las cifras seguidas por la misma letra no difieren al 5%)

El Híbrido mostró un valor mayor que el resto de los cultivares pero esa diferencia sólo fue significativa (5%) frente a Roma a la que superó en 8,69%.

Los valores de Brix hallados, así como sus variaciones entre y dentro de variedades, son coincidentes con los encontrados en la bibliografía consultada.

La densidad baja mostró valores 5,49% superiores a la densidad alta. Este efecto de la densidad sobre el Brix es concordante con las experiencias de Broadhead, D.M.; Stokes, I.E. y Freeman, K.C. (Mississippi, U.S.A.)

4.6 CONTENIDO DE AZUCARES REDUCTORES EN EL JUGO EXPRESADO EN PORCENTAJE

El contenido de azúcares reductores en el jugo está condicionado (junto con el contenido de sacarosa) directamente al volumen de alcohol a producirse.

A continuación se presentan y se discuten los resultados del análisis de varianza.

CUADRO 12. *Análisis de varianza (porcentaje de azúcares reductores contenido en el jugo)*

F.V.	G.L.	C.M.	F
Bloques	3	0,2570947917	
Cultivares	3	2,154894792	3,99 *
Error (a)	9	0,5403697917	
Densidad	1	0,139128125	0,62
Cult. x dens.	3	0,104353125	0,46
Error (b)	12	0,2240635417	

$\bar{X}$ = 1,2171875 ** significativo 1%

CV(a) = 60,39% * significativo 5%

CV(b) = 38,88%

Como puede observarse, el porcentaje de azúcares reductores no fue afectado significativamente por la densidad, aunque hubo una tendencia de mayor producción (11,45%) en favor de la densidad alta.

Tampoco existió interacción cultivar x densidad.

Existió sí una diferencia significativa (5%) entre cultivares. Por ello se realizó la separación de medias por Tukey.

CUADRO 13. *Separación de medias por Tukey para contenido en porcentaje de azúcares reductores.*

Cultivar	$\bar{X}$
Rio	1,94875 (a)
Roma	1,19875 (a,b)
Híbrido	0,95625 (a,b)
Ramada	0,765 (b)

(Los valores seguidos con igual letra no difieren significativamente al 5%).

El contenido en porcentaje de azúcares reductores del cultivar Río sólo fue significativamente (5%) superior al del cultivar Ramada. Esa diferencia traducida a porcentaje es del orden del 154,74%.

Entre los demás cultivares no existieron diferencias estadísticamente significativas.

El elevado valor (60,39%) del cultivar (a), no nos permitió detectar mayores diferencias entre cultivares para el número de repeticiones con que se trabajó.

En realidad, ese alto cv no es tan sorprendente si se considera que la madurez no era pareja y el contenido de reductores (porcentaje) es tan variable a medida que transcurre el ciclo del cultivo, disminuyendo con la madurez (Ventre, E.K.; Byall, S., 1937 y 1948); (Torres,M.; Salazar, F. y Chena, R., 1973).

4.7 PUREZA DE JUGO EXPRESADA EN PORCENTAJE

Los valores que se calcularon para el porcentaje de pureza, son resultantes del cociente entre los valores de Pol sobre los de Brix, de ahí que los resultados están estrechamente ligados a los contenidos de estos parámetros. En síntesis, expresan el porcentaje de sacarosa respecto al total de sólidos solubles.

Al analizar la varianza, no se encontraron diferencias significativas entre variedades. Tampoco existió interacción cultivar x densidad.

Sólo existió un efecto de la densidad sobre los valores porcentuales de pureza, significativo al 5%.

CUADRO 14. *Análisis de varianza (pureza del jugo en porcentaje)*

F.V.	G.L.	C.M.	F
Bloques	3	22,26916667	
Cultivares	3	37,835	3,30
Error (a)	9	11,4597222	
Densidad	1	10,125	4,64 *
Cult. x dens.	3	1,553333	0,71
Error (b)	12	2,18375	

$\bar{X}$ = 74,325 ** significativo 1%
CV(a) = 4,55% * significativo 5%
CV (b) = 2,93%

En efecto, la densidad más baja mostró valores de pureza 1,5% mayores que la densidad alta.

Aunque en el valor de Brix existieron diferencias significativas entre cultivares, no las hubieron para contenido de sacarosa (Pol), y tampoco en pureza.

Los valores de pureza obtenidos para los distintos cultivares se asemejan bastante a los encontrados en la bibliografía.

4.8 PRODUCCION DE ALCOHOL A PARTIR DE TALLOS EN LITROS/ha

La imposibilidad de poder cosechar los granos hizo que sólo se pudiese determinar la producción de alcohol a partir de tallos.

Se sabe que el sorgo azucarado a parte de su potencial de producción de azúcares en los tallos, es capaz de producir rendimientos muy buenos en semilla. Esto está demostrado por experiencias nacionales (Bergeret, P.W. y Fernández Paolillo, W., 1956) y extranjeras

(Ogurtsov, V., 1972); (Torres, M.; Salazar, F. y Chena, R., 1973); Guzenko, M.I. y Kulikov, A.I., 1979).

En base a esto y calculando que de cada 100 kg de semilla de sorgo se podrían obtener en promedio 30 litros de alcohol (Bergeret,P. W. y Fernández Paolillo, W., 1956), se puede afirmar que su producción potencial es mayor que la que analizamos seguidamente.

CUADRO 15. *Análisis de varianza (producción de alcohol ℓ/ha)*

F.V.	G.L.	C.M.	F
Bloques	3	25.939,0833	
Cultivares	3	1.975.704,75	37,075 **
Error (a)	9	53.289,1111	
Densidad	1	15.753,125	0,382
Cult. x dens.	3	45.118,875	1,096
Error (b)	12	41.147,85147	

$\bar{X}$ = 1264,75
CV (a) = 18,25%
CV (b) = 16,03%

** significativo al 1%
* significativo al 5%

A partir del análisis de varianza se observa una diferencia muy significativa (1%) entre cultivares en la producción de alcohol a partir de tallos (deshojados y despuntados).

No se encontraron diferencias de significación para el efecto de la densidad, tampoco existió interacción cult. x densidad.

Para cuantificar la diferencia entre cultivares se procedió a comparar medias por Tukey.

CUADRO 16. *Separación de medias por Tukey para rendimiento en alcohol (litro/ha).*

Cultivar	X	
Río	1.996	(a)
Ramada	1.111	(b)
Roma	1.063	(b)
Híbrido x4325	889	(b)

(Los valores seguidos con igual letra no difieren significativamente al 5%).

Se observa una diferencia significativa (5%) en favor del cultivar Río. En efecto, Río produjo 79,65% más que Ramada, 87,77% más que Roma y 124,52% más que el híbrido.

Entre los demás cultivares no hubo diferencias significativas, pero la producción de Ramada superó em 4,51% a Roma y en 24,97% al híbrido.

Analizando la producción de jugo en kg/ha (Cuadro 8) podemos ver que los cultivares con mayor rendimiento de jugo son los que producirán más alcohol. Se mantienen las tendencias aunque con variación en los porcentajes.

En el caso de Ramada y Roma las diferencias se fundamentan en el porcentaje de extracción. Roma pese a producir más kg de tallos/ha, tener más sacarosa y azúcares reductores que Ramada, produjo menor cantidad de jugo, siendo esa la explicación de su menor producción de alcohol.

Es importante recalcar que, aunque no llegó a ser estadísticamente significativo, la densidad baja (85.700 plantas/ha) produjo en promedio 3,57% más alcohol que la densidad alta (142.800 plantas/ha).

4.9 PRODUCCION DE HOJAS

A pesar de que los tallos se procesaron deshojados y despuntados, se encontró interesante determinar la producción de hojas/ha dada la posibilidad de su empleo como materia prima en la industria o como combustible del mismo proceso industrial.

En el análisis de varianza no se halló ningún efecto significativo sobre la producción de hojas. No existió diferencias entre cultivares, tampoco efecto de la densidad ni interacción.

La producción de hojas/ha, tuvo estos valores: Río (9107 kg); x4325 (7262 kg), Roma (5506 kg) y Ramada (5476 kg).

La densidad alta produjo en promedio 7.113 kg, en tanto la densidad baja produjo 6.563 kg de hojas/ha.

4.10 PRODUCCION DE TALLOS DESPUNTADOS + HOJAS EN kg/ha

En principio, el objetivo final de todo este trabajo era determinar la producción total de Bromasa a partir de sus componentes tallo, hoja y granos. Ante la imposibilidad de evaluar la producción de grano, presentamos a continuación los valores en kg de la producción de tallos despuntados más hojas.

CUADRO 17. *Análisis de varianza (producción de tallos despuntados + hojas).*

F.V.	G.L.	C.M.	F
Bloques	3	50860918,61	
Cultivares	3	894398138,4	13,58 **
Error (a)	9	65844361,14	
Densidad	1	12780304,03	0.79
Cult. x dens.	3	14134627,28	0.87
Error (b)	12	16257103,97	

$\bar{X}$ = 32,701 ** significativo al 1%
CV (a) = 24,81% * significativo al 5%
CV (b) = 12,32%

Como resultado de este análisis podemos ver que ni la densidad ni la interacción cultivar densidad provocaron diferencias significativas en el rendimiento.

Sí se observa una diferencia muy significativa entre los cultivares (1%).Nuevamente Río está con la máxima producción.

Se analizan por Tukey los valores medios.

CUADRO 18. *Separación de medias por Tukey para rendimiento en kg/ha de tallos despuntados más hojas.*

Cultivar	$\bar{X}$
Río	48.452 (a)
Roma	28.841 (b)
Ramada	27.678 (b)
Híbrido	25.833 (b)

(Los valores seguidos con igual letra no difieren significativamente al 5%).

El cultivar Río tiene una diferencia muy significativa (1%) sobre los demás.

Las diferencias porcentuales se reducen, en comparación a las que vimos para producción en kg de tallos/ha, como consecuencia de las producciones en kg de hojas. Aún así, Río se presenta con 67,99% más que Roma; 75% más que Ramada, y 87,55% más que el híbrido.

5. CONCLUSIONES

Se puede afirmar que, para las condiciones de este experimento, la producción de alcohol a partir de tallos (deshojados y despuntados) de sorgo azucarado, no fue afectada significativamente por la densidad. En efecto, los resultados mostraron que la producción con 85.700 plantas/ha y 142.800 plantas/ha no fue estadísticamente diferente.

Existió una tendencia de mayor producción de alcohol con la población más baja (3,57%). A pesar de que con 85.700 plantas/ha fue menor el rendimiento en kg de tallo y kg de jugo/ha, se compensó con una mayor riqueza en azúcares.

Estos resultados nos indican la conveniencia del uso de la población menor (85.700 plantas/ha) en la producción de alcohol. Esta afirmación se basa, no sólo en la tendencia mostrada por el rendimiento, sino también por el ahorro de semilla que significa una densidad más baja.

En cuanto al comportamiento de los cultivares, se comprobó la superioridad de Río sobre los demás. Esta altamente significativa diferencia en la producción del cultivar Río se basó en su mayor producción en kg de tallo/ha, alto porcentaje de extracción de jugo y mayor producción de jugo/ha.

La producción de alcohol obtenida, pone de manifiesto la capacidad del cultivo de sorgo azucarado como materia prima renovable para la producción de energía. Mucho más teniendo en cuenta su potencial de producción en granos, la posibilidad de una segunda cosecha y que los subproductos de la industria pueden ser aprovechados como materia prima en otros procesos o como fuente de energía.

6. RESUMEN

En el presente trabajo, se estudió el efecto de la densidad sobre la producción de alcohol a partir de cuatro cultivares de sorgo azucarado. Se determinó además el peso de tallo, kg de tallo/ha, kg de hoja/ha, kg de tallo despuntado + kg de hoja/ha, kg de jugo/ha, Pol, Brix, azúcares reductores y pureza.

Los cultivares usados fueron: Río, Roma, Ramada y el híbrido x4325.

Las densidades fueron 6 y 10 plantas/metro lineal, separados 70 cm, o sea poblaciones de 85.700 y 142.800 plantas/ha, respectivamente.

El diseño experimental usado fue el de parcelas divididas en bloques al azar.

Cada parcela constó de una longitud total de 10 metros (sembrándose 5 metros con la densidad baja y 5 metros con la densidad alta) y de 6 surcos separados 70 cm.

Se cosecharon los dos surcos centrales, excluyendo el metro inicial y el metro final.

La fecha de siembra fue el 16 de octubre.

La fertilización fue de 500 kg de superfosfato/ha y de 200 kg de urea/ha.

El control de malezas se hizo con atracina 500 (2,5 litros/ha) y un aporque cuando las plantas de sorgo tenían 15-20 cm.

En el laboratorio se determinó Brix, Pol, azúcares reductores calculándose pureza por el cociente Pol/Brix.

La producción de alcohol se estimó a través del contenido de sa-

carosa y azúcares reductores del jugo.

El rendimiento en litros de alcohol por hectárea no fue afectado por la densidad. Mostró en cambio marcada diferencia entre cultivares siendo Río el de mayor producción, no habiendo entre los demás diferencias significativas,a pesar de que la tendencia fue que Ramada produjo más que Roma y éstos más que el híbrido.

SUMMARY

Density effects on alcohol yield was studied in this trial with 4 cv. sweet sorghum. Stalk weight, kg stalk/ha, kg leaf/ha, kg stripped stalk + kg leaf/ha, kg juice/ha, Pol, Brix, Reducing sugars and purity, were determined.

The cultivars used were: Río - Roma - Ramada and hibrid x4325.

The plant densities were 6 and 10 plants/m in rows 70 cm apart, that is 85.700 and 142.800 plants/ha respectively.

The experiment was run in split plot design.

Each plot had 10 m lenght (seeding 5 m with low density and 5 m with high density) and 6 rows 70 cm apart.

The 2 central rows were harvested, except for the first meter and the last one.

Planting date was the 16th october.

The fertilizer was 500 kg superphosphate/ha and 200 kg urea/ha.

Chemical control of weeds was performed with Atracina 500 (2,5 l/ha) and mechanical control was done when the sorghum plants had 15-20 cm height.

Brix, Pol, reducings sugars were determined in the lab. Purity was estimate by the quotient Pol/Brix.

Alcohol yield was estimated through the sucrose and reducings sugars contents in juice.

Alcohol yield/ha wasn't affected by the density; but showed high difference among cultivars, being Río the highest significative yield, Ramada was higher than Roma, and this one higher than the Hybrid but without significance.

7. BIBLIOGRAFIA

1. AMARAL, A.A. et al. Ensaio nacional de sorgo sacarino 1979/80. Pelotas, R.S., EMBRAPA, 1980. s.p.

2. AYALA, H. y PEREZ LOPEZ, F. Epoca de siembra del sorgo azucarado. Tafí Viejo, Rca. Argentina, EEAT, 1980. s.p.

3. _____. y _____. Momento oportuno de cosecha del sorgo azucarado. Tafí Viejo, Rca. Argentina, EEAT, 1980, s.p.

4. BEATTY, K.D. Sweet sorghum -for sirup, sugar, and or energy? Arkansas Farm Research 26(2):8. 1977. (Original no consultado; compendiado en Bibliography of Agriculture 42(6). 1978)

5. _____. Northeast Arkansas sweet sorghum variety test. Arkansas Farm Research 28(2):16. 1979. (Original no consultado; compendiado en Field Crop Abstracts 33(11):8739. 1980).

6. BENTANCUR, M.O. El sorgo azucarado. Revista de la Facultad de Agronomía (Uruguay) no. 41:92-105. 1945.

7. BERGERET, P.W. y FERNANDEZ PAOLILLO, W. Estudio de diversas variedades de sorgo azucarado y sus posibilidades alcoholígenas. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos (Uruguay) 25(99):17-36. 1956.

8. BERTHOLDI, R.E. et al. Resultados do ensaio nacional de sorgo sacarino do año agrícola 1977/78. Sete Lagoas, MG., EMBRAPA, 1978. s.p.

9. _____, et al. Ensaio nacional de sorgo sacarino 1978/79. Sete Lagoas, MG., EMBRAPA, 1979. s.p.

10. BLUM, A., FELDHAY, H. and DOR, Z. Sugar production potential of sweet sorghum in Israel; report for 1975 and 1976. Israel. Volcani Institute of Agricultural Research. Division of Scientific Publications. Special publication in Agriculture Research no.83. 1977. (Original no consultado; compendiado en Bibliography of Agriculture 41(11): 1977).

11. BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. Recomendaçoes para o plantio de sorgo sacarino. Sete Lagoas, MG., 1980. s.p.

12. BROADHEAD, D.M., STOKES, I.E. and FREEMAN, K.C. Sorgo spacing experiments in Mississippi. Agronomy Journal no.55(2):164-166. 1963.

13. _____. Influence of bagging sweet sorghum panicles on stalk yield and juice quality. Crop Science 19 (2):195-196. 1979.

14. COLEMAN, O.H. and BELEHER, B.A. Some responses of sorgo to short photoperiods and variations in temperature. Agronomy Journal 44(1):35-39. 1952.

15. _____. et al. "Río"; a new disease resistant variety of sweet sorghum for southern Unites States. US. Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Technical Bulletin no.34. 1972. 4 p.

16. COWLEY, W.R. and SMITH, B.A. Sweet sorghum as a potential sugar crop in south Texas. In Congress of the International Society of Sugar Cane Technology, 14th., Weslaco, Tex., 1971. Proceedings. Weslaco, Tex., 1972. pp.628-633.

17. CULTURE of sorgo for sirup production. US. Department of Agriculture. Farmers' Bulletin no.2100. 1957.

18. DE CASTRO, J. P.R. La Agricultura y su contribución para la solución de los problemas energéticos; el caso del Brasil. Montevideo, Academia Nacional de Economía del Uruguay, 1980. 29 p. (Mimeografiado).

19. FARIELLO, R.J. Producción de jugo azucarado a partir de cultivares de sorgo. In Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía, 2a., Montevideo, 1979. Trabajos presentados. Montevideo, 1979. s.p.

20. _____. Producción de alcohol en base a biomasa. Agronoticias (Uruguay) 2(3):43-44. 1980.

21. _____. El sorgo azucarado como cultivo energético. Agronoticias 3(4):11-13. 1981.

22. FERRARIS, R. and STEWART, G.A. New options for sweet sorghum. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science 45(3):156-164. 1979. (Original no consultado; compendiado en Field Crop Abstracts 33(10):7824. 1980).

23. FORS, A.L. Los esfuerzos en México sobre el sorgo dulce como cosecha complementaria a la caña de azúcar. Sugar y Azúcar 66(7):55-64. 1971.

24. _____. La fabricación de azúcar del sorgo. Asociación Técnica Azucarera. México. Memoria no.3. 1973. pp.110-133.

25. FREEMAN, K.C., BROADHEAD, D.M. and ZUMMO, N. Culture of sweet sorghum for sirup production. US. Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Agriculture Handbook no.441. 1973. 30 p.

26. _____ et al. "Ramada"; a new variety of sweet sorghum for potential sugar production in south Texas. US Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Technical Bulletin S-41. 1974. 5 p.

27. GIACOMINI, F., SCHAFFERT, R.E. e BORGONOVI, R.A. Resultados do ensaio nacional de sorgo sacarino do ano agrícola 1977/78. Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Boletín Técnico no.2. 1979. pp.1-46

28. GILL, P.S. et al. Preliminary studies on the cultivation of sweet sorghum (Sorghum bicolor L.Moench) for the production of sugar in Iraq. Iraqi Journal of Agricultural Science no.12:3-9. 1977. (Original no consultado; compendiado en Field Crop Abstracts 33(12): 10066. 1980).

29. GOMES, A., CORDEIRO, D.S. e RAUPP, A.A. Produçao de alcool para o Rio Grande do Sul. Pelotas, EMBRAPA, 1980. s.p. (Mimeografiado).

30. HIPP, B.W. et al. Influence of solar radiation and date of planting on field of sweet sorghum. Crop Science 10:91-92. 1970.

31. IVANYUKOVICH, L.K., DORONINA, YU.A. On the classification of two cultivated species of Sorghum-S bicolor (L.) Moench and S. saccharatum (L.)Moench. Byulleten' Vsesoyuznogo Nauchno-Issledovate'Skogo Instituta no.81:30-35. 1978. (Original no consultado; compendiado en Field Crop Abstracts 34(3):1874. 1981)

32. LIKUMS, E. Another step forward: sugar from sorghum. US. Agricultural Research Service. Agricultural Research 25(2):3-4. 1976. (Original no consultado; compendiado en Bibliography of Agriculture 40(12). 1976).

33. MILLER, F.R. Sorgo sacarígeno; cultivo energético promisorio. Uruguay. Ministerio de Agricultura y Pesca. Boletín Informativo 2(4):5. 1980.

34. OGURTSOV, U.N. and KUSAKIN, A.A. Effect of low temperatures on germination vigour, germination and viability of sweet sorghum seeds. Izvestiya Kuibyshevskogo Sel' Skokhozyaistvennogo Instituta 29(1):104-109. 1971. (Original no consultado; compendiado en Field Crop Abstracts 25(2):1924. 1972).

35. POLACK, J.A. and DAY, D.F. Ethanol from sweet sorghum. The Sugar Journal 1980;25-27. Aug.1980.

36. REEVES, S.A., HIPP, B.N. y SMITH, V.A. Biomasa de sorgo dulce. Sugar y Azúcar 1979:55-72. Feb.1979.

37. RICAUD, R. and MARSHALL, J.G. Sweet sorghum for sugar production. Lousiana Agricultural Experimental Station. Departament of Agronomy. Report Project 129-135. 1969. (Original no consultado; compendiado en Bibliography of Agriculture 35(2). 1971)

38. _____. Sweet sorghum for sugar productions in Louisiana Louisiana Agriculture 14(2):4-5;7. 1970/1971. (Original no consultado; compendiado en Field Crop Abstracts 25(1):384. 1972).

39. SERRA, G.E., LUDERS, M. e ALMEIDA, T. D.C. Observaçoes preliminares sobre características agronómicas e tecnológicas do sorgo sacarino. In Reuniao Brasileira de Milho e Sorgo, 11a., Piracicaba, Brasil, 1976. Trabalhos apresentados. Piracicaba, Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1976. 8 p.

40. SHIBRAEV, N.S., MILYUTKIN, A.F. and OGURTSOV, V.N. Sweet sorghum. Referativnyi Zhurnal 55(10);464. 1971. (Original no consultado; compendiado en Field Crop Abstracts 25(2):1914. 1972).

41. SON, S.H. Effects of row width and plant spacing within row on yield and its components in sweet sorghum (Sorghum vulgare Pers.). Research Reports of the Office of Rural Development (Suwon) 12(1): 105-115. 1969. (Original no consultado; compendiado en Field Crop Abstracts 24(1):385. 1971).

42. SORGO for sirup production; culture, harvesting and handling. US. Department of Agriculture. Farmers' Bulletin no.1619. 1936.

43. TAMU ROMA; a new sweet sorghum for potential sugar production in Texas. Texas University, Agricultural Experimental Station, 1972. s.p.

44. TORRES BERNAL, M., SALAZAR, F. y CHENA, R. El cultivo del sorgo azucarero (sorghum bicolor). Asociación Técnica Azucarera. México. Memoria no.3. 1973. pp.99-109.

45. VENTRE, E.K. and BYALL, S. Distribution and variation with maturity of dissolved solids, cucrosa and titrtable acidity in the sorgo stalk. Journal of Agriculture Research 55(8):553-562. 1937.

46. _____. and _____. Sucrosa, dextrosa and levulosa content of some domestic varieties of sorgo at different stages of maturity. Journal of Agriculture Research 76(5/6):145-151. 1948.

47. VIANA, A.C. Estudo de tres espaçamentos e quatro densidades de plantas em dois cultivares de sorgo sacarino. Sete Lagoas, MG., EMBRAPA, 1980. s.p.