

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE**



**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
MODALIDAD: TESINA**

**DETERMINACIÓN DE VARIABLES ECOFOSIOLÓGICAS
QUE PERMITAN DEFINIR EL MOMENTO ÓPTIMO DE
CORTE DE TRES VARIEDADES DE SORGOS
AZUCARADOS (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench) CON
FINES BIOENERGÉTICOS, EN DOS FECHAS DE
SIEMBRA, EN CONDICIONES AMBIENTALES DEL
NORTE SANTAFESINO.**

ALUMNO: TOMADIN, FACUNDO DARIO

DIRECTOR: Ing. Agr. (MSc.)ESPÍNDOLA, CARLOS MARÍA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios y a la Santísima Virgen María, por haberme acompañado y guiado con sus constantes bendiciones a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Agradezco infinitamente a mi padre Fidel A. Tomadin, mi madre Eve A. Tonzar, mi hermana Eliana y mis abuelos, que fueron un gran soporte durante toda esta etapa. Mi familia me formó, me educó e inculcó valores y me acompañó durante todo este proceso universitario.

También a mi director del trabajo final de graduación Ing. Agr. (MSc.), Carlos M. Espíndola, que gracias a su incentivo, formación, predisposición y dedicación absoluta y desinteresada logré llevar a delante el trabajo de Tesis, que me permitió concluir mis estudios.

A la Ing. Agr. Ana Deambrosi, quien permitió poder llevar a cabo el trabajo de forma satisfactoria y motivando con permanencia a desarrollarlo, a ella gracias. Al Ing. Agr. Wuthrich Aldo que gracias a su predisposición y acompañamiento, brindó en todo momento apoyo y colaboración desinteresada.

Al personal del Centro Operativo Experimental de Tacuarendí, en especial al Médico Veterinario Duilio Santana, quien me cedió el espacio para realizar los ensayos de tesis.

Al Director de la E.F.A N° 8212 V. Ocampo, Sr Mariano F. Rossi un agradecimiento especial, por darme la posibilidad de hacer uso de las instalaciones del laboratorio de la institución al cual representa.

Al Sr Agustín Mango y Srta Andrea Wirth y por su intermedio a la Empresa Bioenergías Agropecuarias S.A, quienes me asistieron y permitieron el uso de las instalaciones del laboratorio de la empresa.

De igual manera mis agradecimientos a la Facultad de Ciencias Agrarias, a mis profesores y en especial, a aquellos en las cátedras de las cuales participé, ya que sus aportes fueron muy valiosos en todo mi proceso de formación.

A mis amigos, y a todos los que de una manera u otra hicieron posible y/o facilitaron mis estudios y trabajo de tesis.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	I
Índice.....	II
Listado de Figuras.....	IV
Listado de Tablas.....	VII
Lista de Anexos.....	VII
1-Introducción y Antecedentes.....	1
2-Objetivos Generales.....	5
3-Objetivos Específicos.....	5
4-Materiales y Métodos	5
4.1 –Descripción del lote.....	5
4.2 -Prácticas de Manejo y preparación del terreno.....	5
4.3 –Siembra.....	6
4.4 -Descripción del Material Vegetal.....	6
4.5 –Variables en Estudio.....	6
4.6 –Metodología a seguir dentro de cada Objetivo Específico y Variables en Estudio.....	7
4.6.1 –Objetivo Específico 1.....	7
4.6.2 –Objetivo Específico 2.....	7
4.6.3 –Objetivo Específico 3.....	7
4.6.4 –Objetivo Específico 4.....	7
4.6.5 –Objetivo Específico 5.....	8
4.7 –Diseño Experimental.....	8
4.8 –Análisis Estadístico.....	8
4.9 –Croquis del Ensayo.....	9
5-Disponibilidad hídrica de la Campaña	9
5.1. Condiciones hídricas durante la campaña 2018-2019.....	10
6-Resultados y Discusión de las Variables Ecofisiológicas.....	11
6.1. Análisis de la variable Densidad de Plantas.....	11
6.2. Análisis de la variable N° de Entre Nudos y Altura de Planta.....	12
6.2.1 Número de Entre nudos y Altura de Plantas, primera siembra.....	13
6.2.2 Número de Entre nudos y Altura de Plantas, segunda siembra.....	13
6.2.3 Número de Entre nudos y Altura de Plantas, ambas fechas de siembra.....	14
6.3. Análisis de la MV total para las 3 variedades de estudio y las dos fechas de siembra.....	15
6.3.1 Producción de materia verde total, en la primera fecha de siembra.....	15
6.3.2 Producción de materia verde total, en la segunda fecha de siembra.....	16
6.3.3 Producción de materia verde total vs fecha de siembra.....	16
6.3.4 Materia Verde Total para cada estadío evaluado, las tres variedades en la primera fecha de siembra.	17
6.3.5 Materia Verde Total para cada estadío evaluado, las tres variedades en la segunda fecha de siembra.....	18
6.4. Materia Verde total de Tallo para las tres variedades en estudio.....	19
6.4.1 Producción de MV de Tallo en la primera fecha de siembra.....	19
6.4.2 Producción de MV de Tallo para cada estadío evaluado, primera fecha.....	20
6.4.3 Producción de MV de Tallo en la segunda fecha de siembra.....	20
6.4.4 Producción de MV de Tallo para cada estadío evaluado, segunda fecha.....	21
6.4.5 Producción de MV de Tallo vs Fechas de siembra.....	21
6.5. Materia Seca total de Tallo para las tres variedades en estudio.....	23

6.5.1	Producción de MS total de tallo en las dos fechas de siembra.....	23
6.5.2	Producción de MS de tallo vs Fechas de Siembra.....	24
6.5.3	Porcentaje de MS de Tallo para los estadios fenológicos evaluados en la primer campaña.....	25
6.5.4	Porcentaje de MS de Tallo para los estadios fenológicos evaluados en la segunda campaña.....	26
6.5.5	Porcentaje de MS de tallo vs Fechas de Siembra.....	27
6.6.	Porcentaje de MV y MS de Tallos para cada estadio fenológico evaluado.....	28
6.6.1	Porcentaje de MV vs porcentaje de MS de tallo para cada estadio y variedad evaluada, en la primer fecha.....	28
6.6.2	Porcentaje de MV vs porcentaje de MS de tallo para cada estadio y variedad evaluada, en la segunda fecha.....	29
6.7.	Análisis del porcentaje de jugos en las tres variedades y los momentos fenológicos evaluados.....	29
6.7.1	Evolución del porcentaje de jugos en tallo para cada estadio en la primera campaña.....	30
6.7.2	Evolución del porcentaje de jugos en tallo para cada estadio en la segunda campaña.....	30
6.7.3	Porcentaje de Jugos en Tallo para las dos fechas de siembra analizadas y las tres variedades.....	31
6.8.	Análisis de los °Brix para cada muestreo en función de las 3 variedades en estudio.....	32
6.8.1	Dinámica de acumulación de azúcares en función de los muestreos fenológicos evaluados, en la primera campaña.....	33
6.8.2	Dinámica de acumulación de azúcares en función de los muestreos fenológicos evaluados, en la segunda campaña.....	34
6.8.3	Acumulación de °Brix promedio vs Fechas de siembra en las 3 variedades.....	36
7-	Interaccion entre variables Ecofisiológicas.....	37
7.1	Análisis del Porcentaje de Materia Seca vs Porcentaje de jugo y °Brix de tallo para cada muestreo en función de las 3 variedades en estudio.....	37
7.1.1	Materia Seca vs Proporción de jugos en tallo y °Brix para las fases fenológicas evaluadas, primera campaña.	37
7.1.2	Materia Seca vs Proporción de jugos en tallo y °Brix para las fases fenológicas evaluadas, segunda Campaña.....	39
7.2	Análisis de la “Materia Verde Total” vs “° Brix” para cada variedad en función de sus fases fenológicas.....	40
7.2.1	Comparativa de la MV Total vs °Brix en la primera fecha de siembra y las tres variedades de estudio.....	40
7.2.2	Comparativa de la MV Total vs °Brix en la segunda fecha de siembra y las tres variedades de estudio.....	41
8-	Resultados y Discusión de las Variables Industriales.....	42
8.1	Análisis de la Producción de Etanol para la primera fecha de siembra en función de las variedades y momentos de muestreos.....	42
8.1.1	Análisis del rendimiento de Etanol obtenido en la primera fecha de siembra en las tres variedades de estudio.....	43
8.1.2	Análisis del rendimiento de Etanol obtenido en la segunda fecha de siembra en las tres variedades de estudio.....	43

8.1.3	Análisis del rendimiento de Etanol obtenido en la segunda fecha de siembra para las tres variedades en estudio y los momentos de muestreos.....	44
8.1.4	Análisis del rendimiento de Etanol obtenido en la segunda fecha de siembra para las tres variedades en estudio y los momentos de muestreos.....	45
8.2	Análisis del “% de Alcohol” obtenido por fermentación en las tres variedades de estudio.....	46
8.2.1	Evolución del % de alcohol en los últimos dos momentos fenológicos para la primera fecha de siembra.....	47
8.2.2	Evolución del % de alcohol en los últimos dos momentos fenológicos para la segunda fecha de siembra.....	48
8.2.3	Porcentaje de alcohol promedio de los últimos dos momentos fenológicos para las dos fecha de siembra evaluada y las tres variedades en estudio.....	50
8.3	Análisis de las variables “% de Alcohol” vs “°Brix” obtenido por fermentación en las tres variedades de estudio.....	51
8.3.1	Comparación del % de alcohol vs °Brix en los últimos dos momentos fenológicos para la primera fecha de siembra.....	51
8.3.2	Comparación del % de alcohol vs °Brix en los últimos dos momentos fenológicos para la segunda fecha de siembra.....	52
8.4	Análisis de la materia verde de tallo como variable que predice la producción de etanol para las tres variedades en estudio.....	53
8.4.1	Rendimiento de etanol, estimado en función de la Materia Verde de Tallo como predictora, para la primera fecha de siembra.....	53
8.4.2	Rendimiento de etanol, estimado en función de la Materia Verde de Tallo como predictora, para la segunda fecha de siembra.....	55
9-	Conclusiones Generales.....	56
10-	Bibliografía.....	57

LISTADO DE FIGURAS

<u>Figura 1.1</u>	- Croquis del diseño experimental llevado a cabo en el Centro Operativo Experimental Tacuarendi, durante la campaña 2018/2019.....	9
<u>Figura 1.2</u>	- Condiciones hídricas imperantes para la campaña 2018/2019.....	10
<u>Figura 1.3-</u>	Densidad de plantas (Pl.ha-1) para las tres variedades en estudio, primera fecha de siembra.....	11
<u>Figura 1.4-</u>	Densidad de plantas (Pl.ha-1) para las tres variedades en estudio, segunda fecha de siembra.....	11
<u>Figura 1.5-</u>	Densidad de plantas para las tres variedades en estudio en las dos fechas de siembra.....	12
<u>Figura 1.6-</u>	Cantidad de entre nudos y altura de planta para cada variedad en estudio, primera fecha de siembra.....	13
<u>Figura 1.7-</u>	Cantidad de entre nudos y altura de planta para cada variedad en estudio, primera fecha de siembra.....	13

<u>Figura 1.8-</u> Número de entrenudos y altura promedio de plantas en las tres variedades de estudio y las dos fechas de siembras planteadas.....	14
<u>Figura 1.9-</u> Materia verde total (Tn.ha ⁻¹) para las tres variedades en estudio, primera fecha de siembra.....	15
<u>Figura 1.10-</u> Materia verde total (Tn.ha ⁻¹) para las tres variedades en estudio, segunda fecha de siembra.....	16
<u>Figura 1.11-</u> Materia verde total (Tn.ha ⁻¹) para las tres variedades en estudio y las dos fechas de siembra.....	16
<u>Figura 1.12-</u> Materia verde total Tn.ha ⁻¹ para las tres variedades de estudio, en los diferentes estadios fenológicos, primera fecha de siembra.....	17
<u>Figura 1.13-</u> Materia verde total Tn.ha ⁻¹ y °Brix para las tres variedades de estudio, en los diferentes estadios fenológicos, segunda fecha de siembra.....	18
<u>Figura 1.14-</u> Materia verde total de tallo (Tn.ha ⁻¹) para las tres variedades en estudio en la primera fecha de siembra.....	19
<u>Figura 1.15-</u> Comportamiento de la variable “MV de tallo” en cada variedad estudiada y sus respectivos momentos fenológicos, primera fecha de siembra.....	20
<u>Figura 1.16-</u> Materia verde total de tallo (Tn.ha ⁻¹) para las tres variedades en estudio en la segunda fecha de siembra.....	20
<u>Figura 1.17-</u> Comportamiento de la variable “MV de tallo” en cada variedad estudiada y sus respectivos momentos fenológicos, segunda fecha de siembra.....	21
<u>Figura 1.18-</u> Comparación de la Materia verde total de Tallo (Tn.ha ⁻¹) para las tres variedades de estudio en las dos fechas de siembra.....	22
<u>Figura 1.19-</u> Materia seca promedio de tallo en (g MS / tallo), para cada variedad en la primera fecha de siembra (N°1) y segunda fecha de siembra (N°2).....	23
<u>Figura 1.20-</u> Producción de Materia Seca promedio de tallo, comparando fechas de siembra, para las tres variedades de estudio.....	24
<u>Figura 1.21-</u> Evolución del % de materia seca para cada variedad en estudio en función de las 4 fases analizadas, en la primera fecha.....	25
<u>Figura 1.22-</u> Evolución del % de materia seca para cada variedad en estudio en función de las fases fenológicas analizadas, para la segunda fecha de siembra.....	26
<u>Figura 1.23-</u> Comparativa de la variable “Materia seca total de tallo” en las dos fechas de siembra para las variedades en estudio.....	27
<u>Figura 1.24-</u> Comparativa de las variables “Materia verde de tallo” vs “Materia Seca de tallo” en la primer fecha de siembra, para las variedades en estudio.....	28
<u>Figura 1.25-</u> Comparativa de las variables “Materia verde de tallo” vs “Materia Seca de tallo” en la segunda fecha de siembra para las variedades en estudio.....	29

<u>Figura 1.26-</u> Evaluación promedio para la variable “% de Jugos” en las tres variedades de estudio y sus respectivos estadíos, primera fecha de siembra.....	30
<u>Figura 1.27-</u> Evaluación promedio para la variable “% de Jugos” en las tres variedades de estudio y sus respectivos estadíos, segunda fecha de siembra.....	31
<u>Figura 1.28-</u> comparativa promedio en ambas fechas de siembra para la variable “% de Jugos” en las tres variedades de estudio.....	32
<u>Figura 1.29-</u> Análisis de varianza y promedio para la variable “°Brix” en las tres variedades de estudio y su correspondiente estadío fenológico, primera fecha de siembra.....	33
<u>Figura 1.30-</u> Comparativa promedio para la variable “°Brix” en las tres variedades de estudio y su correspondiente estadío fenológico, segunda fecha de siembra.....	34
<u>Figura 1.31-</u> comparativa promedio en las dos fechas de siembra, para las tres variedades en análisis.....	36
<u>Figura 1.32-</u> Evaluación de la variable “% de MS de tallo” vs “% de Jugos” y “°Brix” para las tres variedades de estudio en sus respectivos estadíos, primera fecha de siembra.....	37
<u>Figura 1.33-</u> Evaluación de la variable “% de MS de tallo” vs “% de Jugos” y “°Brix” para las tres variedades de estudio en sus respectivos estadíos, segunda fecha de siembra.....	39
<u>Figura 1.34-</u> Análisis de la Materia Verde Total comparado a los °Brix para cada Variedad en función de las fases fenológicas evaluadas, primera fecha.....	40
<u>Figura 1.35-</u> Análisis de la Materia Verde Total comparado a los °Brix para cada Variedad en función de las fases fenológicas evaluadas, segunda fecha.....	41
<u>Figura 1.36-</u> Análisis de la Producción de etanol en las tres variedades de estudio, primera fecha de siembra.....	43
<u>Figura 1.37-</u> Estimación promedio de la variable “Producción de Etanol” en las tres variedades de estudio y sus correspondientes momentos de muestreo, primera fecha.....	43-44
<u>Figura 1.38-</u> Producción de etanol comparando las tres variedades en la segunda fecha de siembra.....	44
<u>Figura 1.39-</u> Estimación promedio de la variable “Producción de Etanol” en las tres variedades de estudio y sus correspondientes momentos de muestreo, segunda fecha.....	45
<u>Figura 1.40-</u> Resultado promedio del % de alcohol destilado en los dos momentos fenológicos, las tres variedades en estudio en la primera fecha de siembra.....	47
<u>Figura 1.41-</u> Resultado promedio del % de alcohol destilado en los dos momentos fenológicos, las tres variedades en estudio en la segunda fecha de siembra.....	48
<u>Figura 1.42-</u> Porcentaje de alcohol promedio de los últimos dos momentos fenológicos comparando ambas fecha de siembra, para las tres variedades en estudio.....	50
<u>Figura 1.43-</u> Evolución promedio del % de Alcohol vs °Brix obtenido por fermentación en los momentos de MF y Post MF, para las 3 variedades, primera fecha de siembra.....	51

<u>Figura 1.44-</u> Evolución promedio del % de Alcohol vs °Brix obtenido por fermentación en los momentos de MF y Post MF, para las 3 variedades, segunda fecha de siembra.....	52
<u>Figura 1.45-</u> Análisis de la Variable “Rendimiento de Etanol” en función de la MV como predictor del rendimiento, en la primera fecha de siembra y los tres materiales evaluado.....	54
<u>Figura 1.46-</u> Análisis de la Variable “Rendimiento de Etanol” en función de la MV como predictor del rendimiento, en la segunda fecha de siembra y los tres materiales evaluados.....	55

LISTADO DE TABLAS

<u>Tabla 1.1-</u> Precipitación promedio mensual para la campaña 2018/2019.....	9
<u>Tabla 1.2-</u> Análisis de la varianza ($p>0.05$) para la variable MS de Tallo en la primera fecha de siembra y los tres genotipos evaluados.....	25
<u>Tabla 1.3-</u> Análisis de la varianza ($p>0.05$) para la variable MS de Tallo en la segunda fecha de siembra y los tres genotipos evaluados.....	26
<u>Tabla 1.4-</u> Análisis de la Varianza para la variable “°Brix” en las tres variedades de estudio y su correspondiente estadio fenológico, primera fecha de siembra.....	34
<u>Tabla 1.5-</u> Análisis de la Varianza para la variable “°Brix” en las tres variedades de estudio y su correspondiente estadio fenológico, segunda fecha de siembra.....	35
<u>Tabla 1.6-</u> Análisis de la varianza para la variable °Brix, en las dos fechas de siembra y las tres variedades en estudio.....	36
<u>Tabla 1.7-</u> Análisis de la varianza ($p>0.05$) de las variables % Materia Seca de tallo y % Jugos, para las 3 variedades de estudio en sus respectivos momentos de muestreos referidos a la primera fecha de siembra.....	38
<u>Tabla 1.8-</u> Análisis de la varianza ($p>0.05$) de las variables % Materia Seca de tallo y % Jugos, para las 3 variedades de estudio en sus respectivos momentos de muestreos, referidos a la segunda fecha de siembra.....	39
<u>Tabla 1.9-</u> Análisis de la varianza para la variable producción de alcohol por destilación, en las últimas dos fases fenológicas, para la primer fecha de siembra y las tres variedad de estudio...	48
<u>Tabla 1.10-</u> Análisis de la varianza para la variable producción de alcohol por destilación, en las últimas dos fases fenológicas, para la segunda fecha de siembra y las tres variedad de estudio.	49

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1

- Fotografías representativas de las parcelas y del proceso productivo del ensayo realizado. Centro Operativo Experimental Tacuarendí (C.O.E.T.). Santa Fe.....

Anexo 2

- Carta de suelo de la Serie “Semillero” por Espino y Seveso (1982).....

- Resultados químicos del análisis de Suelos del sitio Experimenta.....72

1.1- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El género *Sorghum* se caracteriza por ser un germoplasma muy diverso en términos de fenotipo y rasgos morfológicos. Muchos de éstos han sido seleccionados para dar los genotipos adecuados para grano y la producción de forraje, así como usos alternativos tales como energía, pulpa de papel, productos alimenticios, productos químicos de alta calidad y productos de construcción. (Duncan. *et al.*, 1991).

En la zona noreste de la Provincia de Santa Fe, frecuentemente, los productores destinan lotes de baja productividad a esta especie, aplicando prácticas de manejo de cultivo, muchas veces, inadecuadas e insuficientes, limitada en tecnologías aplicadas, entre las que se destaca una baja o nula fertilización. Bajo este contexto, es indispensable utilizar alternativas tecnológicas necesarias para incrementar la productividad sustentable en distintos ambientes. Para esto se deben considerar, además del objetivo productivo, los requerimientos ecofisiológicos del cultivo, la genética y el manejo, entre los que se incluye control de malezas, fechas y densidad de siembra, espaciamiento y fertilización. (Espíndola, C, M., *et al.*, 2017).

Es un cultivo que está adquiriendo importancia en la mayor parte de las zonas productivas del NEA, asociado a un buen plan de rotaciones, favorecido por la cantidad de rastrojo residual que deja en el campo, el que puede ser utilizado para pastoreo o como forraje diferido y su extendido sistema radicular que contribuye a la aireación y estructuración del suelo. Es conocido, también, su utilización bioenergética y en la alimentación de rumiantes, mediante genotipos de sorgos forrajeros, doble propósito y azucarados.

Es un cultivo muy versátil, responde muy bien en ambientes fértiles y húmedos, como en ambientes marginales con importantes limitantes edafoclimáticas y con mayor tolerancia a condiciones de elevada temperatura y sequía considerable. (Espíndola, C, M., *et al.*, 2017), Esto, sumado a la adaptación a diferentes condiciones de acidez o alcalinidad en el perfil hacen que sea muy útil en aquellas zonas con suelos de pH de 5.5 hasta 8.5, pudiendo ser útil en ambientes de pobre drenaje. (Giorda, L, M. y Cordes, Guillermo, G. 2010).

El cultivo también se caracteriza por su aporte de residuos con alta relación Carbono-Nitrógeno (C/N). Esta relación determina la tasa de descomposición, variable que incide directamente en el aporte a la humificación y posterior reposición de los niveles de diferentes componentes de la materia orgánica (MO) al suelo. La alta relación C/N de los

rastreros de gramíneas de invierno y de verano, determina una descomposición lenta y favorece la formación de MO estabilizada del suelo. (Carrasco, N., Zamora, M., 2011).

En la actualidad las empresas agroindustriales optan muchas veces por autoabastecerse energéticamente. De esta manera inclinan su decisión hacia cultivos de sorgo que tengan una gran capacidad de producción de biomasa, con elevado potencial para la producción de bioetanol y biocombustibles sólidos. El bagazo y los residuos de cosecha tienen valor bioenergético, utilizable para la producción de electricidad y de vapor; y por medio de procesos de destilación de sus jugos (similar al de caña de azúcar), son considerados alcoholeros. Los sorgos azucarados y la caña de azúcar son cultivos energéticos complementarios y de bajo impacto ambiental, que permiten optimizar bienes energéticos a través de su integración. (Romero, *et al.*, 2012).

Según el tipo de sorgo, se puede obtener bioetanol y biogás, esto correlacionado al proceso de conversión energético aplicado. Así mismo, según la cadena de procesos utilizado, puede obtenerse una producción combinada de bioetanol y biogás, con residuos (subproductos), que pueden reutilizarse para energía o eventualmente como fertilizantes (Digestato). Para cada tipo de proceso y producto, se requiere un ideotipo de sorgo que responda a las características agroindustriales requeridas. Como así también el manejo específico según ambiente para la optimización del cultivo y sustentabilidad del sistema. (Giorda, L.M. 2018).

Estos genotipos tienen muy buena productividad en ambientes donde las precipitaciones son escasas. Requieren alrededor de la mitad de agua útil comparada con Maíz y aproximadamente 1/3 del agua utilizada por el cultivo de Caña de azúcar, dos cultivos muy utilizados con este propósito. (Giorda, L. M., Ortiz, D. y Donato, L.B.2012). El sorgo posee un ciclo de producción corto, 3-4 meses aproximadamente, su fisiología y anatomía foliar responden a una planta C4 de días cortos (Giorda *et al.*, 2017). Es una especie de alta eficiencia fotosintética ya que con bajos requerimientos de energía solar captada produce elevada cantidad de carbohidratos y biomasa (g de biomasa/ MJ captado), esencialmente porque tiene un punto de compensación de CO₂ más bajo, un punto de saturación de luz más alto y una foto-respiración débil, y por lo tanto tiene un rendimiento biológico más alto (Romero, *et al.*, 2010).

La temperatura, radiación y disponibilidad de agua son los principales factores que regulan el crecimiento en sorgo. La generación de biomasa está directamente relacionada con la radiación solar que incide durante el ciclo del cultivo, la capacidad de éste de captar esa radiación y la eficiencia con que el sorgo la transforma en biomasa. A su vez, la

temperatura afecta a la velocidad con que se desarrolla el cultivo; logrando en general mayor precocidad cuando más altas son las temperaturas. La disponibilidad de agua y su distribución afectan el crecimiento total y el rendimiento en granos. (Giorda, L.M. 2018).

Los cultivares de sorgo azucarados de diferentes países se caracterizan por plantas de gran altura (>3m), alto contenido de azúcar en tallo y lignina, y baja producción de grano. La característica del tamaño de panoja está asociada al contenido de azúcar en tallo, existiendo una correlación negativa entre contenido de azúcar (°Brix) y peso del grano; consecuentemente se selecciona estos tipos azucarados de bajo rendimiento de grano. (Giorda, L. M. y Cordes, Guillermo, G. 2010).

Por su gran potencial energético, puede ser utilizado como una alternativa complementaria en la producción de bioetanol en la industria sucro-alcoholera de la caña de azúcar, permitiendo ampliar así el abastecimiento de materia prima en los meses previos a la zafra (Romero, *et al.*, 2010). Al tener tallos ricos en azúcares de fácil fermentación, los sorgos, son la base del sustento energético de muchos países productores y consumidores activos de bioenergía. Estos azúcares son resultado de la activa fotosíntesis que realizan los vegetales, proceso biológico en el cual se obtiene glucosa como material primario. (F.A.O. 1994).

Según Rey, J y Torrecillas, M. (2015) el bioetanol, en Argentina, es utilizado principalmente como producto sustitutivo de la nafta, mezclado con ésta en distintas proporciones o como aditivo de la misma a través de su transformación a Etil Ter-Butil Éter (ETBE). La producción se realiza por tres métodos o vías posibles, la más interesante a tratar es la que surge directamente de la biomasa azucarada, la cual involucra productos agrícolas ricos en azúcares con posterior fermentación alcohólica, una bio-reacción en plena ausencia de aire, que permite transformar azúcares en alcohol y dióxido de carbono. Los responsables de este proceso son hongos de tipo levaduras, cepas de *Sacharomyces cerevisiae*.

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es uno de los microorganismos eucarióticos más estudiados ya que su uso a nivel industrial es muy variado, no sólo a nivel de producción de etanol y CO₂ sino de otros compuestos volátiles y no volátiles. (Calderón, 2007)

La producción de bioenergía de origen vegetal es principalmente obtenida a partir de Caña de azúcar, Maíz y Sorgo, estos cultivos se caracterizan por poseer azúcares fácilmente convertibles y fermentables. El etanol del jugo de tallos azucarados de sorgo, produce aproximadamente 8 unidades de energía por cada unidad de energía usada en su

producción (Giorda, L, M. y Cordes, Guillermo, G. 2010), quizás algo menor al obtenido en caña de azúcar, sin embargo, no deja de ser una alternativa interesante en regiones donde tal vez, por factores evolutivos o antrópicos, los suelos son poco aptos para cultivos altamente demandantes en propiedades físico-química.

Según informes realizados por Giorda, (2018) la fecha de siembra varía con la latitud, condicionada por la temperatura del suelo y la humedad. Fechas de siembra muy tempranas (menos de 16 ° C en el suelo) suelen producir emergencias no uniformes con bajo stand de plantas. La temperatura basal del sorgo se considera 10° y según genotipos germina a 10-12 ° C, con temperatura óptima para un buen crecimiento es superior a los 21 ° C. (Giorda, L.M. 2018).

Resultados de ensayos realizados en la localidad de Reconquista indican que el promedio obtenido de sólidos disueltos en jugos fue de 18,68 °Brix, a partir del cual se obtuvo en promedio 2474,60 l.ha⁻¹ de etanol, con un porcentaje de extracción del 41%. (Ortiz, D., *at al.*, 2012).

Según Khalil, S, RA y colaboradores, 2015, mencionan que el sorgo azucarado es un cultivo se caracteriza por un alto rendimiento de biomasa y rico en carbohidratos. Al extraer del tallo del sorgo dulce, similar a la caña de azúcar, se está liberando jugo dulce con altos niveles de azúcar (12–20%) compuesto principalmente de sacarosa, glucosa y fructosa, buenos sustratos para la fermentación en etanol, y deja biomasa lignocelulósica, el bagazo. Por otro lado, Ekefre, D, E *et al* 2017, citan que los rendimientos de sorgo dulce varían de 32 a 112 Mg.ha⁻¹ (biomasa fresca) y de 15 a 25 Mg.ha⁻¹ (biomasa seca), según el cultivo, el clima, la ubicación y las prácticas de producción. Conjuntamente enuncian que tiene el potencial de producir hasta 8000 L ha⁻¹ de etanol aproximadamente.

El sorgo azucarado indudablemente es una materia prima óptima para producir bioetanol, a partir de la fermentación del jugo y además, puede suministrar como sub producto fibroso, el bagazo y los residuos de cosecha, útiles para su empleo directo como biocombustibles sólidos y para la cogeneración de electricidad (Romero et al 2012).

2- OBJETIVO GENERAL

Determinar el momento óptimo de corte de tres variedades de sorgos azucarados (*sorghum saccharatum*) con fines bioenergéticos, a partir de variables ecofisiológicas, en dos fechas de siembra, en condiciones ambientales del norte santafesino.

3- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la acumulación de materia seca de tallo en floración y en las 3 fases de llenado de grano (grano lechoso, pastoso y duro).
2. Determinar la producción de jugo azucarado en relación al contenido de materia seca, en los cuatro momentos de corte.
3. Determinar la variación en la concentración de los sólidos disueltos en jugos de tallos, en función al estado fenológico.
4. Estimar el rendimiento final de etanol en los tres genotipos de sorgo dulce, en las dos fechas de siembra.
5. Definir para cada cultivar y fecha de siembra, el momento óptimo de corte a partir de los indicadores ecofisiológicos analizados.

4-MATERIALES Y MÉTODOS

4.1- Descripción del lote:

El ensayo se realizó en las instalaciones del Centro Operativo Experimental Tacuarendí, ubicado en el extremo noreste del Departamento General Obligado, en zona rural de la localidad de Tacuarendí.

En los suelos de la experimental, predomina la serie Semillero, ubicada en ambientes de relieve ondulado a plano. En superficie, presenta un horizonte A₁ de 15cm de espesor, de color pardo grisáceo en seco, textura franco a franco-limoso con estructura granular fina débil y escasa proporción de materia orgánica. Continúa un horizonte B₁ de 8cm, pardo grisáceo oscuro (seco), textura franco-arcillosa, estructurado en bloques angulares y sub angulares moderados, generalmente poseen cutanes de materia orgánica y finos moteados de Fe-Mn. De los 23 a 42cm de profundidad prosigue el horizonte B₂ franco-arcilloso muy pesado. (Espino Luis M., Seveso Miguel A., 1982).

4.2- Práctica de manejo y preparación del terreno:

La preparación del suelo fue de modo convencional, consistió en una pasada de rastra de disco para trozar y mezclar el rastrojo, luego una labranza vertical con un arado cincel

y posteriormente una pasada de cultivador de campo para eliminar terrones que pudiesen quedar, emparejando el terreno y preparando de la mejor manera la cama de siembra, dando de esta forma las condiciones óptimas al suelo para un correcto contacto semilla-suelo, para que la germinación y emergencia sea rápida y uniforme.

4.3- Siembra

Se establecieron dos fechas de siembra, una siembra temprana, realizado el 07/11/2018 y una siembra tardía, realizado el 24/01/2019. La metodología de siembra fue mecánica, con una sembradora tipo directa marca Giorgi de 9 surcos, distanciados a 0,52 m.

Desde la EEA-INTA Manfredi proveyeron la semilla necesaria para la siembra, se depositaron aproximadamente 14 semillas por metro, con una eficiencia en la emergencia, del 70% (eficiencia promedio para siembra convencional) se logró un stand de 7 plantas/m lineal. De los 9 líneas de cada unidad experimental se tomaron 2m de un lineo representativo para efectuar las determinaciones propuestas en los objetivos.

4.4- Descripción del Material Vegetal:

Los materiales a evaluar son genotipos desarrollados por medio de un programa de mejoramiento genético en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) I.N.T.A Manfredi. Estas nuevas Variedades experimentales son: Azucarado 10-3358, Azucarado 10-3385 y Azucarado 15-1527.

4.5- Variables en estudio:

4.5.1-Componentes del rendimiento: En cada parcela durante la fase de floración, y las tres fases de llenado de grano (lechoso, pastoso y duro) se determinó:

4.5.2-Número de plantas por metro lineal.

4.5.3-Altura promedio de planta, tomada desde la base del tallo hasta la última hoja completamente expandida (con lígula visible).

4.5.4- Numero de entrenudos del tallo.

4.5.5- Mat. Verde y Seca ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), para esto se pesaron plantas y tallos, recolectados de cada muestra de 1 metro lineal y se llevó a valor hectárea, de esta forma se obtuvo los litros de jugo por ha.

4.5.6-Sólidos disueltos en jugos.

4.5.7-Rendimiento de Etanol en $\text{l} \cdot \text{ha}^{-1}$.

4.6- Metodología a seguir dentro de cada objetivo específico y variables en estudio.

4.6.1- OE 1.

Ya con las muestras de sorgo en el laboratorio, se pesaron utilizando una balanza de mesa Systel croma (precisión 1g), las plantas obtenidas por metro lineal. Luego se seleccionó 3 plantas representativas y se obtuvo el peso de las mismas. Seguidamente se escogió una planta y se determinó:

- Estado fenológico.
- Altura de planta, con una cinta métrica de mano.
- Peso verde de tallo, por medio de una balanza de precisión Ohaustraveler (precisión 0.01g)
- Peso seco de tallo. Las muestras se llevaron a estufa hasta peso constante y luego se determinó el peso para obtener el peso seco de la muestra. Entonces se obtuvo el porcentaje de materia seca particionada mediante el cálculo $[(PS/PV) \times 100] = \%MS$.

4.6.2- OE 2

Se realizó una estimación de los litros de jugos extraíbles de tallos de sorgos azucarados mediante la diferencia entre el peso fresco promedio de tallos y el peso seco de los mismos, dando por resultado el potencial de jugos a extraer.

Una vez obtenido el % MS, se asume que el porcentaje restante es atribuible al potencial de jugos extraíbles. Para el cálculo sería: $100 - \%MS = \% \text{ Jugos potencial}$

4.6.3- OE 3.

Se determinó el contenido de sólidos disueltos en grados Brix ($^{\circ}\text{Brix}$), esta escala se la determina mediante un refractómetro, instrumento destinado a medir el índice de refracción de un material. El procedimiento fue: se tomó un entrenudo basal (el tercer entrenudo desde la base de la planta), uno medio y un entrenudo apical (el tercer entrenudo desde el ápice de la planta) y se realizó las lecturas de $^{\circ}\text{Brix}$, exprimiendo el jugo de los tallos directamente sobre el lente de un refractómetro de mano MASTER automatic marca ATAGO U.S.A. De las tres lecturas se tomó un promedio, de esta manera, se determinó concentración y distribución de azúcares en el tallo en los cuatro momentos de corte preestablecidos.

4.6.4- OE 4.

Para la determinación del rendimiento de etanol $l.ha^{-1}$ se realizó la fermentación de los jugos de sorgos utilizando el inóculo de levadura *Sacharomyces cerevisiae*. Posteriormente, se realizó la destilación de los jugos fermentados con el fin de determinar de manera volumétrica la cantidad de alcohol producido. La fermentación y destilación se llevó a cabo en el laboratorio de la Escuela de la Familia Agrícola, E.F.A. de Villa Ocampo, Santa Fe.

Además, se utilizó un instrumento de precisión (Densímetro Anton paar DMA 1001) el cual determina de manera automática el porcentaje de alcohol y lo corrige a 20° Celsius, temperatura estándar de medición, realizado en el laboratorio de la empresa Bioenergías Agropecuarias S.A.

4.6.5- OE 5.

Para determinar el momento óptimo de corte de los materiales evaluados en cada fecha de siembra, se analizaron los datos obtenidos, los cuales son fuente de análisis para poder definir el momento óptimo de corte, con ayuda del software estadístico InfoStat, realizando las comparaciones pertinentes entre variables.

4.7- Diseño Experimental:

En el desarrollo de este ensayo se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA). El diseño experimental (Fig. 1.1) estará representado por cuatro bloques, situados en el predio al azar, por la cual, cada bloque es una repetición. La unidad experimental fue representada por parcelas de 9 líneas de ancho, a una distancia de 0,52 m por 20 metros de largo, representando una superficie total de 83,2 m², por cada unidad experimental.

Los tratamientos evaluados fueron, tres variedades de sorgo azucarado y cada tratamiento tendrá 4 repeticiones, por cada bloque y fecha de siembra.

4.8- Análisis estadístico:

Los resultados obtenidos del ensayo fueron analizados mediante un ANOVA, y los promedios computados se cotejaron con un test pos Anova mediante la prueba de Duncan al 5%. Para todo el análisis estadístico se utilizó el software InfoStat.

4.9- Croquis del ensayo:

		ancho 1 pix- 1m				ancho 1 pix- 1m				ancho 1 pix- 1m				ancho 1 pix- 1m		
Alto 1 m - 10 pix	2° fecha de siembra	B	C	A	1° fecha de siembra	B	A	C	2° fecha de siembra	A	B	C	2° fecha de siembra	B	A	C
Alto 1 m - 10 pix	1° fecha de siembra	C	B	A	2° fecha de siembra	C	B	A	1° fecha de siembra	B	A	C	1° fecha de siembra	C	B	A
		bloque 2 (REP 2)				bloque 1 (REP 1)				bloque 3 (REP 3)				bloque 4 (REP 4)		
1° Fecha de Siembra: 07/11/2018 2° Fecha de Siembra: 24/01/2019									Variedad A: Az 10-3385 Variedad B: Az 15-1527 Variedad C: Az 10-3358							

Figura N° 1.1: Croquis del diseño experimental llevado a cabo en el Centro Operativo Experimental Tacuarendi, durante la campaña 2018/2019.

5- Disponibilidad hídrica durante la campaña 2018/19.

Tabla N° 1.1: Precipitación promedio mensual para la campaña 2018/2019

Registro de precipitaciones		
Meses	Precipitación media Histórica (mm)	Precipitación campaña 18/19 (mm)
Septiembre-18	74,0	68,2
Octubre-18	145,6	87,2
Noviembre-18	150,6	232,2
Diciembre-18	151,4	345,2
Enero-19	159,0	282,8
Febrero-19	166,1	81,2
Marzo-19	159,4	93,8
Abril-19	184,7	128,2
Mayo-19	81,2	207,8
Junio-19	50,8	19
Julio-19	35,4	44,8
Agosto-19	50,0	3,6

5.1-Condicionés hídrícas durante la campaña 2018-2019.

Para el cálculo del balance hídríco se realizó una estimación de la demanda hídríca del cultivo con el método recomendado por FAO, para el mismo se tomó la Evapotranspiración de referencia (ET_o), cuyos datos fueron provisto por la estación meteorológica del Centro Operativo Experimental Tacuarendí y, a los cuales, se los multiplicó por el Coeficiente del cultivo de sorgo dulce (K_c). Los valores de este coeficiente, correspondientes a cada etapa fisiológica del cultivo fueron los aportados por Rodríguez *et al*, 2017, obteniéndose así la Evapotranspiración del cultivo (ET_c). La ecuación estaría definida por la siguiente expresión $ET_c = ET_o \cdot K_c$.

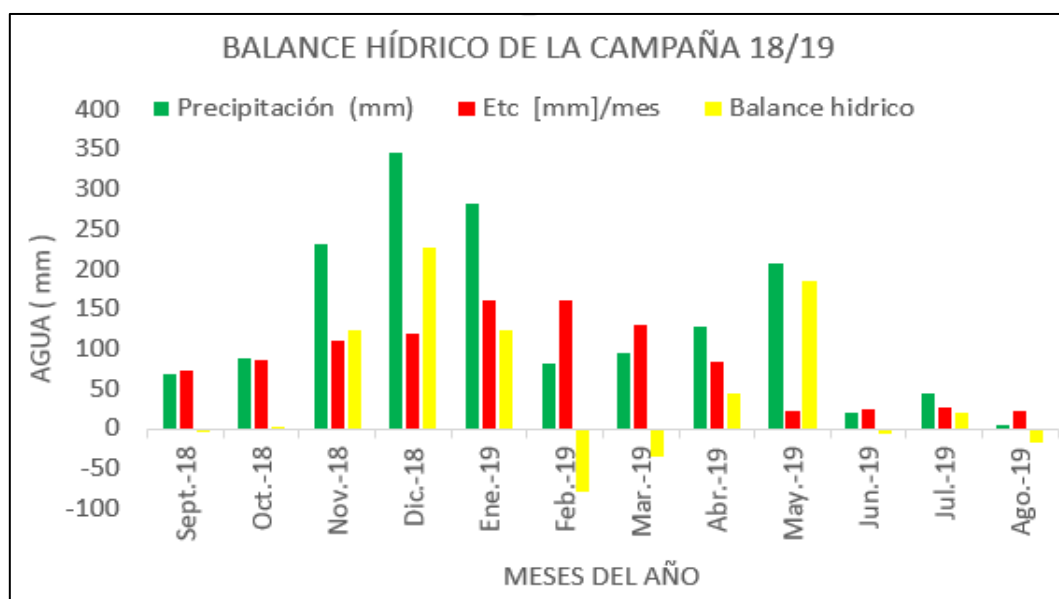


Figura N° 1.2: Condiciones hídrícas imperantes para la campaña 2018/2019

Como se puede observar en la figura N° 1.2, durante los meses de octubre-18 a enero-19 el balance hídríco fue positivo, en los cuales la oferta hídríca superó al doble a la demanda, tendencia que se vio más marcada en el trimestre nov-dic-ene. Luego, para los meses de febrero y marzo, se registró un déficit hídríco por lo cual se asume que el cultivo de segunda, sufrió estrés hídríco. Posteriormente, corresponde notar que en el mes de junio nuevamente se observa que hay déficit, a sabiendas de que el cultivo estuvo, en esos momentos, en fases de post madurez.

6- Resultados y Discusión de las Variables Ecofisiológicas.

Este apartado tiene por finalidad realizar el análisis e interpretación de los resultados obtenidos para las variables ecofisiológicas evaluadas, de esta forma ir avanzando desde lo general a lo particular. Con todo esto, poder discutir lo obtenido y generar un análisis detallado de cada variable en cuestión.

6.1- Análisis de la variable “densidad de plantas”

El análisis de la densidad (ρ) de plantas por hectárea de los materiales en estudio, no fue una variable programada en este trabajo, por efecto de lluvias, se logró una densidad desuniforme en el lineo, por lo tanto se analizó esta variación a los fines de definir su relación con las otras variables en estudio.

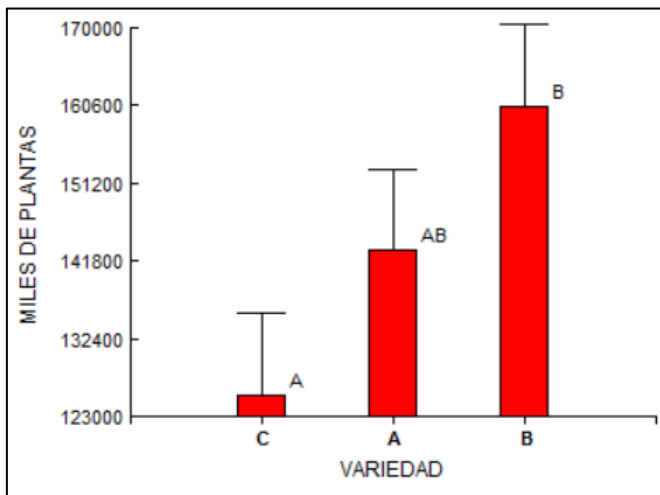


Figura N° 1.3: Densidad de plantas (Pl.ha⁻¹) para las tres variedades en estudio, primera fecha de siembra.

(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Se puede observar que la Variedades C con ρ 125.595 pl.ha⁻¹ y B ρ 160.450 pl.ha⁻¹ difieren entre si significativamente, pero no se diferenciaron estadísticamente de la variedad A ρ 143.023 pl.ha⁻¹.

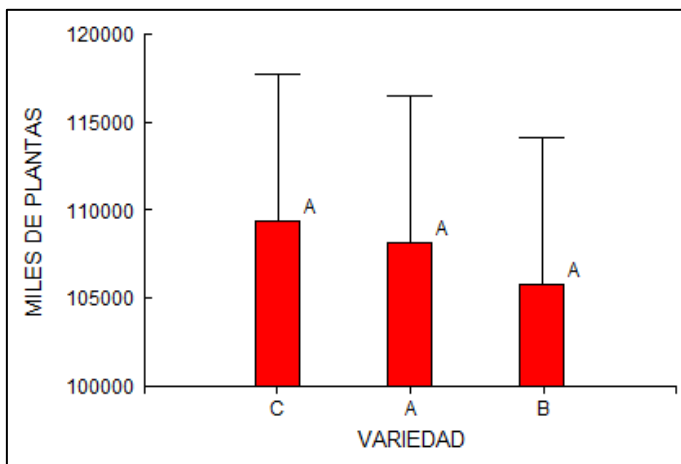
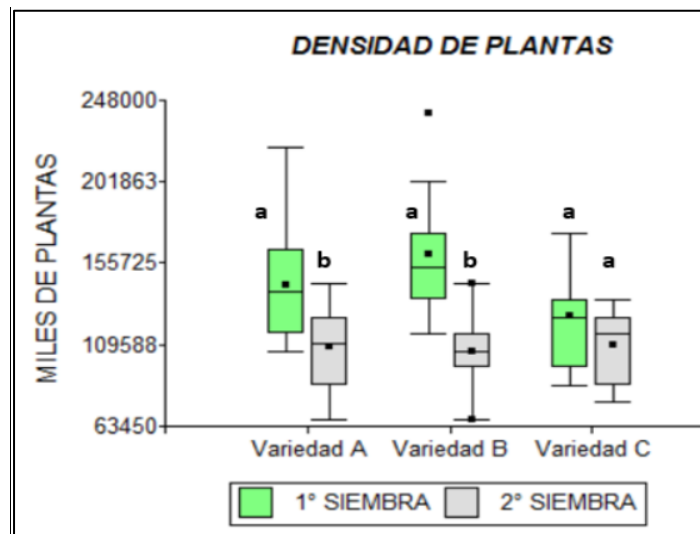


Figura N° 1.4: Densidad de plantas (Pl.ha⁻¹) para las tres variedades en estudio, segunda fecha de siembra.

(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En cuanto fecha de siembra tardía, realizada en enero, se puede observar en la figura n° 1.4 que no hubo diferencias significativas para la Variable “Densidad” entre las variedades, los tres genotipos tuvieron una ρ 109.000 pl.ha⁻¹ a ρ 110.000 pl.ha⁻¹.

Densidades comparables, aunque en otras variedades, utilizaron Daniel E., *et al* 2017, en ensayos realizados en Estados Unidos, cuyas densidades fueron de 149.000 a 188.000 Pl.ha⁻¹, muy similar a las utilizadas en el presente ensayo para la primera fecha de siembra, no así en la segunda fecha, que fueron inferiores.



(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura N° 1.5 Densidad de plantas para las tres variedades en estudio en las dos fechas de siembra.

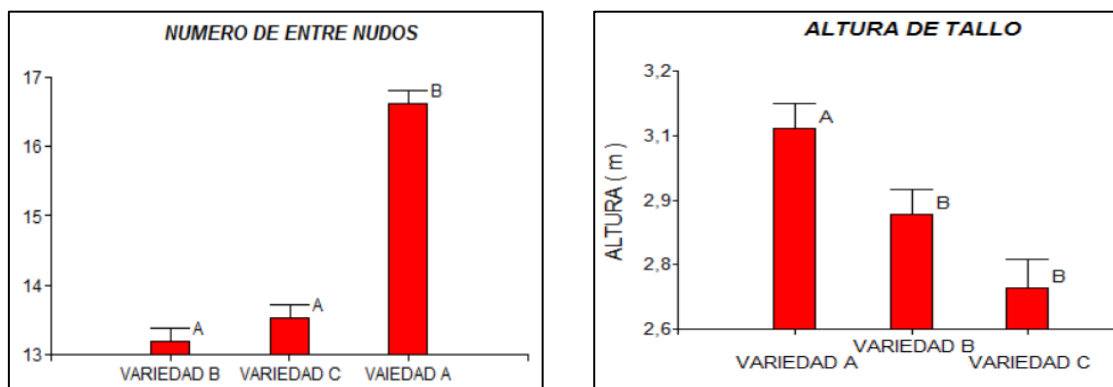
Se puede observar que para la variedad A y B, ambas fechas de siembra arrojaron diferencias significativas. En cuanto a la variedad C no se evidencia diferencias entre fechas de siembra.

Se puede mencionar que las diferencias en implantación del cultivo se deben principalmente a las abundantes precipitaciones durante el mes de enero (figura 1.2). Además, dicho motivo ocasionó una demora en la fecha de siembra, corriéndose de la fecha óptima.

6.2- Análisis de la variable “N° de entre nudos” y “Altura de planta” en función de las 3 variedades en estudio.

El presente análisis tiene por finalidad indagar cómo fue el comportamiento de las variedades evaluadas en relación al número de entre nudos y la altura de tallo, ya que se ve influenciados por la cantidad de plantas en el metro lineal.

6.2.1-N° de entre nudos y altura de planta en las 3 variedades de estudio, primera fecha de siembra.



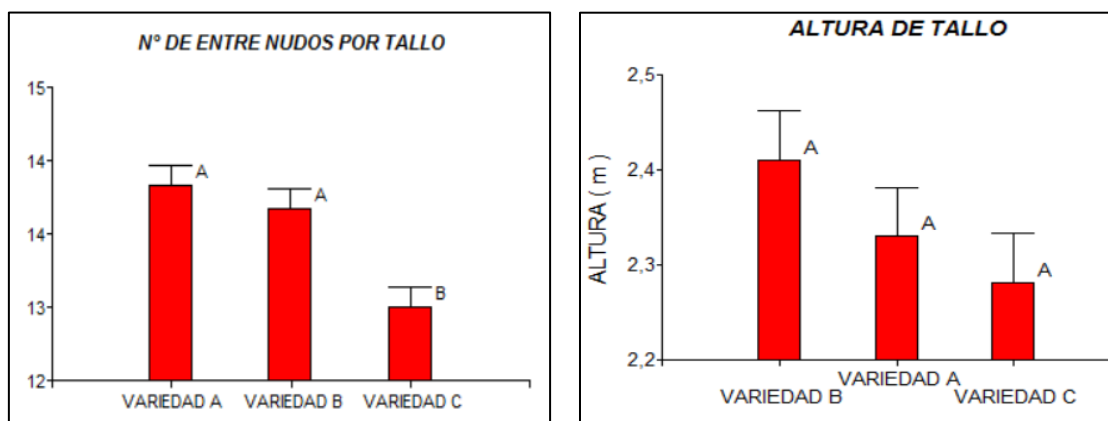
(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura 1.6 Cantidad de entre nudos y altura de planta para cada variedad en estudio, primera fecha de siembra.

Es notable que para las variables “N° de entre nudos” la Variedad A es precisamente la que se diferencia significativamente de las demás.

En la localidad de Reconquista, ensayos llevados a cabo por Ortiz y colaboradores, 2012., concluyen que, de los seis materiales evaluados, la altura promedio de tallo fue de 2,36 m, por lo tanto, este valor representa 0,54m menos que lo obtenido en la localidad de Tacuarendí.

6.2.2-N° de entre nudos y altura de planta en las 3 variedades de estudio, segunda fecha de siembra.



(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

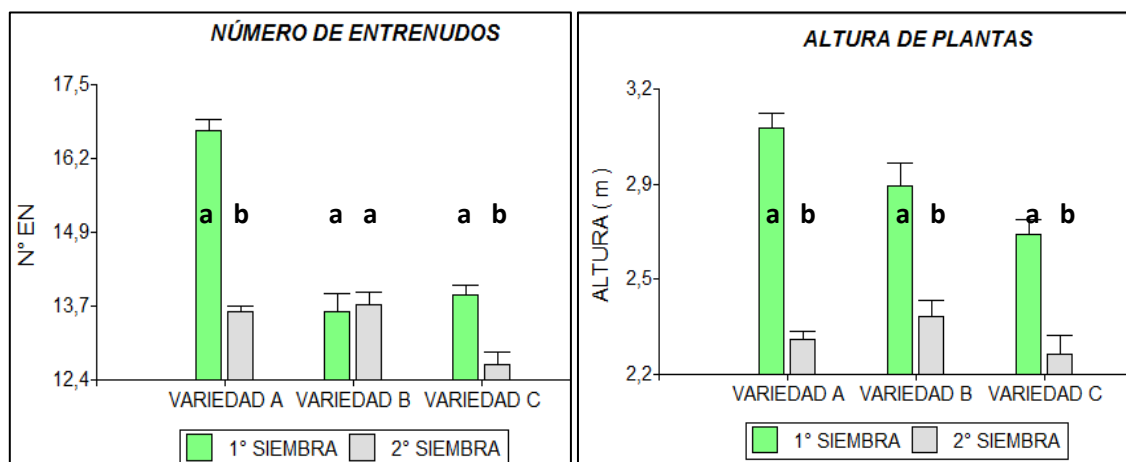
Figura 1.7 Cantidad de entre nudos y altura de planta para cada variedad en estudio, primera fecha de siembra.

A la hora de analizar la variable “N° de entre nudos” observamos que las variedades A y B, se diferenciaron significativamente de la variedad C.

Comparando ambas fechas de siembra se afirma que, en la variedad A, en la primera fecha, la producción de entre nudos (EN) fue mayor (16,7^a EN) que en la segunda fecha (13,6^b EN), esta diferencia fue estadísticamente significativa ($p > 0,05$). En la Variedad C, la segunda fecha obtuvo 1 entre nudo menos, con diferencias significativas. En cuanto a la Variedad B, no se registran diferencias significativas en ambas fechas de siembra.

Según lo mencionado por (Ortiz, *et al* 2012) se observa que no existe diferencia significativas para la variable altura entre los cultivares evaluados. Para el ensayo actual, se ve reflejado lo dicho en la segunda fecha de siembra. En cuanto a la primera fecha, figura 1.6, se refleja para la variedad B y C, no así en la variedad A.

6.2.3- Número de entrenudos y altura promedio de plantas en las tres variedades de estudio y las dos fechas de siembras planteadas.



(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura 1.8 Número de entrenudos y altura promedio de plantas en las tres variedades de estudio y las dos fechas de siembras planteadas.

Como se puede observar existe diferencias significativas en la variedad A y C, para la variable número de entre nudos, entre fechas de siembra, En cuanto a la variable altura de planta, en todas las variedades se observan diferencias significativas. (Fig 1.8), el Material A manifestó una gran diferencia entre fechas de siembra, para las dos variables en estudio, (ANAVA [anexo-3](#)) mientras que el B, tuvo una longitud de entrenudos mayor

en la primer fecha de siembra que en la 2da, ya que el número de entrenudos fue similar en ambas fechas.

6.3- Análisis de la variable “Materia Verde total” para las 3 variedades de estudio y las dos fechas de siembra.

Siguiendo la metodología propuesta en el objetivo específico N°1, se realizó el peso de tres plantas cuyos valores, permiten realizar una comparación entre materiales y fechas de siembra.

Además, se realizó un análisis exhaustivo para cada fase fenológica, que tuvo por finalidad realizar una curva de producción de materia verde total, observando las variaciones entre fases y fechas de siembra en cada material evaluado.

6.3.1- Producción de materia verde total para las tres variedades de estudio en la primera fecha de siembra

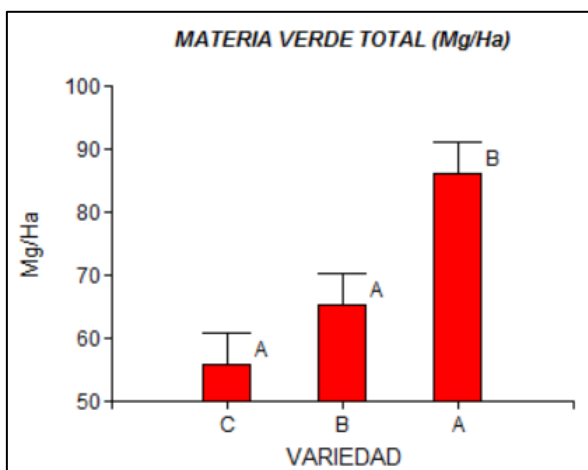


Figura N° 1.9: Materia verde total ($Tn.ha^{-1}$) para las tres variedades en estudio, primera fecha de siembra.

(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En la figura N° 1.9, el material A, con 86 tn.ha^{-1} se diferenció significativamente del resto. Superando al material B y al C en 20 y 30 tn.ha^{-1} respectivamente.

Estos resultados son inferiores a lo obtenido por Maurílio y colaboradores, 2019, en Brasil, en la cual evaluaron dos híbridos azucarados para bioenergía, obtuvieron de 115 a 121 y de 96 a 105 $Tn.ha^{-1}$ de MV, evaluados a los 120 y 150 días después de la siembra, respectivamente. Además, evaluaron la producción a los 180 días, cuyos valores fueron de 74 a 91 $Tn.ha^{-1}$ de MV, producción similar, a los obtenidos en el presente ensayo para la Variedad A.

6.3.2- Producción de materia verde total para las tres variedades de estudio en la segunda fecha de siembra.

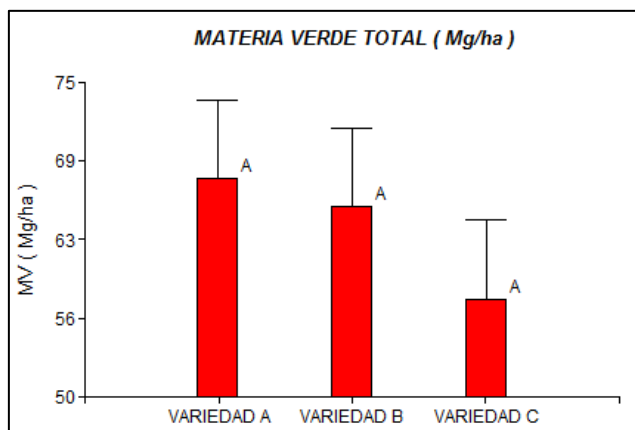


Figura N° 1.10: Materia verde total (Tn.ha⁻¹) para las tres variedades en estudio, segunda fecha de siembra.

(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

La figura n° 1.10 refleja que entre variedades no hubo diferencias estadísticas significativas en la producción de MV. En este sentido, cabe destacar que la variedad A con 67,32 tn.ha⁻¹ fue la de mayor producción, la variedad B 65,14 tn.ha⁻¹, y la variedad C, la de menor producción con 57,76 tn.ha⁻¹.

6.3.3-Comparación de la variable Materia verde total vs Fechas de siembra, para las tres variedades analizadas.

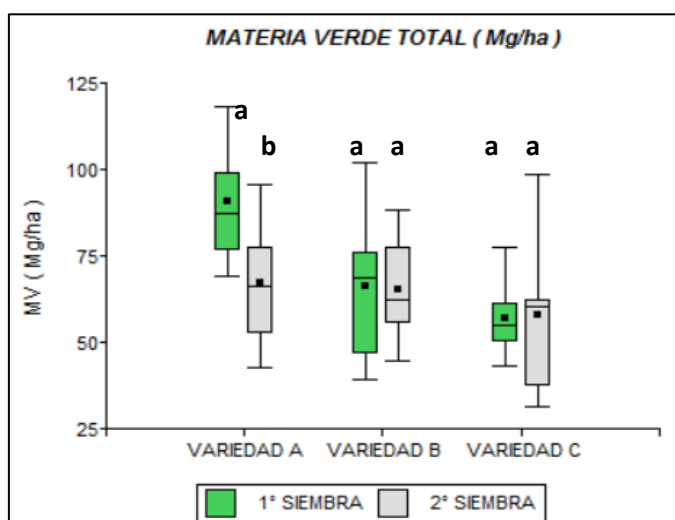


Figura N° 1.11: Materia verde total (Tn.ha⁻¹) para las tres variedades en estudio y las dos fechas de siembra.

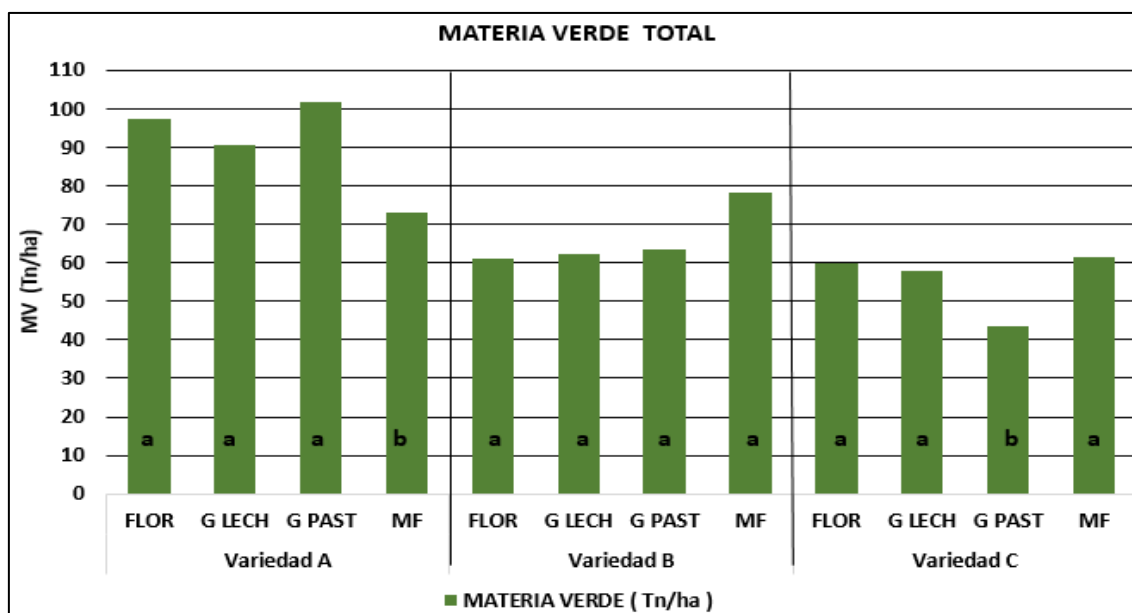
El efecto de la fecha de siembra en el cultivo de sorgo azucarado, sumado a la interacción genotipo y ambiente, pueden tener un importante impacto sobre la producción total de materia verde y este sobre la producción de alcohol.

Este efecto fue evidente en la variedad A, no así en las demás, ya que no presentan diferencias significativas estadísticas en las fechas de siembra.

Por lo tanto, para la segunda fecha de siembra no se registraron diferencias significativas entre los distintos materiales, se observa que se mantiene la misma tendencia obtenida en la primera, respecto a la materia verde total.

De este modo, la variedad A fue la que registró mayor tonelaje, expresando su potencial de crecimiento en la primera fecha de siembra, ya que produjo plantas más grandes, de mayor altura y número de entrenudos, por otro lado, la variedad C fue la de menor producción, en las dos campañas. Resultados similares obtenidos por Fassio, A. y colaboradores, 2007, determinaron que en siembras tempranas se maximiza la producción por un efecto de aprovechamiento del ciclo.

6.3.4-Análisis de la variable “Materia Verde total” en cada estadio evaluado, para las tres variedades de estudio, en la primera fecha de siembra.



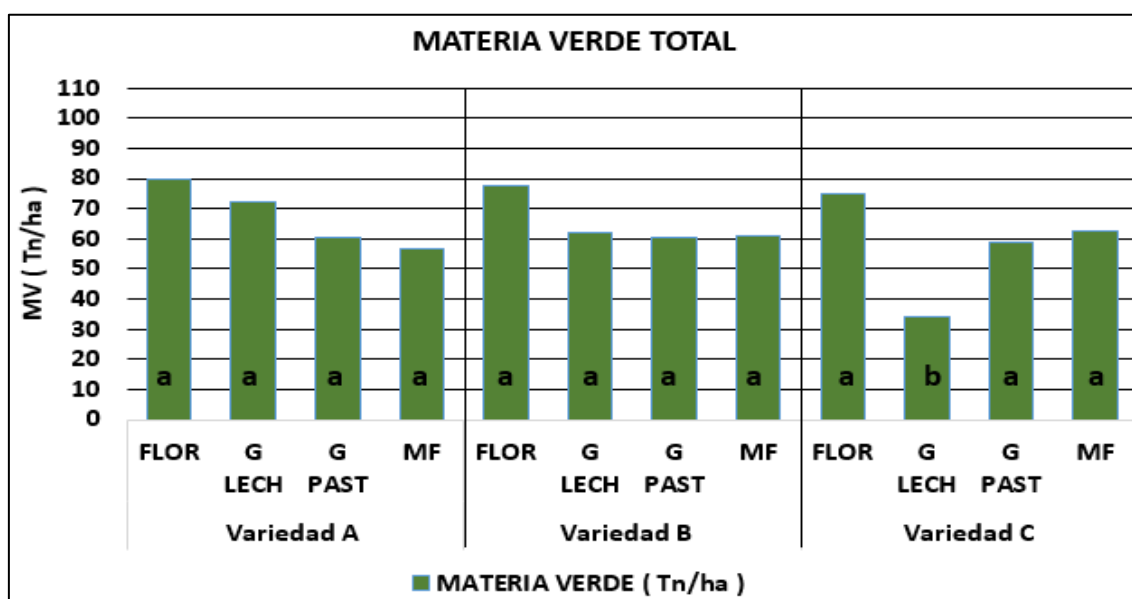
(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura 1.12. Materia verde total $Tn.ha^{-1}$ para las tres variedades de estudio, en los diferentes estadios fenológicos, primera fecha de siembra.

La variedad A fue la que mayor biomasa aérea total produjo, también la que tuvo mayor variación de materia verde en su crecimiento y desarrollo. Se puede observar que en el estado de MF hay significativa diferencia respecto a los anteriores muestreos. El mismo expresa un rendimiento 16% menor que el promedio de los muestreos, en cambio, los 3 primeros no se consideran estadísticamente diferentes y todos tienen valores superiores a la media.

Respecto a la Variedad B, se puede decir que es una variedad que aumentó la materia verde en el transcurso de su crecimiento pero no se observan diferencias estadísticas significativas entre las fases. En el estadio de grano lechoso, la Variedad C denota una disminución significativa de materia verde del 23,5 % respecto al promedio de las fases, en los demás estadios no hubo diferencias estadísticas significativas.

6.3.5-Análisis de la variable “Materia Verde total” en cada estadio evaluado, para las tres variedades de estudio, en la segunda fecha de siembra.



(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura 1.13. Materia verde total $Tn.ha^{-1}$ y $^{\circ}Brix$ para las tres variedades de estudio, en los diferentes estadios fenológicos, segunda fecha de siembra.

Para la fecha de siembra tardía, se observa que, tanto la variedad A como la B, no se hallaron diferencias significativas en la producción de materia verde, en las distintas fases fenológica. Sin embargo, la variedad C, presenta una disminución de su biomasa en grano lechoso del 40,8 %. Esta diferencia es estadísticamente significativa respecto a la biomasa registrada en las fases restantes.

Esta reducción en la producción de biomasa verde en la variedad C, se ve reflejada también en la primera fecha de siembra (figura 1.12), solo que, la misma recién se hace notar en un estadio posterior, grano pastoso.

6.4- Análisis de la variable “Materia verde total de tallo” en función de las 3 variedades en estudio.

De acuerdo a lo planteado, en este apartado se puede visualizar la producción de materia verde de tallo, para cada material evaluado y las fechas de siembra. También indirectamente permite realizar una apreciación de la partición de materia verde total, que no es tallo (Hojas + panoja). Además permite visualizar cómo fue evolucionando el cultivo en las diferentes fases evaluadas, si hubo o no interacción entre la MV de tallo y los respectivos estadios fenológicos.

Por otra parte, también la importancia del análisis del peso fresco en los cultivos radica en la determinación cuantitativa del contenido de agua presente, cuestión que se analizará posteriormente.

6.4.1- Producción de materia verde total de tallo en las tres variedades de estudio para la primera fecha de siembra.

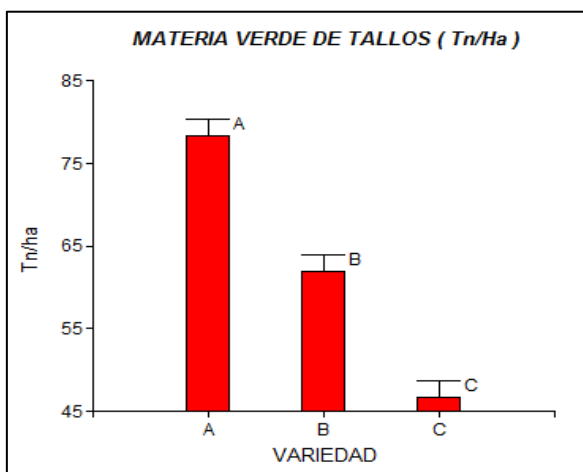
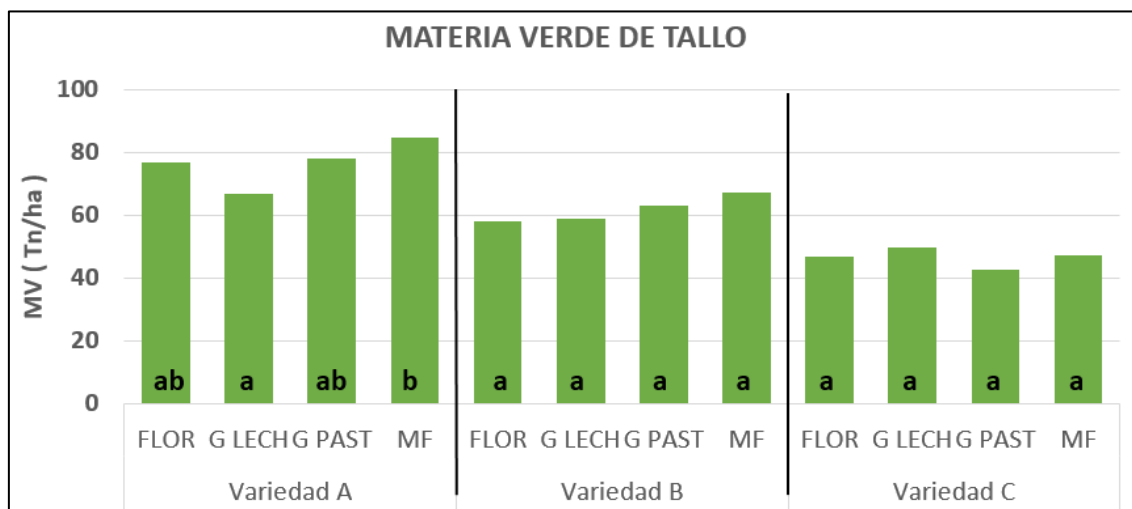


Figura 1.14. Materia verde total de tallo (Tn.ha⁻¹) para las tres variedades en estudio en la primera fecha de siembra.

(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En la figura N° 1.14 se puede observar las diferencias significativas que existen entre las variedades en estudio, para la variable “MV Tallo”. Si tomamos el valor de la Variedad A como máximo (79.29 Tn.ha⁻¹), entonces, se asume para este análisis que, frente a la igualdad de condiciones edafoambientales, la variedad B (61.96 Tn.ha⁻¹), redujo su MV de tallos en un 21% respecto a la anterior. Estas diferencias productivas son más marcadas aún para la variedad C, que produjo solamente 46.75 Tn.ha⁻¹ MV, que significa una disminución del 40% respecto a la variedad A.

6.4.2-Evolución de la materia verde total de tallo en sus respectivas fases, para la primera fecha de siembra.



(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura 1.15. Comportamiento de la variable “MV de tallo” en cada variedad estudiada y sus respectivos momentos fenológicos, primera fecha de siembra.

Según la Figura N° 1.15, indica que la variedad A arrojó diferencias significativas en la variable materia verde de tallo, presentando una mayor producción en el estadio de madurez fisiológica. La variedad B, no mostró diferencias significativas entre los diferentes estadios, similar lo sucedido en la variedad C, sin diferencias significativas entre las distintas fases fenológicas.

6.4.3- Producción de materia verde total de tallo en las tres variedades de estudio para la segunda fecha de siembra.

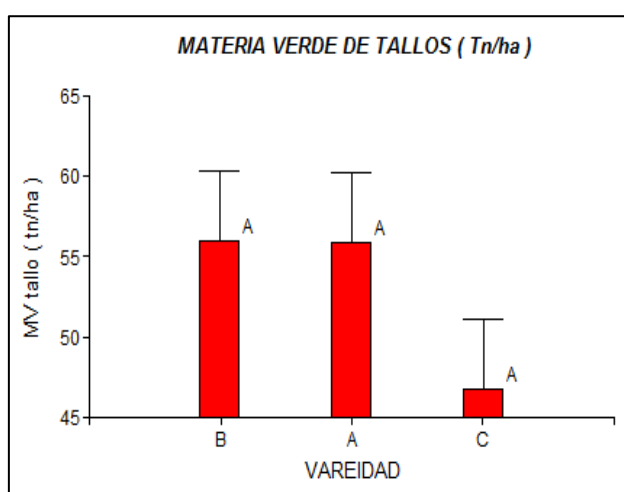


Figura 1.16. Materia verde total de tallo ($Tn.ha^{-1}$) para las tres variedades en estudio en la segunda fecha de siembra.

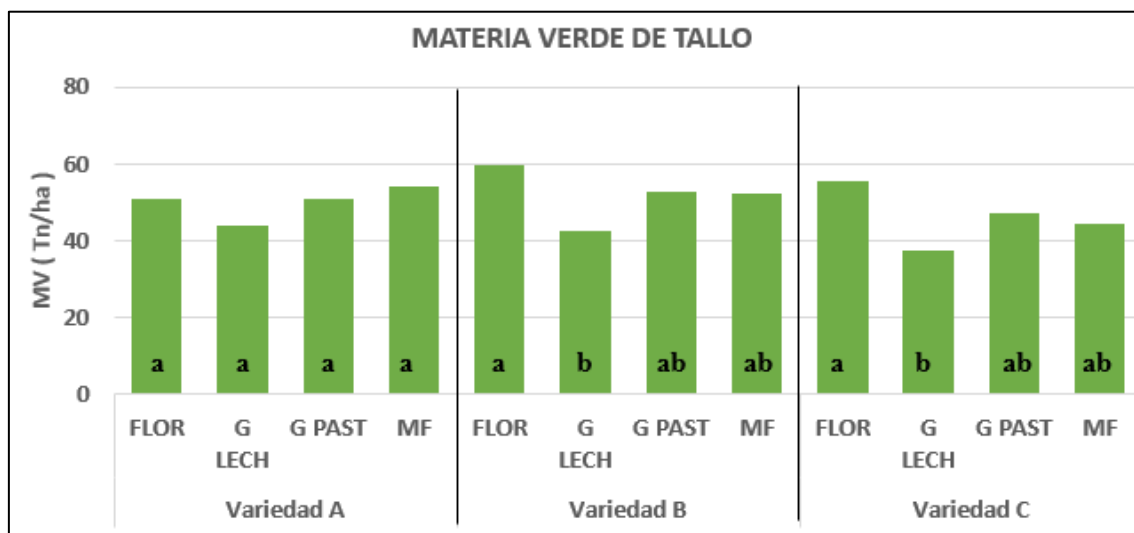
(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En la figura N° 1.16 se puede observar que no hubo diferencias estadísticas significativas entre variedades, para la variable “MV Tallo”. Sin embargo, la Variedad B

fue la que registró la mayor producción de MV de tallos ($56,02 \text{ Tn.ha}^{-1}$). A partir de este dato se observa que la variedad A, evidenció una merma del 0,18 % respecto a la anterior ($55,92 \text{ Tn.ha}^{-1}$ MV de tallo). Estas diferencias productivas son más marcadas para la variedad C, que produjo solamente $46,78 \text{ Tn.ha}^{-1}$ MV, que significa una disminución del 16,5 % respecto a la variedad A.

Estos resultados son similares (Variedad C) y mayores (Variedad A y B) a los obtenidos por Casen, S, et al 2012, en la localidad de Orán, Salta; en el cual alcanzaron rendimientos de $45\text{-}52 \text{ T.ha}^{-1}$, utilizando un híbrido azucarado-silero, sembrado en el mes de enero. (Casen, S. *et al*, 2012)

6.4.4-Evolución de la materia verde total de tallo en sus respectivas fases, para la primera fecha de siembra.



(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura 1.17. Comportamiento de la variable “MV de tallo” en cada variedad estudiada y sus respectivos momentos fenológicos, segunda fecha de siembra.

Al analizar la Figura N° 1.17 indica que la variedad A no arrojó diferencias significativas en la variable materia verde de tallo. En el caso de la variedad B, denota la mayor producción en el estadio de floración, que se diferencia significativamente del siguiente estadio, los demás no difieren significativamente.

En cuanto a la variedad C, se diferenció estadísticamente floración de grano lechoso, con los demás muestreos no hubo diferencias significativas.

6.4.5- Comparativa de la variable Materia Verde total de tallo vs Fecha de siembra, en las tres variedades estudiadas.

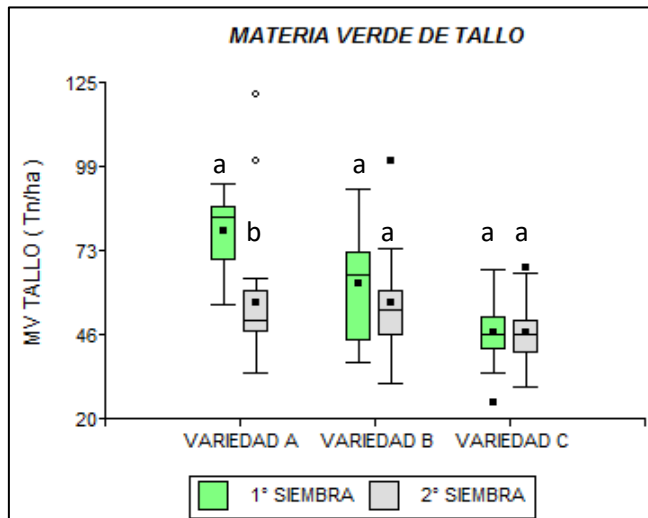


Figura 1.18. Comparación de la Materia verde total de Tallo ($Tn.ha^{-1}$) para las tres variedades de estudio en las dos fechas de siembra.

Según los datos recolectados para la variable en estudio se pudo observar que, la variedad A (10-3385), en la primera fecha de siembra, obtuvo rendimientos-promedios que supero en $22,36 Tn.ha^{-1}$ de Materia Verde total de tallos, respecto a la segunda fecha de siembra, diferenciándose estadísticamente.

En cuanto a las variedades B (15-1527) y C (10-3358) no arrojaron diferencias significativas en la producción promedio entre fechas de siembra. Estas diferencias fueron de $5,95 Tn.ha^{-1}$ de MV para la variedad B y en la variedad C no hubo diferencias en rendimiento.

Por todo esto, se puede afirmar que en cuanto a la variedad A, es óptimo sembrarla en fechas tempranas, cuando la producción de materia verde total, materia verde de tallo, altura y número de entre nudos fue superior. Se puede decir que en esa fecha, bajo las condiciones de estudio y la densidad utilizada maximizó los rendimientos.

Para fechas tempranas, de primavera, se puede mencionar que se obtuvo en promedio $20 Tn.ha^{-1}$ más de materia verde de tallo, que lo obtenido por Ortiz, D *et al*, 2012, en la localidad de Reconquista. También en esta localidad se evaluó un mismo cultivar, la variedad A (10-3385), cuyo valor de MV de tallo obtenido fue $40,6 Tn.ha^{-1}$, esto es $35,9 Tn.ha^{-1}$ menos, que lo obtenido en la localidad de Tacuarendí.

Si se compara la segunda fecha de siembra, con lo obtenido en Reconquista, la diferencia es menor, $7,98 Tn.ha^{-1}$ de materia verde, a favor de la localidad de Tacuarendí.

En función de la figura 1.18 para la variedad A, en interacción con la figura 1.5, se observa que claramente hubo un efecto positivo al aumento en la población de tallos. ha^{-1} que se tradujo en aumentos de materia verde total para la primera fecha de siembra, en

cambio, para la segunda fecha en la cual la densidad de plantas fue significativamente menor, este tratamiento no compensó la baja densidad con aumentos de peso de tallo, esta tendencia, fue muy similar a lo hallado por Siri-Prieto *et al* (2006), que evaluaron dos cultivares en tres fechas de siembra en el Noroeste Uruguayo.

6.5- Análisis de la variable “Materia Seca” de tallo en función de las 3 variedades en estudio.

Cuando se realiza la evaluación de la Materia seca de tallo, se debe tener en cuenta que, la misma, es un fiel reflejo del producto seco obtenido por planta o por unidad de área. Esto a su vez depende del balance existente entre la fotosíntesis (ganancias de CO₂) y la respiración (pérdidas de CO₂), (Cárcova, J et al 2018). Además, el crecimiento es el aumento irreversible en tamaño de los distintos órganos de la planta. Si bien el crecimiento se origina a partir de la división celular y del aumento de volumen celular, estos conceptos, pueden resumirse bajo la expresión de que, la Materia seca producida por un cultivo a lo largo de su ciclo, está determinada en función de la Radiación incidente durante el periodo de crecimiento, la eficiencia de intercepción y de la eficiencia en el uso de la radiación. (Kantolic, A., et al 2013).

En este apartado se hará énfasis en la acumulación de materia seca total por planta y en los respectivos estadios fenológicos evaluados.

6.5.1- Producción de Materia Seca promedio de tallo, en las tres variedades de estudio en ambas fechas de siembra.

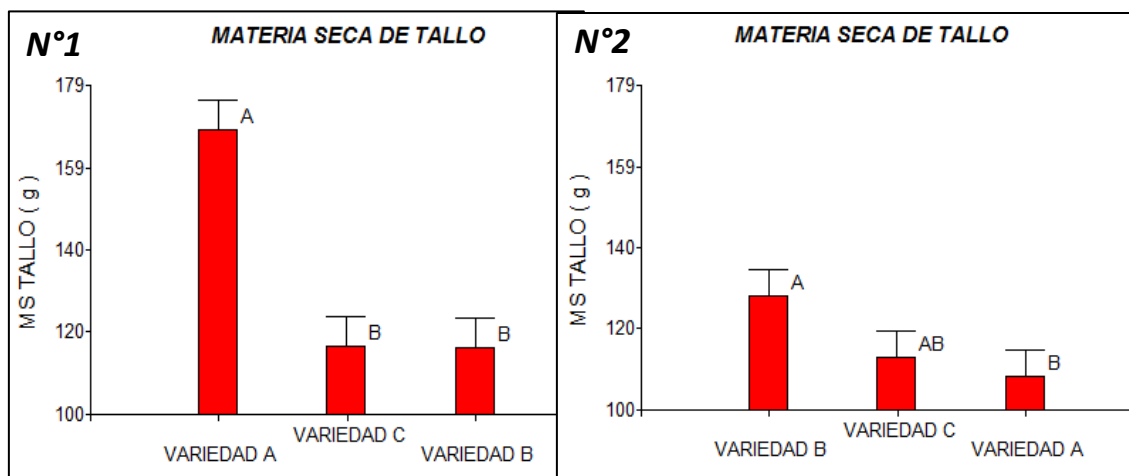


Figura N° 1.19 Materia seca promedio de tallo en (g MS / tallo), para cada variedad en la primera fecha de siembra (N°1) y segunda fecha de siembra (N°2).

Como se puede observar, para la primera fecha de siembra la variedad A, se diferenci6 estadisticamente de sus pares, obteniendo el mayor valor promedio. Similar lo que sucede en la segunda fecha, en la que la variedad A difiere de B, pero en este caso, con el menor valor de materia seca de tallo.

En cuanto a la variedad B y C, no ofrecen diferencias significativas en la primera y segunda fecha de siembra, cabe destacar que en la ultima, la variedad B, fue la de mayor peso promedio en materia seca de tallo.

6.5.2- Producción de Materia Seca promedio de tallo, en función de las fechas de siembra, para las tres variedades de estudio.

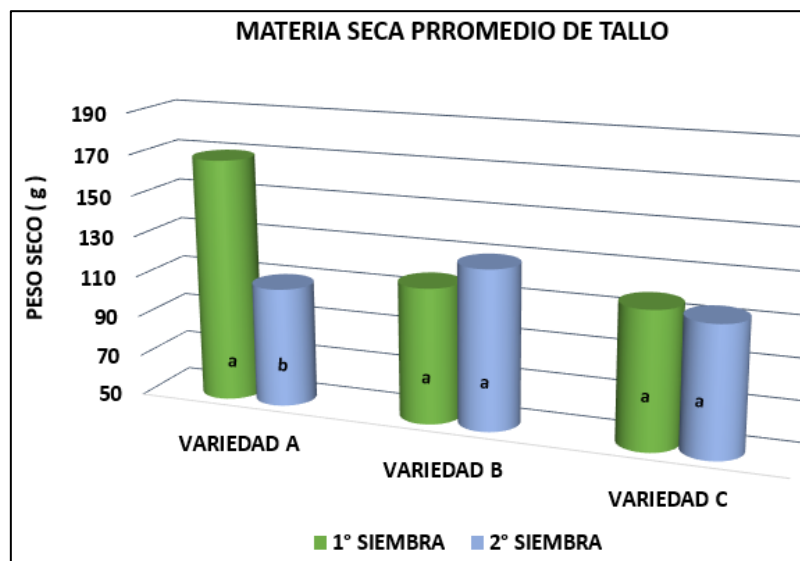


Figura N° 1.20 Producción de Materia Seca promedio de tallo, comparando fechas de siembra, para las tres variedades de estudio.

En cuanto a la comparación entre fechas de siembras, para cada variedad, se puede observar que, solo para la variedad A, existen diferencias significativas. En cuanto a la variedad B y C, son de igual significancia.

Surge de la interacción de la figura N°1.8 y 1.20 que para la Variedad A, la producción de materia seca de tallo fue mejor en siembras tempranas, ya que, queda evidente su mayor producción y aprovechamiento del ciclo.

6.5.3-Evolución del % Materia Seca de tallos para cada estadio fenológico y las 3 variedades en estudio, en la primera fecha de siembra

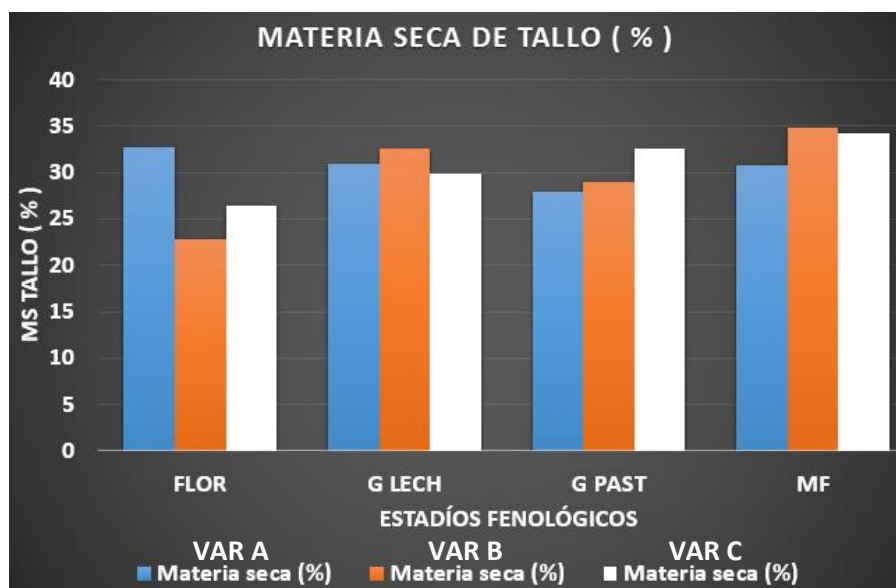


Figura N° 1.21 Evolución del % de materia seca para cada variedad en estudio en función de las 4 fases analizadas, en la primera fecha.

Tabla N° 1.2 Análisis de la varianza ($p > 0.05$) para la variable MS de Tallo en la primera fecha de siembra y los tres genotipos evaluados.

	Análisis de la varianza ($p > 0.05$)			
	MS Tallo			
VARIEDAD	FLOR	G LECH	G PAST	MF
A: 10-3385	A	A	B	A
B: 15-1527	A	A	B	A
C: 10-3358	B	A	AB	A

(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Comparando cada etapa fenológica, podemos observar que, en la variedad A y B, únicamente se diferenció estadísticamente el estadio de G pastoso, el cual obtuvo el menor valor, los restantes son de igual significancia.

En cuanto a la variedad C, se puede mencionar que el estadio de Floración es de igual significancia que el de G pastoso, pero difiere del resto de los estadios evaluados.

6.5.4-Evolución del % Materia Seca de tallos para cada estadio fenológico y las 3 variedades en estudio en la segunda fecha de siembra.

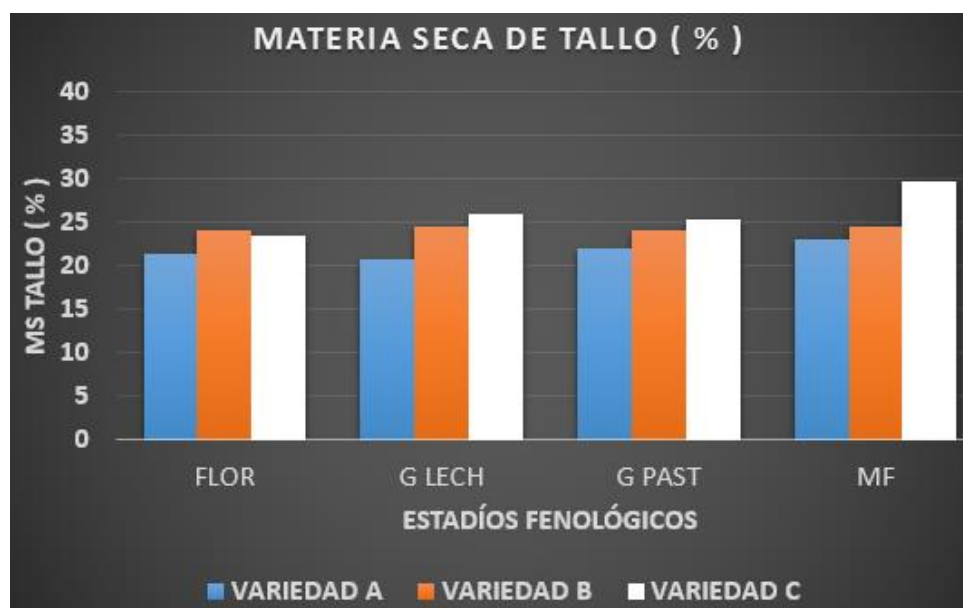


Figura N° 1.22 Evolución del % de materia seca para cada variedad en estudio en función de las fases fenológicas analizadas, para la segunda fecha de siembra.

Tabla N° 1.3 Análisis de la varianza ($p > 0.05$) para la variable MS de Tallo en la segunda fecha de siembra y los tres genotipos evaluados.

	Análisis de la varianza ($p > 0.05$)			
	MS Tallo			
VARIEDAD	FLOR	G LECH	G PAST	MF
A: 10-3385	A	A	A	A
B: 15-1527	A	A	A	A
C: 10-3358	B	AB	B	A

(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

A la hora analizar lo sucedido en cada fase, para la variedad A y B, ambas no arrojan diferencias significativas para la variable en estudio. En cuanto a la variedad C, el muestreo correspondiente a Madurez Fisiológica fue el de mayor valor, sin embargo es de igual significancia a Grano lechoso, floración, G lechoso y G pastoso sin diferencias estadísticas entre sí.

6.5.5- Comparativa de la variable “% Materia Seca de Tallo” en las dos fechas de siembra, para las tres variedades analizadas.

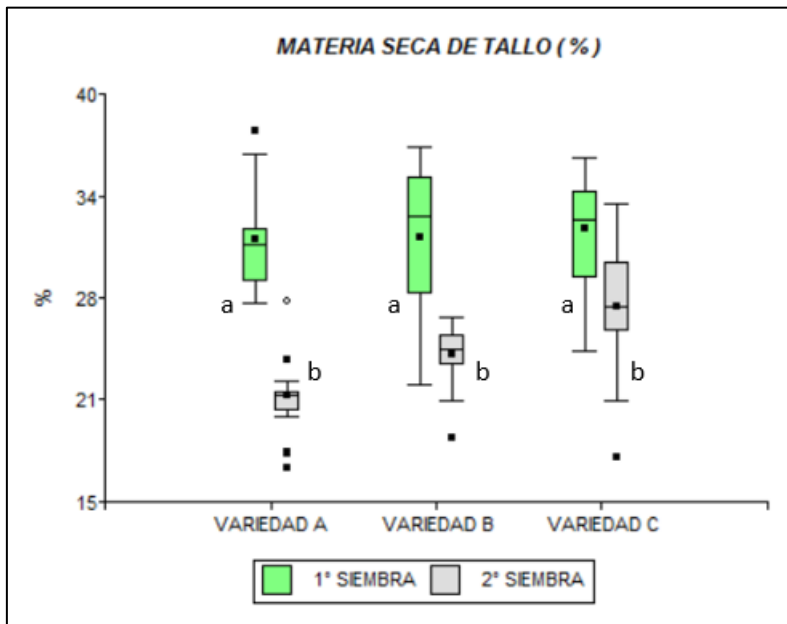


Figura 1.23
Comparativa de la variable “Materia seca total de tallo” en las dos fechas de siembra para las variedades en estudio.

Cuando se tiene en cuenta la comparación entre fechas de siembra, el porcentaje de materia seca promedio para cada variedad fue superior en la primera fecha de siembra en los tres materiales evaluados. Esto atribuible, en primera instancia, al estándar de plantas logrado que fue mejor en la primera fecha de siembra. Por otro lado, la oferta hídrica acorde y positiva durante los estadios vegetativos en activo crecimiento de la primera fecha de siembra, que no ocurrió en la segunda, donde se vio un claro déficit hídrico en los meses de febrero-marzo y comienzo de abril. Por otro lado, una alta pluviometría en el mes de enero que dificultó la siembra e implantación del cultivo, logrando de esta manera menor estándar de plantas por metro.

6.6. Análisis de la variable “% de Materia Verde” y el correspondiente “% de Materia Seca” para las tres variedades de estudio.

Cuando se menciona el término crecimiento, en sorgo azucarado como en los restantes cultivos, hace referencia a la acumulación de materia seca en un período determinado.

De igual manera, es esperable que la acumulación de materia seca vaya en aumento a medida que las fases fenológicas se suceden en el tiempo.

El siguiente apartado tiene por finalidad evaluar el comportamiento de dichas variables a medida que evoluciona el cultivo, comparando entre fases y fechas de siembra en relación a los materiales evaluados.

6.6.1-Evolución del % Materia Verde vs % Materia Seca de tallos para cada estadio fenológico evaluado y las 3 variedades de estudio, en la primera fecha de siembra.

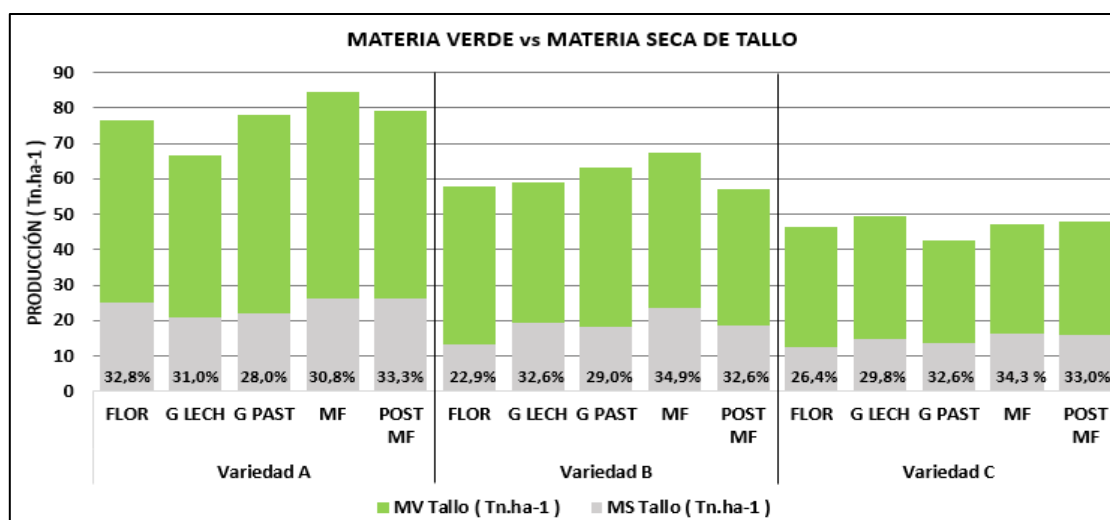


Figura 1.24 Comparativa de las variables “Materia verde de tallo” vs “Materia Seca de tallo” en la primer fecha de siembra, para las variedades en estudio.

Como indica la figura 1.24, se puede observar que en el análisis se incluyó un muestreo 30 días posteriores a MF (Post MF), cuyo objetivo es tener una aproximación de lo que sucede con esta variable en las etapas madurativas. También permite saber con certeza cómo se comportan las variables ecofisiológicas y de calidad que se tratarán en sus respectivos apartados a continuación.

En el ensayo presente, se obtuvo mayor materia seca en la Variedad A para el estadio de Post floración, similares resultado obtuvo Daniel E. Ekefre Ajit et al, 2017, en Estados Unidos, (material) a los 85, 99 y 113 días después de la siembra, equivalente a los estadios de Floración, G lechoso y Madurez Fisiológica, de nuestro ensayo, obtuvieron

rendimientos de $Tn.ha^{-1}$, MS de tallo, de 15 a 21, 18 a 27 y 21 a 27 respectivamente. Mientras que el material B, obtuvo rendimientos similares en los obtenidos por Daniel E. Ekefre Ajit y colaboradores, 2017.) en los estadios GL MF y menor en Floración. En cambio, la variedad C, obtuvo rendimientos menores.

6.6.2-Evolución del % Materia Verde vs % Materia Seca de tallos para cada estadio fenológico evaluado y las 3 variedades de estudio en la segunda fecha de siembra.

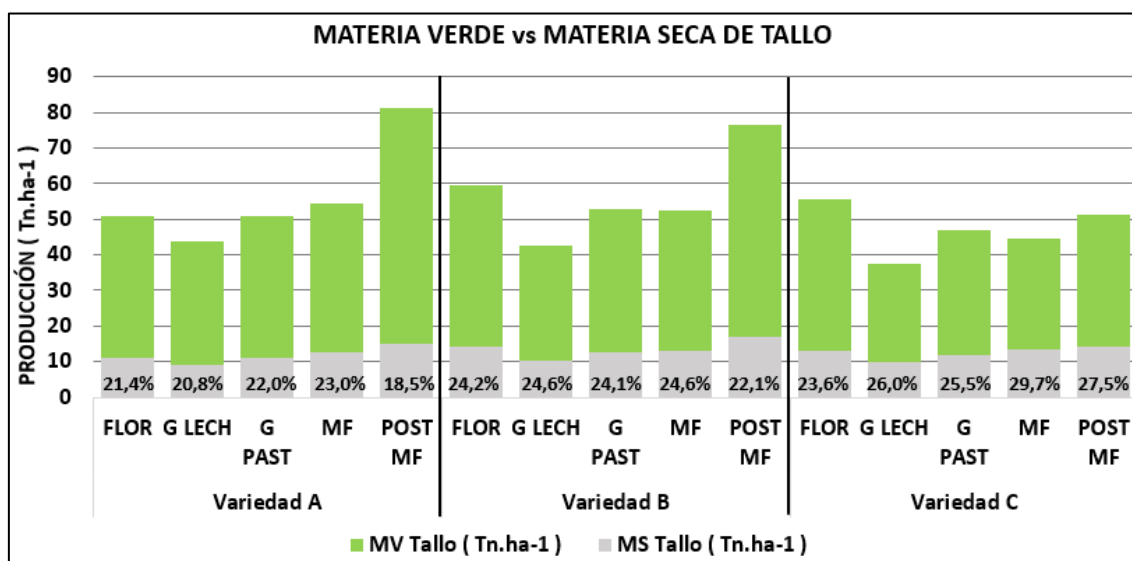


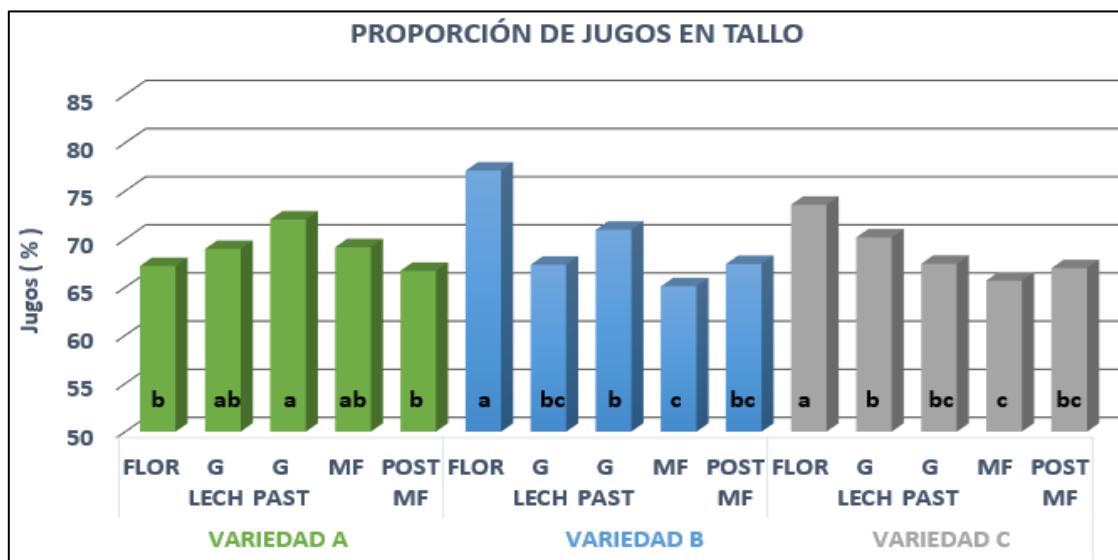
Figura 1.25 Comparativa de las variables “Materia verde de tallo” vs “Materia Seca de tallo” en la segunda fecha de siembra para las variedades en estudio.

En cuanto a la fecha de siembra tardía, los materiales presentaron un comportamiento muy similar, en la cual, el porcentaje de materia seca va en aumento desde floración hasta post madurez fisiológica, esto lo presentan los materiales A y C. En cuanto al material B, se observa que existió un comportamiento equitativo entre las fases de floración hasta madurez fisiológica, luego se observa un aumento en la producción de materia verde de tallo y, a su vez el porcentaje de MS disminuyo.

6.7. Análisis de la variable “% de Jugos” en las tres variedades de estudio y sus correspondientes momentos fenológicos.

Para el análisis siguiente, se debe tener en consideración que se exhibe el porcentaje de jugos potencialmente extraíbles, que nace de la relación entre la materia verde total de tallo vs la materia seca total de tallo (Figura N° 1.24 y 1.25), cuyo resultado es el contenido de humedad presente, denominado % de Jugos.

6.7.1-Evolución de la proporción de Jugos en tallos (%) para cada estadio fenológico y las 3 variedades en estudio en la primera fecha de siembra.



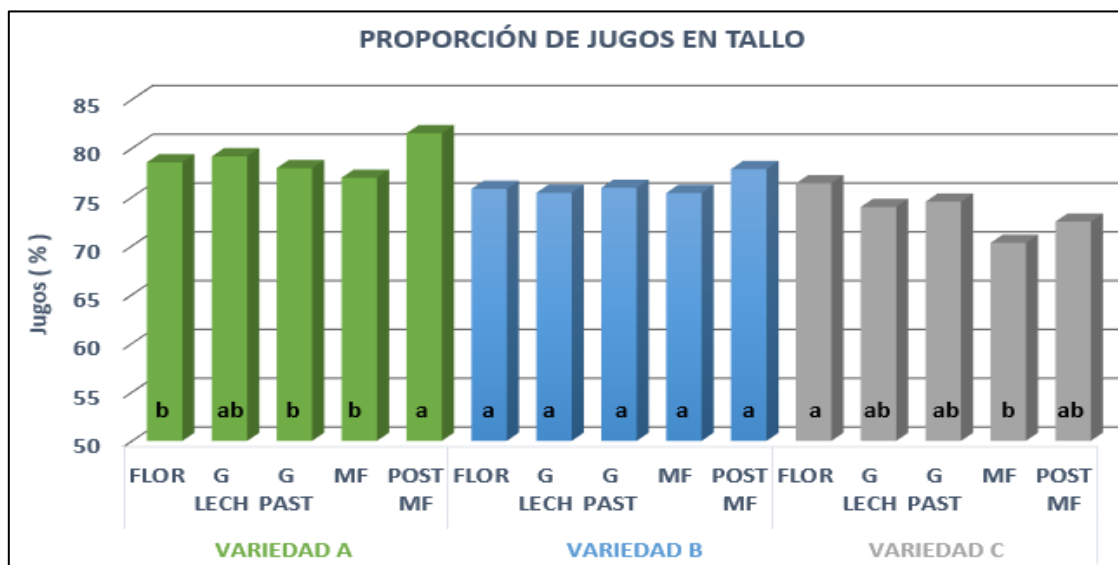
(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura N° 1.26 Evaluación promedio para la variable “% de Jugos” en las tres variedades de estudio y sus respectivos estadios, primera fecha de siembra.

A la hora de realizar un análisis íntegro de la variable % de Jugos, para la Variedad A, se puede decir que la proporción de jugos en tallos va en aumento hasta llegar al estado de grano lechoso y que la misma permanece, sin variación significativa, hasta madurez fisiológica, luego decae significativamente.

Respecto a la Variedad B, el % de jugo presenta a un máximo en floración, luego en grano lechoso decaen los valores de jugo en tallo hasta llegar a un mínimo en madurez fisiológica. Observando la variedad C, se nota que en floración, los valores de jugos en tallo son máximos, luego disminuye la cantidad proporcionalmente a medida que avanza sus fases fenológicas.

6.7.2-Evolución de la proporción de Jugos en tallos (%) para cada estadio fenológico y las 3 variedades en estudio en la segunda fecha de siembra.



(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura N° 1.27 Evaluación promedio para la variable “% de Jugos” en las tres variedades de estudio y sus respectivos estadios, segunda fecha de siembra.

En cuanto al análisis del % de jugos en la variedad A, se puede observar que la proporción de jugos en tallo fue mayor en post MF, aunque sin diferencias significativas con el estado de grano lechoso, los demás no ofrecen diferencias estadísticas. Respecto a la Variedad B, el % de jugo fue aún más regular y no presenta diferencias significativas entre los distintos momentos de muestreos. Observando la variedad C, notamos diferencias significativas en floración y MF, luego las demás fases no arrojan diferencias significativas.

6.7.3-Comparativa de la variable “% de Jugos en Tallo” para las dos fechas de siembra analizadas y las tres variedades.

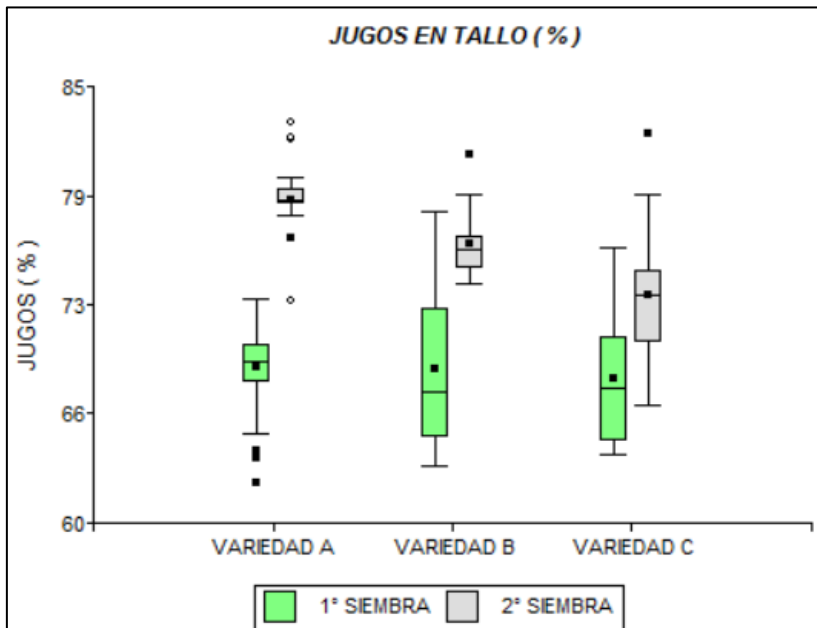


Figura N° 1.28 comparativa promedio en ambas fechas de siembra para la variable “% de Jugos” en las tres variedades de estudio.

Cuando se analiza el % de jugos en tallo, se observa que todas las variedades registraron un mayor %, en la segunda fecha de siembra, con diferencias estadísticamente significativas. Estas diferencias fueron de un incremento del 9,65%, 7,13 y de un 4,7% para las variedades A, B y C respectivamente.

Según lo expuesto por Medina, N. 2018., se debe tener en consideración que el jugo que se obtiene de los tallos está compuesto básicamente por sacarosa, glucosa y fructosa, en proporciones que dependen de la variedad, temporada de cosecha y etapa de madurez entre otros factores, como quedó expuesto en la figura 1.28.

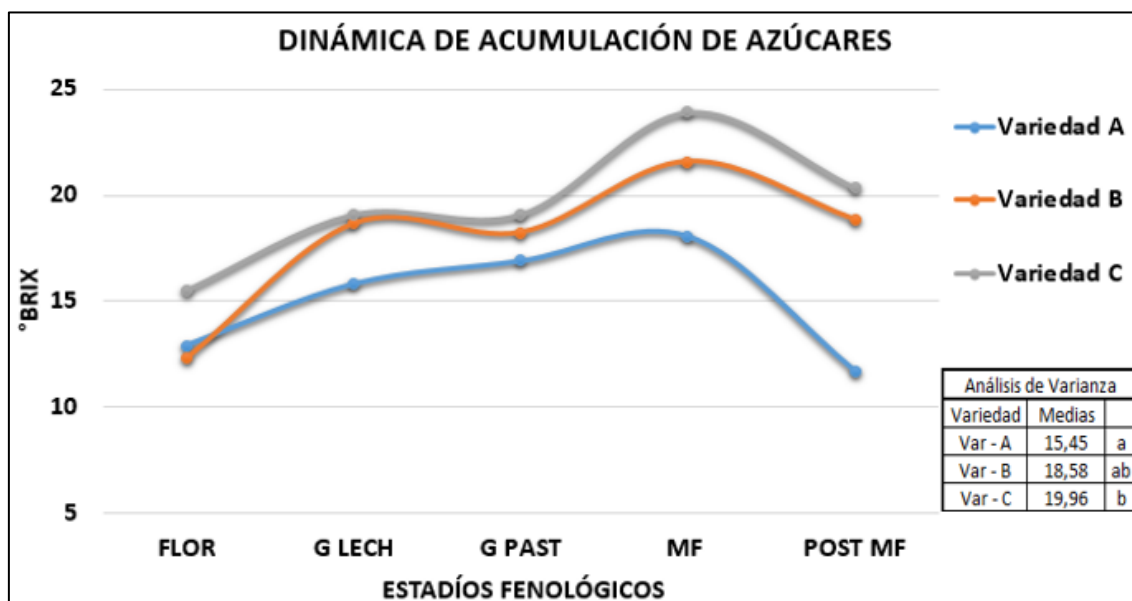
Además, menciona que los tallos maduros contienen alrededor del 73% de humedad, valores superiores se obtuvieron para la segunda fecha de siembra del presente ensayo.

6.8- Análisis de la variable “°Brix” para cada muestreo en función de las 3 variedades en estudio.

Para evaluar los sólidos solubles totales, como indicadores de calidad del jugo de tallo de sorgo, se realizó el análisis de °Brix, que da una apreciación de sacarosa, glucosa y fructosa entre otros compuestos.

El objetivo del presente análisis radica en realizar una valoración de la evolución de la dinámica de acumulación de azúcares, realizando el análisis de los grados brix (°brix).

6.8.1-Dinámica de acumulación de azúcares en función de los sucesivos muestreos realizados para las 3 variedades en estudio, primera fecha de siembra.



(Medias con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura N° 1.29. Análisis de varianza y promedio para la variable “°Brix” en las tres variedades de estudio y su correspondiente estadío fenológico, primera fecha de siembra.

Como se puede observar en la figura 1.29, las tres variedades evaluadas, registraron los mayores valores de °Brix, en la fase de MF, mientras que en el cuadro de promedios (medias), no hay diferencias estadísticamente significativas en la concentración de sólidos solubles entre las variedades B y C, pero sí observamos que la Variedad A fue la que menor °Brix obtuvo en todos los muestreos, con marcadas diferencias respecto a la Variedad C, sin embargo, estas diferencias no son significativas respecto a B.

Resultados obtenidos por Ortiz, D y colaboradores (2012) en la localidad de Reconquista recolectaron datos promedios de °Brix, de 17,4°, mientras que en Tacuarendi, alcanzo un promedio de 18°Brix. En cuanto a la variedad 10-3385, en Tacuarendi se obtuvo 15,45°Brix promedio, esto significa una diferencia, a su favor, de 2,45°Brix, respecto al obtenido en Reconquista, para este material.

Tabla N° 1.4. Análisis de la Varianza para la variable “°Brix” en las tres variedades de estudio y su correspondiente estadio fenológico, primera fecha de siembra.

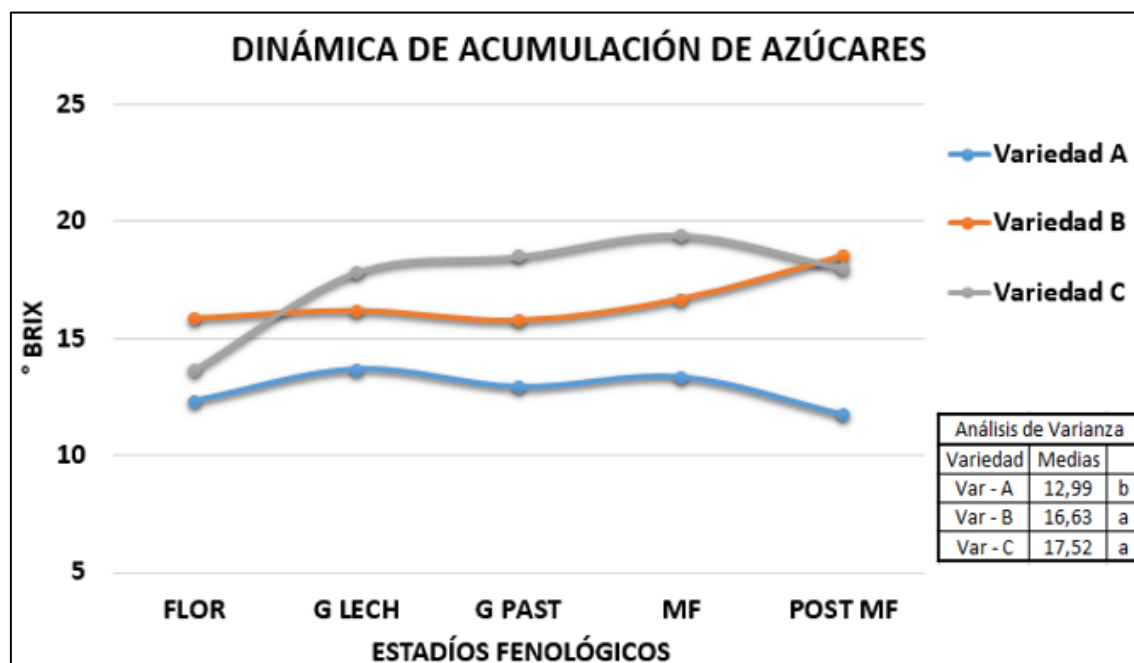
Análisis de la varianza ($p > 0,05$) para la variable °Brix					
	FLOR	G LECH	G PAST	MF	POST MF
Variedad A	B	A	A	A	B
Variedad B	C	B	B	A	B
Variedad C	C	B	B	A	B

(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Respecto al análisis de varianza correspondiente a los °Brix, en la variedad A, el estado de floración y post madurez no ofrecen diferencias significativas entre sí, pero difieren estadísticamente de los restantes. En el caso que el cultivo siguiera en pie, en post madurez, la concentración de sólidos solubles disueltos decrece con pérdidas estadísticamente significativas.

En cuanto a la variedad B y C, es notorio el marcado y mayor contenido de °Brix en el estadio de Madurez fisiológica, diferente estadísticamente del resto, el estadio floración ofrece el menor valor y es diferente estadísticamente a los demás, el resto de los estadios no se diferencian entre sí.

6.8.2-Dinámica de acumulación de azúcares en función de los sucesivos muestreos realizados para las 3 variedades en estudio, segunda fecha de siembra.



(Medias con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura N° 1.30 Comparativa promedio para la variable “°Brix” en las tres variedades de estudio y su correspondiente estadio fenológico, segunda fecha de siembra.

Estadísticamente no hay diferencia de la concentración de sólidos solubles entre las variedades B y C, pero si observamos que la Variedad A, fue la que menor concentración de °Brix posee, al igual que en la primera fecha de siembra, diferente estadísticamente al resto.

También se puede rescatar visualmente que en el último muestreo realizado, la variedad B aumenta un mínimo porcentaje respecto al muestreo antecesor. El mismo efecto se observó en la variable % de jugos (figura 1.27), para el mismo momento fenológico muestreado.

Tabla N° 1.5. Análisis de la Varianza para la variable “°Brix” en las tres variedades de estudio y su correspondiente estadio fenológico, segunda fecha de siembra.

Análisis de la varianza ($p > 0,05$) para la variable °Brix					
	FLOR	G LECH	G PAST	MF	POST MF
Variedad A	A	A	A	A	A
Variedad B	B	B	B	B	A
Variedad C	B	A	A	A	A

(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En cuanto al °Brix en la variedad A, se puede percibir que decae en el último estadio fenológico, sin embargo la proporción de jugos (figura 1.27) en el último momento fenológico muestreado aumenta una mínima proporción, cercana al 2%. Sin embargo, se ve una tendencia más equitativa entre las fases, sin sobresaltos, pero a sabiendas que todos los muestreos son estadísticamente iguales.

En cuanto a la variedad B, denota una tendencia positiva, los °Brix van en aumento hasta el último momento fenológico muestreado, cuyo valor es el mayor y estadísticamente diferente a los restantes.

A la hora de analizar la variedad C, ésta presenta el menor valor en floración, estadísticamente diferente a los demás, los restantes muestreos presentan un aumento en los °brix a medida que avanza su fenología, pero son de igual significancia estadística.

A modo de conclusión parcial respecto a los °Brix promedios, en cada fase fenológica evaluada y comparando con lo obtenido por Sánchez Ducca, A y colaboradores, 2018, en siembras de Enero, cuya mención data que los Brix mínimos para industrializar son 16°Brix, para el ensayo actual, el nivel mínimo se alcanzó en la etapa de en grano lechoso para la variedad B y C en ambas fechas de siembra, estas marcan un mayor grado de precocidad en la acumulación de sólidos solubles en tallo, respecto de A, que en la

primera campaña demoró hasta la fase de grano pastoso y en la segunda, los niveles de brix estuvieron debajo de 14.

6.8.3- Comparativa de la variable “°Brix promedio” para fechas de siembra y variedades en estudio.

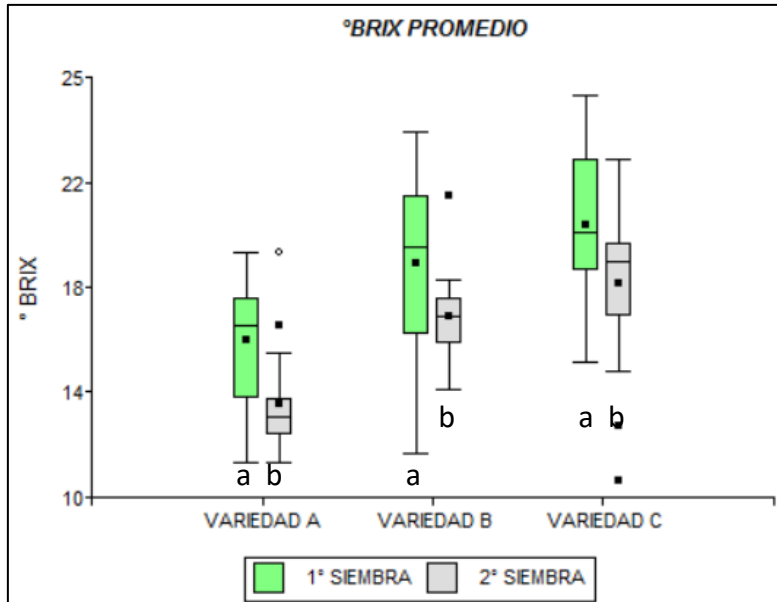


Figura N° 1.31
comparativa promedio
en las dos fechas de
siembra, para las tres
variedades en análisis.

En cuanto a la concentración de sólidos disueltos en tallo, las tres variedades mostraron diferencias significativas comparando las dos fechas de siembra, por lo que es evidente que obtuvo mejores condiciones en siembra temprana para la acumulación de sólidos, y las variedades B y C registraron mayores valores que la variedad A en las dos fechas de siembra

Tabla 1.6 Análisis de la varianza para la variable °Brix, en las dos fechas de siembra y las tres variedades en estudio.

Análisis de la varianza ($p > 0,05$) para la variable °Brix		
	1° Fecha de siembra	2° Fecha de Siembra
Variedad A 10-3385	15.44 ^a	12.99 ^b
Variedad B 10-3385	18.58 ^a	16.33 ^b
Variedad C 10-3358	19.96 ^a	17.51 ^b

Para la característica °brix, se encontró interacción entre variedades y época de siembra. Para esta situación, las tres variedades presentaron diferencias significativas comparando la primer y segunda fecha de siembra para la variable en cuestión.

Estos resultados de la tabla 1.6, para la variedad B y C, son superiores a los presentados por (Fassio A *et al*, 2007) donde en condiciones de secano usando otras variedades, para

una fecha de siembra temprana, (octubre) y tardía, (diciembre), encontraron resultados promedios de 15.6°brix y 15.5°brix, respectivamente.

Los datos obtenidos en el presente ensayo, bajo densidades similares, son mayores a lo informado por Tassiano C *et al*, 2016, con variedades diferentes en Brasil, en la cual, para la variedad B y C, en la primera y segunda fecha de siembra, obtuvieron 15,7°Brix - 15,2°Brix y 15,5 - 15,2°Brix, respectivamente. En cuanto a la variedad A, bajo densidades similares en ambas fechas, los resultados obtenidos en el presente ensayo son menores a los citados en Brasil.

7-Interacción de variables Ecofisiológicas

7.1- Análisis del “% de Materia Seca” vs “% de jugo” y °Brix de tallo para cada muestreo en función de las 3 variedades en estudio.

Según la figura 1.20, que arroja los resultados del análisis de varianza de la materia seca total, afirma que, realizando la comparación entre variedades, no hubo diferencias significativas para las variables en estudio, por lo que nos adentramos en el análisis específico para cada variedad en sus diferentes momentos fenológicos.

7.1.1-Análisis de la variable Materia Seca vs Proporción de jugos en tallo y °Brix para las fases fenológicas evaluadas en las tres variedades en estudio, primera fecha.

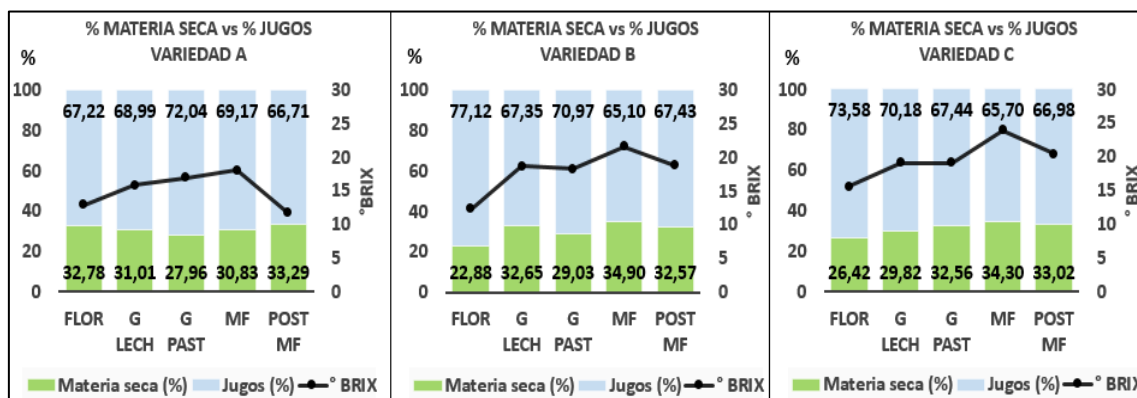


Figura N° 1.32 Evaluación de la variable “% de MS de tallo” vs “% de Jugos” y “°Brix” para las tres variedades de estudio en sus respectivos estadíos, primera fecha de siembra.

Tabla N° 1.7 Análisis de la varianza ($p > 0.05$) de las variables % Materia Seca de tallo y % Jugos, para las 3 variedades de estudio en sus respectivos momentos de muestreos referidos a la primera fecha de siembra.

	Análisis de la varianza ($p > 0,05$) Variedad A 10-3385		Análisis de la varianza ($p > 0,05$) Variedad B 15-1527		Análisis de la varianza ($p > 0,05$) Variedad C 10-3358	
	% MS tallo	% Jugos	% MS tallo	% Jugos	% MS tallo	% Jugos
FLOR	A	B	A	A	B	A
G LECH	AB	AB	A	A	AB	AB
G PAST	A	B	A	A	AB	AB
MF	A	B	A	A	A	B
POST MF	B	A	A	A	AB	AB
(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))						

A la hora de comparar la evolución de las variables en las tres variedades, anuncia que la variedad C fue la de mayor producción de materia seca total con 27%; en las variedades B y C se observó una merma del 3% y del 5,5% en la MS respectivamente. Cabe destacar que las tres variedades para la variable en estudio ofrecen diferencias estadísticas significativas.

En cuanto a el análisis del % de jugos que poseen, se puede mencionar que el material con mayor contenido de jugos es el A, luego el B y C, todos diferentes estadísticamente.

Esto se mantiene así, hasta el estadio de madurez fisiológica. A su vez, los °Brix del jugo en cada variedad van en aumento, marcando un efecto de concentración en el mismo, que se expresa inclusive, hasta el estadio antes mencionado.

Sin embargo, no sucede lo mismo en la variedad A, cuyos valores de °Brix aumentan levemente en 5° desde floración a madurez fisiológica, por lo tanto el efecto de concentración es menos acentuado, ya que la materia seca de tallo y el porcentaje de jugos posee muy poca variación.

7.1.2-Análisis de la variable Materia Seca vs Proporción de jugos en tallo y °Brix para las fases fenológicas evaluadas en las tres variedades en estudio, segunda fecha

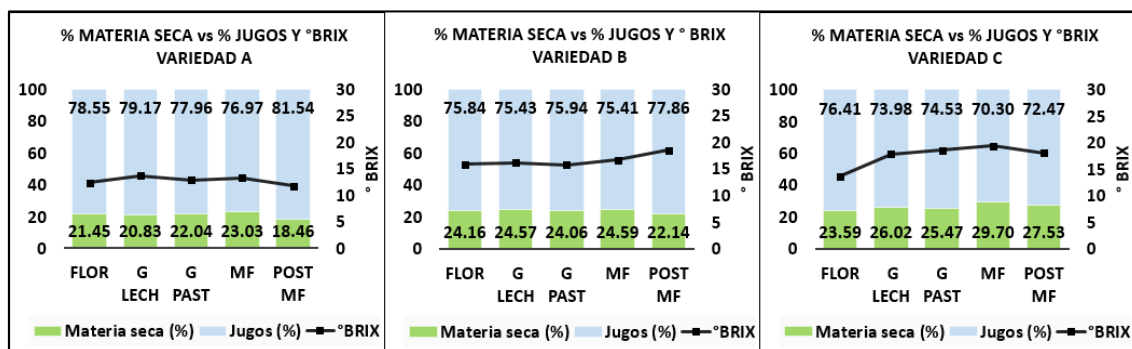


Figura N° 1.33 Evaluación de la variable “% de MS de tallo” vs “% de Jugos” y “°Brix” para las tres variedades de estudio en sus respectivos estadios, segunda fecha de siembra.

Tabla N° 1.8 Análisis de la varianza ($p > 0.05$) de las variables % Materia Seca de tallo y % Jugos, para las 3 variedades de estudio en sus respectivos momentos de muestreos, referidos a la segunda fecha de siembra.

	Análisis de la varianza ($p > 0.05$) Variedad A 10-3385		Análisis de la varianza ($p > 0.05$) Variedad B 15-1527		Análisis de la varianza ($p > 0.05$) Variedad C 10-3358	
	% MS tallo	% Jugos	% MS tallo	% Jugos	% MS tallo	% Jugos
FLOR	A	B	A	A	B	A
G LECH	AB	AB	A	A	AB	AB
G PAST	A	B	A	A	AB	AB
MF	A	B	A	A	A	B
POST MF	B	A	A	A	AB	AB
(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0.05$))						

A la hora de comparar variables de la figura 1.33 y su respectivo análisis de varianza en la tabla 1,8, se puede mencionar que la variedad B no arroja variaciones entre las variables materia seca y % de jugos, sin embargo se nota una concentración de °Brix, pasando de 15,8 en floración a 18,5° en post madurez fisiológica .

En cuanto a la variedad A, se puede observar que hubo un aumento en el porcentaje de jugos a medida que avanza en su fenología el cultivo, en el cual se observa que el estadio de post madurez fisiología fue el de mayor porcentaje, a su vez de igual significancia que en grano lechoso, pero diferente estadísticamente al resto. Respecto al porcentaje de materia seca, hay una concordancia y simetría con el % de jugos, ya que el menor valor y diferente estadísticamente fue post madurez fisiológica.

Respecto a lo sucedido en la variedad C, cabe hacer mención que para la variable % de jugos únicamente se diferenció estadísticamente floración con el mayor valor de madurez fisiológica, cuyo porcentaje fue el menor registrado, los demás estadios fenológicos evaluados no ofrecen diferencias significativas. Similar lo que sucede con el porcentaje de materia seca, pero lógicamente de manera contraria, a mayor valor de % de jugos, menor valor de materia seca, ya que es una relación inversa. En cuanto a los °Brix en cuestión, se puede observar un aumento en el orden de 5° desde floración a madurez fisiológica, luego el mismo declina en pos madurez.

Se puede concluir que, según la figura N° 1.32 y 1.33 en interacción con la producción de materia verde, se puede sostener que, más de la mitad de la biomasa verde de un cultivo de sorgo azucarado es jugo, por lo tanto, a mayor biomasa es esperable más jugo, llegaron a la misma conclusión Fassio A, y colaboradores, 2011.

7.2- Análisis de la “Materia Verde Total” vs “° Brix” para cada variedad en función de sus fases fenológicas

7.2.1- Comparativa de la variable “Materia Verde Total” vs “°Brix” en la primera fecha de siembra y las tres variedades de estudio.

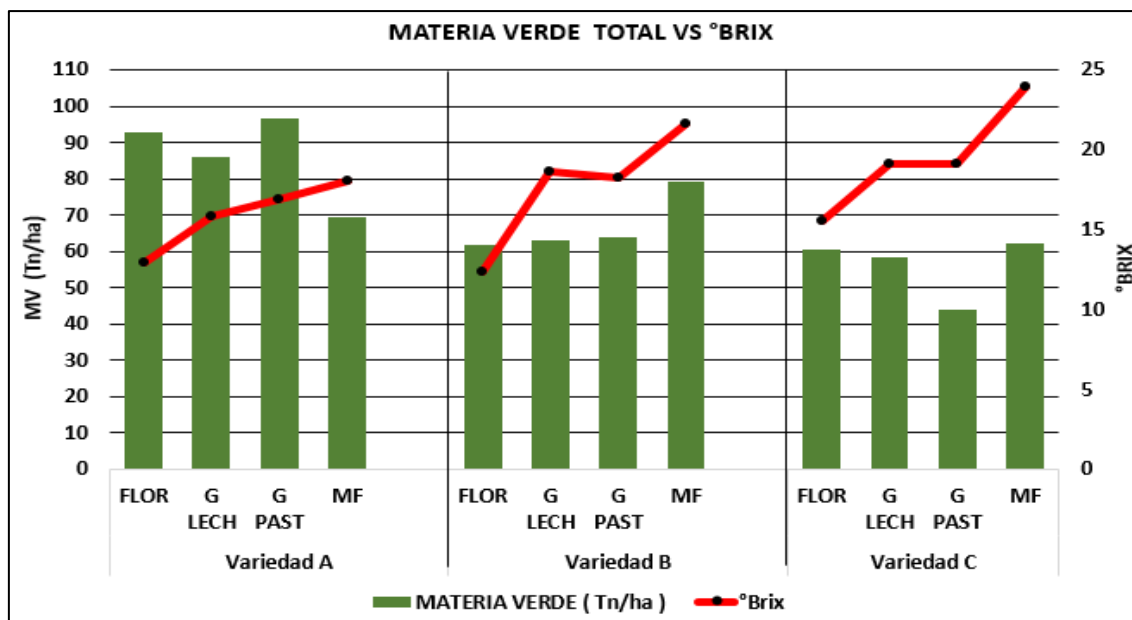


Figura N° 1.34 Análisis de la Materia Verde Total comparado a los °Brix para cada Variedad en función de las fases fenológicas evaluadas, primera fecha.

Según lo analizado en la figura N° 1.34 se puede decir que para la variedad A, en la fecha de siembra temprana, en la evolución de la materia verde total registró una merma

desde floración a madurez fisiológica de 23 Tn.ha^{-1} , a su vez el tenor de °brix fue en aumento (5°brix) en las fases mencionadas, lo que evidencia que, no es un material que se destaque en acumulación de sólidos disueltos. Luego tenemos al material B, que se observó un aumento de materia verde de 17 Tn.ha^{-1} y de °brix en $9,2^\circ$. En caso del material C, que se puede observar aumentos importantes de °brix lo que evidencia la mayor concentración de sólidos solubles que aumenta $8,4^\circ\text{brix}$ desde floración a madurez fisiológica, llegando a obtener máximos de $23,92^\circ\text{brix}$, respecto a la materia verde existe un tendencia a mantener los valores en la mayoría de las fases, solo en grano pastoso denota disminución significativa, pero luego, en la fase siguiente recupera.

Del presente análisis, se puede observar que existe una relación positiva entre variables para la variedad B, en el cual a aumentos de la MV total le corresponden aumentos en los °brix, esto no se ve reflejado en sus pares, ya que se observan aumentos de brix, pero no en la materia verde. Esta diferencia es aún más evidente en la variedad C, ya que denota aumentos pronunciados de °brix y no de materia verde. Caso contrario la variedad A, en la que el punto de mayor °brix, precisamente es el de menor rendimiento de MV.

7.2.2- Comparativa de la variable “Materia Verde Total” vs “°Brix” en la segunda fecha de siembra y las tres variedades de estudio

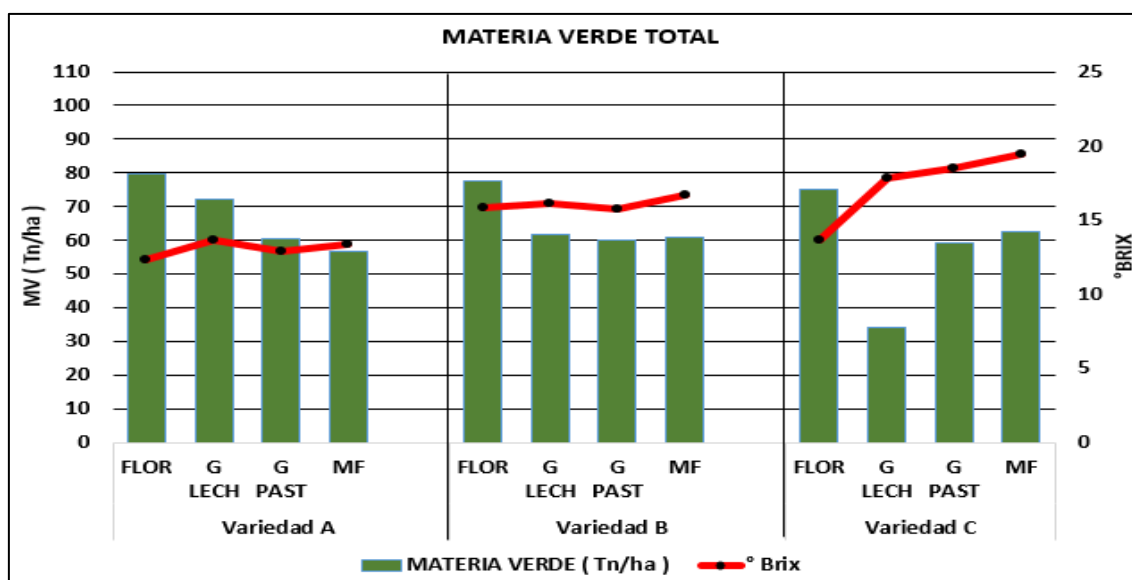


Figura N° 1.35 Análisis de la Materia Verde Total comparado a los °Brix para cada Variedad en función de las fases fenológicas evaluadas, segunda fecha.

Según lo informado en este apartado, se puede comentar que para la variedad A, no hay una interacción evidente entre variables, en la cual no se observan cambios marcados

en los °Brix, comparados con los declives en la materia verde total. Algo similar ocurre para la variedad B, con la distinción que en el estadio de floración hubo un aumento evidente en la materia verde total, que no se vio reflejado en los Brix, luego, es evidente la disminución de la materia verde, pero sin modificaciones en los °Brix.

Un tema aparte es la variedad C, cuyos valores de materia verde ofrecen variación entre estadio fenológicos evaluados, pero sin una relación clara con la variable °Brix, cuyos datos recolectados en cada estadio fue en aumento, hasta llegar a un máximo en madurez fisiológica.

8- Resultados y Discusión de las Variables Industriales

8.1- Análisis de la variable “Producción de Etanol” para la primera fecha de siembra en función de las variedades y momentos de muestreos.

Se debe recordar que, a medida que el cultivo de sorgo azucarado va evolucionando en su fenología, el contenido promedio de materia seca va en aumento conforme disminuye el % de jugos en tallos, al ser una relación perfecta entre ambas. Por este motivo (Giorda, L.M, y Ortiz, D, 2012) determinan, con un $R^2=0,887$, que al aumentar el % de materia seca, el coeficiente de extracción de jugos en tallos se ve disminuido.

Para el análisis final de las variables considerando lo publicado por Fassio et al. (2011), se realizara una estimación de la producción de etanol en $L.ha^{-1}$ para cada momento fenológico muestreado en sus respectivas variedades.

Teniendo en cuenta el rendimiento de tallos ($kg MV ha^{-1}$), el porcentaje de jugo en los tallos ($100 - \%MS$) y la concentración de azúcares solubles en tallos (°Brix), se calculó un estimativo del rendimiento de etanol que produciría cada cultivar a partir de la industrialización de la biomasa verde de tallos cosechados.

El cálculo es el siguiente:

$$\text{Rendimiento Etanol (L ha}^{-1}\text{)} = \text{Tallos (kg MV ha}^{-1}\text{)} \times [\% \text{ de jugos}/100] \times [^\circ\text{Bx}/100] \times 0,5 \times [1/0,789]$$

Factor de eficiencia industrial de conversión de azúcares a etanol = 0,5

Densidad del etanol = 0,789

8.1.1-Análisis del rendimiento de Etanol obtenido en la primera fecha de siembra en las tres variedades de estudio

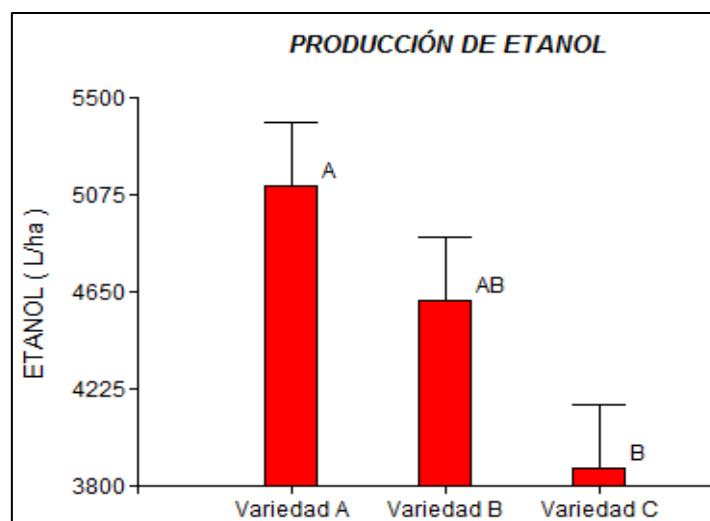
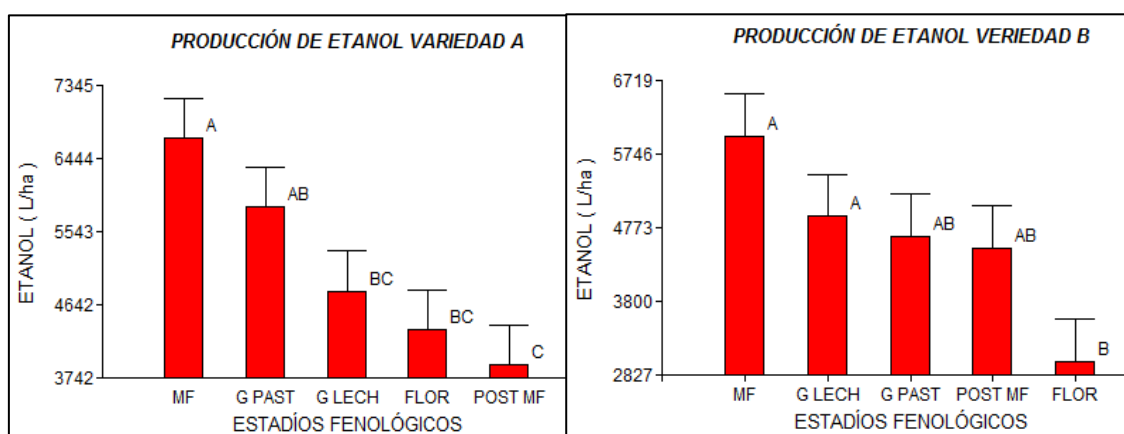
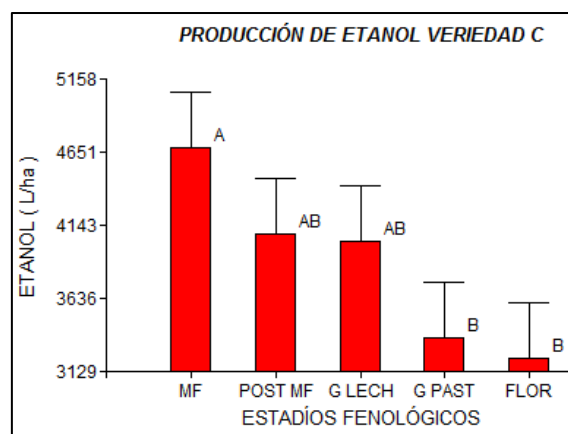


Figura N° 1.36 Análisis de la Producción de etanol en las tres variedades de estudio, primera fecha de siembra.

En cuanto a la comparación de promedios entre variedades, el rendimiento calculado y obtenido de etanol para la variedad A, estadísticamente igual que B pero diferente de C, fue de 5117 L.ha⁻¹, superando lo obtenido por (Ortiz et al 2012), con el mismo material en la localidad de Reconquista. En cuanto a las variedades B y C produjeron 504 y 1241 L.ha⁻¹ menos que A. respectivamente.

8.1.2-Análisis del rendimiento de Etanol obtenido en la primera fecha de siembra para las tres variedades en estudio y los momentos de muestreos.





(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura N° 1.37 Estimación promedio de la variable “Producción de Etanol” en las tres variedades de estudio y sus correspondientes momentos de muestreo, primera fecha.

En la estimación realizada para los sucesivos muestreos, la variedad A manifiesta que en el estado de madurez fisiológica es el óptimo momento de corte del cultivo para la producción de alcohol (6693 L.ha^{-1}), pero sin diferencia estadística en el muestreo anterior. Si bien la variedad B produjo en madurez fisiológica 5982 L.ha^{-1} es diferente estadísticamente al muestreo en Floración, las demás fases de igual significancia. La mayor producción de la variedad C fue 4680 L.ha^{-1} en madurez fisiológica, diferente estadísticamente a los estados de grano pastoso y floración.

8.1.3- Análisis del rendimiento de Etanol obtenido en la segunda fecha de siembra para las tres variedades en estudio y los momentos de muestreos

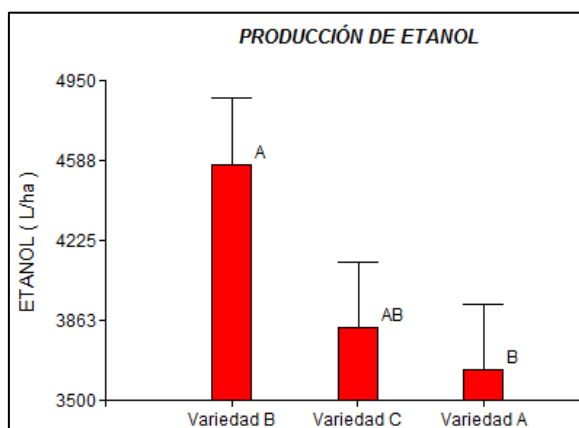


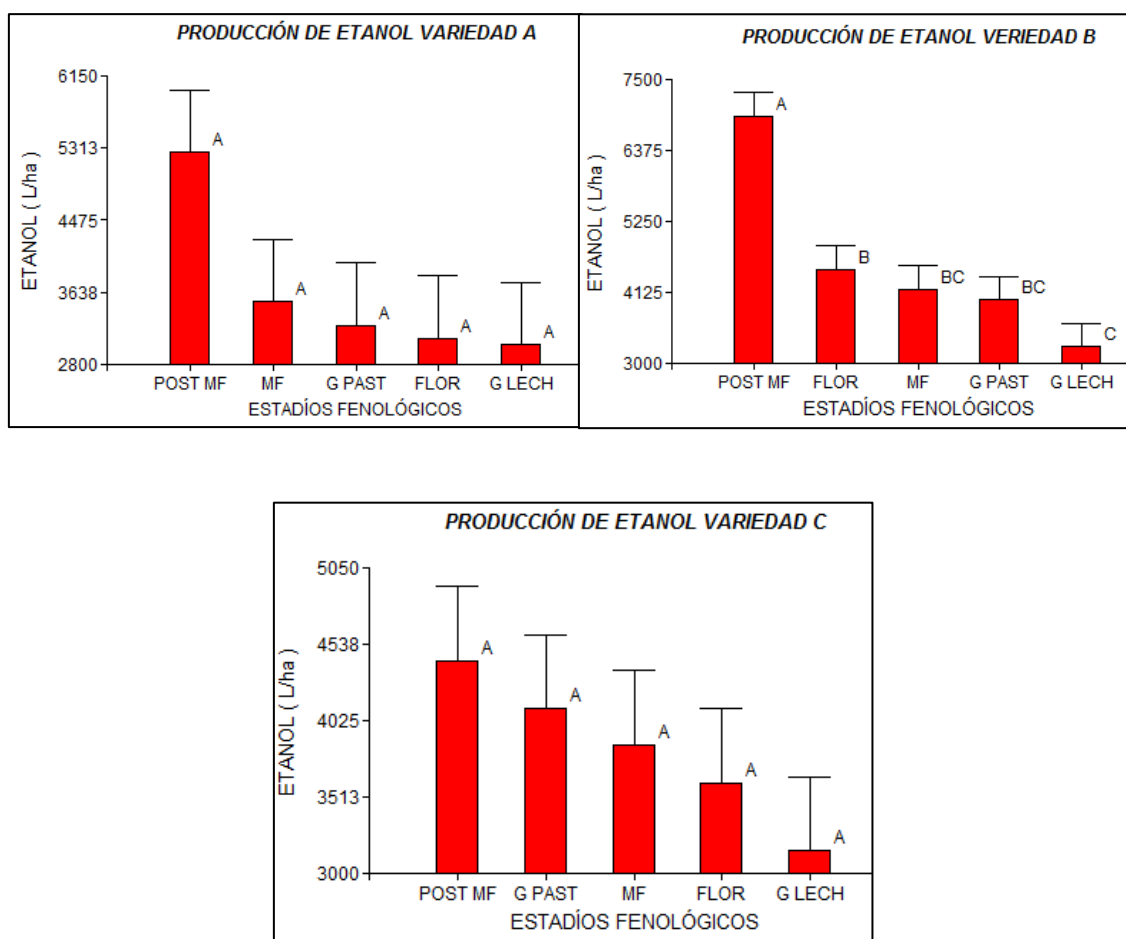
Figura N° 1.38 Producción de etanol comparando las tres variedades en la segunda fecha de siembra.

(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Realizando una comparación de promedios, entre variedades, comentamos que estadísticamente arrojan diferencias significativas. Según la estimación realizada

mediante la ecuación publicada por (Fasio y col 2011), la variedad B fue la de mayor producción de etanol, con 4570 L.ha⁻¹, la variedad C produjo 742 L.ha⁻¹ menos que B y la variedad A 934 L.ha⁻¹ menos.

8.1.4-Análisis del rendimiento de Etanol obtenido en la segunda fecha de siembra para las tres variedades en estudio y los momentos de muestreos



(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura N° 1.39 Estimación promedio de la variable “Producción de Etanol” en las tres variedades de estudio y sus correspondientes momentos de muestreo, segunda fecha.

En cuanto a la producción de etanol para los sucesivos muestreos, la variedad A no arroja diferencias significativas en cada fase, sabiendo que obtuvo la mayor producción de alcohol en post madurez fisiológica (5267 L.ha⁻¹).

La variedad B produjo en post madurez fisiológica 6917 L.ha⁻¹, diferenciándose estadísticamente de los restantes muestreos.

En cuanto a la variedad C, produjo 4424 L.ha⁻¹ en post madurez fisiológica siendo el mayor valor obtenido, pero sin diferenciarse estadísticamente de sus pares.

En la primera fecha de siembra para la variedad A se obtuvo 5117 L/ha de etanol (Figura 1.36), valores similares menciona Medina, N, 2018, en investigaciones realizadas en Paraguay, en la cual reportan producciones de etanol en el orden de 5000 a 7000 litros por hectárea (l etanol/ha), estos valores son superiores a lo obtenido en la segunda fecha de siembra del presente ensayo.

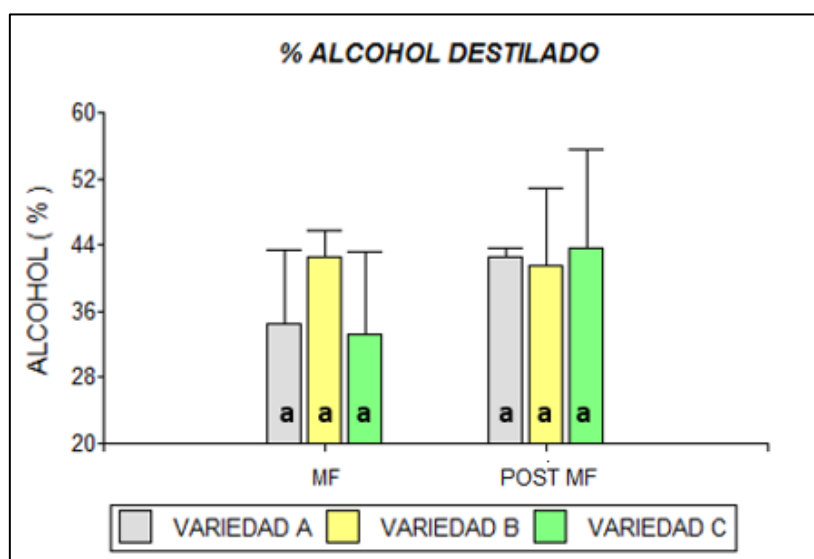
Se debe tener en cuenta que para la producción potencial de etanol por hectárea, en ambas épocas de siembra, se realizó una estimación en función de la materia verde de tallo, propuesto en el apartado 8.1. Se evidencia que, en aquellos materiales que sean mayores los valores de MV, mayores será el rendimiento potencial de etanol/hectárea. Este valor es un teórico posible, ya que el valor real depende fundamentalmente del porcentaje de extracción que se logre con el trapiche en la industria en cuestión.

8.2- Análisis del “% de Alcohol” obtenido por fermentación en las tres variedades de estudio

Luego de la fermentación del mosto azucarado, este se somete a un proceso de separación llamado destilación. Este proceso consiste en la separación de los componentes por sus distintas temperaturas de ebullición, resultado del mismo, es alcohol con una proporción de agua, denominado etanol hidratado. A escala industrial y para ser comercializado debe sufrir luego, un proceso de deshidratación.

El siguiente apartado tuvo como objetivo la determinación del porcentaje de alcohol presente, en lo recolectado luego del proceso de destilación.

8.2.1-Evolución del % de alcohol en los últimos dos momentos fenológicos para la primera fecha de siembra



(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura N° 1.40 Resultado promedio del % de alcohol destilado en los dos momentos fenológicos, las tres variedades en estudio en la primera fecha de siembra.

En base a lo obtenido por fermentación y destilación del mosto azucarado se realizó el análisis del alcohol recolectado, al cual se le midió el porcentaje de alcohol con un instrumento de precisión (Densímetro Anton paar DMA 1001) el cual determina de manera automática el porcentaje y lo corrige a 20° Celsius, temperatura estándar de medición.

En la figura N°1.40 se puede observar que las variedades evaluadas, para cada fase fenológica evaluada, no arrojaron diferencias estadísticas significativas. Sin embargo se observa que para el estadio de madurez fisiológica, la variedad B produjo 8.1% más respecto a la variedad A y 9.36% más que B. En el estadio post MF, la variedad C fue la que obtuvo el mayor porcentaje, superando a la variedad A en 1.2% y, a la variedad B en 2.24%.

Tabla N° 1.9 Análisis de la varianza para la variable producción de alcohol por destilación, en las últimas dos fases fenológicas, para la primer fecha de siembra y las tres variedad de estudio.

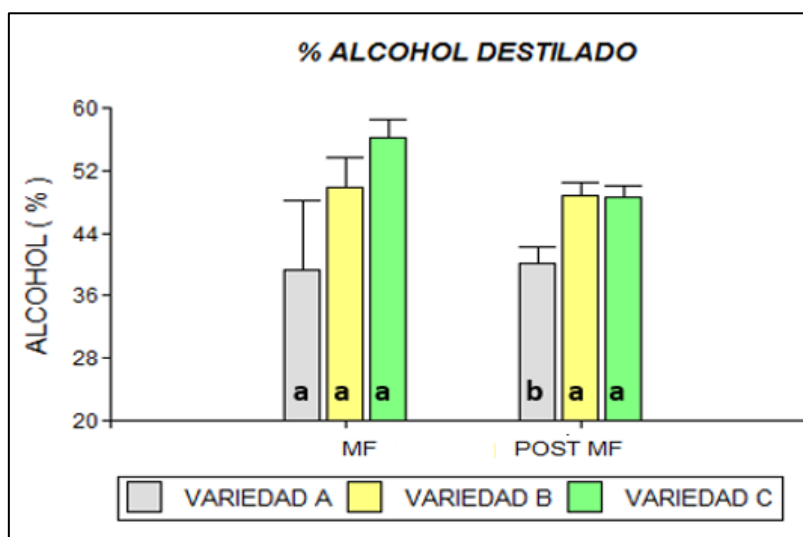
Análisis de la varianza ($p > 0,05$) para la variable % Alcohol Destilado		
	MF	POST MF
Variedad A 10-3385	34,53 ^a	42,49 ^a
Variedad B 10-3385	42,63 ^a	41,45 ^a
Variedad C 10-3358	33,27 ^a	43,69 ^a

(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Según resultado del análisis de varianza presente, se puede observar claramente que no existen diferencias significativas entre fases fenológicas en las tres variedades.

Se debe tener presente que, en la variedad A y C la tendencia fue de aumentar la producción de alcohol en la etapa de post madurez fisiológica. Esto no fue así, en la variedad B, en la cual hay 1 punto porcentual de diferencia, a favor de la etapa MF.

8.2.2-Evolución del % de alcohol en los últimos dos momentos fenológicos para la segunda fecha de siembra



(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Figura N° 1.41 Resultado promedio del % de alcohol destilado en los dos momentos fenológicos, las tres variedades en estudio en la segunda fecha de siembra.

En cuanto al análisis del porcentaje de alcohol para la segunda fecha de siembra, denota que en el primer estadio muestreado, las tres variedades no arrojan diferencias significativas entre sí, aunque la variedad C fue la de mayor rendimiento, con 6.48% más que a variedad B y 17% más respecto a la variedad A.

Caso contrario lo que sucede en la última fase, post MF, en la cual la variedad A es la de menor rendimiento y se diferenci6 significativamente de las restantes, produciendo 8% menos de alcohol respecto a sus pares.

Tabla N° 1.10 An6lisis de la varianza para la variable producci6n de alcohol por destilaci6n, en las 6ltimas dos fases fenol6gicas, para la segunda fecha de siembra y las tres variedades de estudio.

An6lisis de la varianza ($p > 0,05$) para la variable % Alcohol Destilado		
	MF	POST MF
Variedad A 10-3385	39,18 ^a	40,16 ^b
Variedad B 10-3385	49,78 ^a	48,80 ^a
Variedad C 10-3358	56,26 ^a	48,61 ^a

(Para cada variedad, letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Obs6rvese aqu6 que, en la variedad A y B no existen diferencias significativas entre estadios fenol6gicos evaluados; en cambio para la variedad C, existe 7,65% m6s de alcohol destilado en madurez fisiol6gica respecto de post madurez, esta diferencia es significativa.

Se puede observar que en la segunda fecha de siembra, existe un efecto de aumento en el porcentaje de alcohol, en la fase de madurez respecto a post MF, esto se cumple para la variedad B y C, no as6 en la variedad A.

8.2.3-Porcentaje de alcohol promedio de los últimos dos momentos fenológicos para las dos fechas de siembra evaluada y las tres variedades en estudio

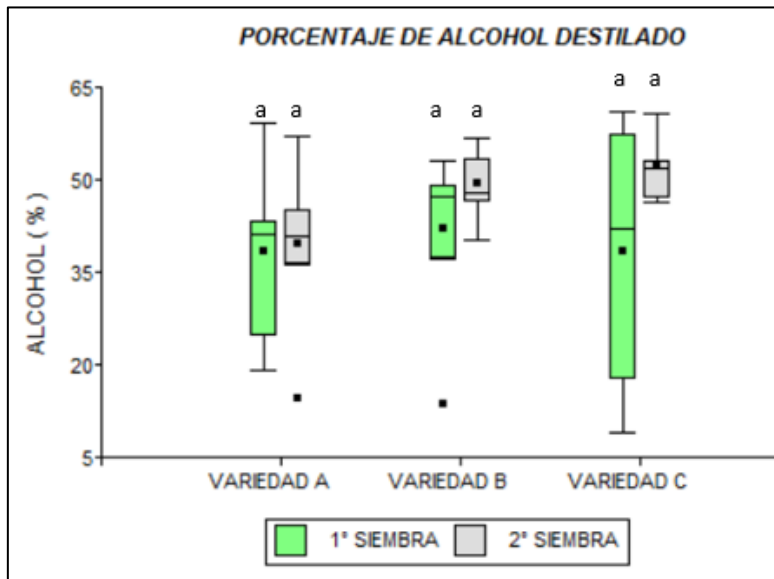


Figura N° 1.42 Porcentaje de alcohol promedio de los últimos dos momentos fenológicos comparando ambas fecha de siembra, para las tres variedades en estudio.

En cuanto al porcentaje de alcohol destilado, se puede comentar que en primera instancia no arrojan diferencias significativas entre fechas de siembra para cada variedad.

A su vez, gráficamente se puede observar la variabilidad de los datos recolectados para la primera fecha de siembra en las tres variedades, lo contrario sucede en la segunda fecha, ya que las barras/cajas Box-Plot son más compactas.

Por otro lado, cabe mencionar que en promedio la segunda fecha de siembra arroja mayores porcentajes de alcohol, teniendo en cuenta que para la variedad A, la diferencia es de 1 punto porcentual entre fechas, en cuanto a la variedad B, esta diferencia asciende a 7,3% y para la variedad C, la diferencia es aún mayor, aquí tenemos 14%, entre fechas de siembra.

Por todo lo descripto, y con la salvedad de que no hay diferencias estadísticas entre fechas de siembra, se puede concluir que para la variedad B y C, son óptimas las fechas de siembra tardías, ya que el porcentaje de alcohol obtenido fue mayor. Sin embargo, para esta variable, en la variedad A, es indiferente a la fecha de siembra.

8.3- Análisis de las variables “% de Alcohol” vs “°Brix” obtenido por fermentación en las tres variedades de estudio

8.3.1-Comparación del % de alcohol vs °Brix en los últimos dos momentos fenológicos para la primera fecha de siembra

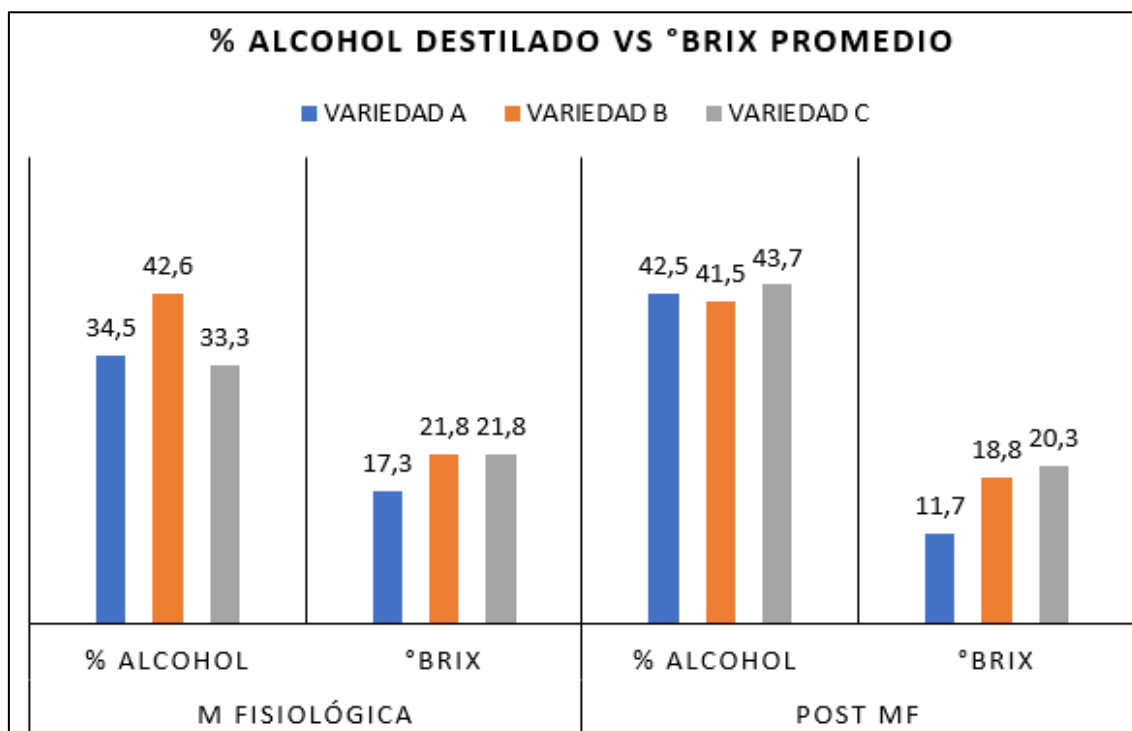


Figura N° 1.43 Evolución promedio del % de Alcohol vs °Brix obtenido por fermentación en los momentos de MF y Post MF, para las 3 variedades, primera fecha de siembra.

Es posible analizar en el gráfico que, a medida que va madurando el cultivo de sorgo, se visualiza una tendencia negativa para la variable °Brix en las 3 variedades. Esto significa asumir que se complementa muy bien con la tendencia alcista o positiva para la estimación promedio del % de alcohol, realizado por método de fermentación del mosto azucarado, en las dos etapas del cultivo. Además se puede observar como el % Alcohol de la variedad B no difiere prácticamente en ambos momentos fenológicos.

Resumiendo, de la interacción entre variables de la figura N° 1.29 y 1.40 se puede decir que el momento óptimo de cosecha para el cultivo de sorgo azucarado sembrado en el mes de noviembre, para la producción de etanol, basándose en las variables “°Brix ” y “ % Alcohol destilado”, para la variedad A, estaría situado cercano a Madurez Fisiológica con posibilidad de extenderse un corto periodo posterior a la misma, resignando sólidos solubles en tallo pero considerando que el % de alcohol obtenido por fermentación no

difiere entre ambos momentos. En cuanto a la Variedad B y C, se podría decir que son variedades más nobles y plásticas, porque se puede extender el momento de corte perfectamente hasta post madurez fisiológica, ya que el % de alcohol a obtener no varía, más allá que se note una disminución leve en el contenido de °Brix.

Siempre se deberá monitorear el cultivo, realizando las evaluaciones pertinentes a materia seca y porcentaje de jugos, ya que este último va en detrimento respecto a la materia seca, porque cuanto más se aproxima al momento de senescencia mayor será la proporción de carbohidratos estructurales y menor la de sólidos solubles en tallo.

Los factores claves a observar son los °Brix y el porcentaje de alcohol, sin embargo, cabe aclarar que a medida que disminuye el porcentaje de jugos en tallo, también lo hace el porcentaje de extracción, un punto importante a tener en cuenta, ya que cuanto más bajo sea la extracción, más ineficiente se hace el proceso, dificultando y reduciendo de esta manera la extracción de los sólidos solubles del tallo, consecuencia de esto menor mosto a fermentar y menor alcohol.

8.3.2-Comparación del % de alcohol vs °Brix en los últimos dos momentos fenológicos para la segunda fecha de siembra

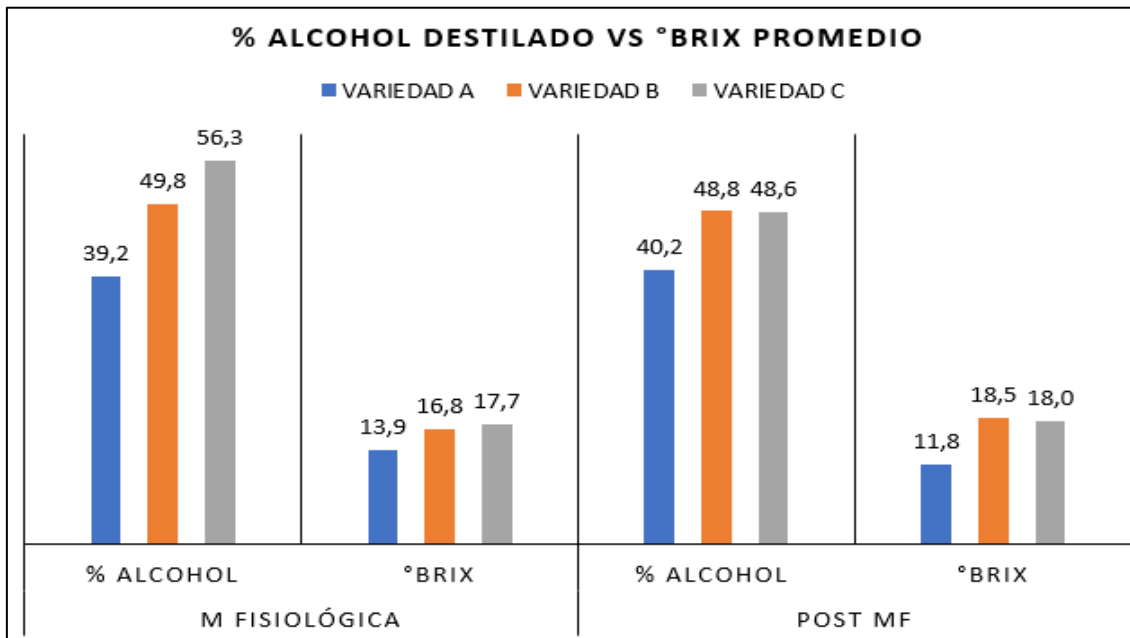


Figura N° 1.44 Evolución promedio del % de Alcohol vs °Brix obtenido por fermentación en los momentos de MF y Post MF, para las 3 variedades, segunda fecha de siembra.

Respecto al cuadro presentado, se puede decir que, a medida que madura el cultivo de sorgo, se visualiza una tendencia negativa para la variable °Brix en la variedad A, el comportamiento descrito se complementa muy bien con la tendencia positiva para la estimación promedio del % de alcohol, realizado por método de fermentación del mosto azucarado, en las dos etapas del cultivo, además se puede observar como el % Alcohol de la variedad B no difiere prácticamente en ambos momentos fenológicos.

Resumiendo, de la interacción entre variables de la figura N° 1.30 y 1.41 se puede decir que el momento óptimo de cosecha para el cultivo de sorgo azucarado sembrado en el mes de enero, para la producción de etanol, basándose en las variables “ °Brix ” y “ % Alcohol” para la variedad A estaría situado cercano a Madurez Fisiológica con posibilidad de extenderse un corto periodo posterior a la misma, resignando sólidos solubles en tallo pero considerando que el % de alcohol obtenido por fermentación no difiere entre ambos momentos. En cuanto a la Variedad B, es posible afirmar que se comportó de igual manera en ambos muestreos, permaneciendo prácticamente constante el porcentaje de alcohol obtenido, por el cual se podría extender el momento de corte en esta segunda fecha de siembra perfectamente hasta Post Madurez Fisiológica. Respecto a la Variedad C, si bien es la de mayor producción de etanol hay que tener en cuenta que cuanto más nos demoremos en el corte luego de madurez fisiológica, el % de alcohol en tallo disminuye de manera considerable, más allá que los °brix se mantengan relativamente estable.

Siempre se deberá monitorear el cultivo, realizando las evaluaciones pertinentes a materia fresca o seca y porcentaje de jugos, ya que este último va en detrimento respecto a la evolución de la materia seca, cuanto más nos aproximamos al momento de senescencia mayor será la proporción de carbohidratos estructurales y menor la de sólidos solubles en médula. Sin embargo, los factores claves a observar son los °Brix y el porcentaje de alcohol que se pueda obtener cuando se fermenten de esos sólidos solubles distribuidos a lo largo del tallo.

8.4- Análisis de la materia verde de Tallo como variable que predice la producción de etanol para las tres variedades en estudio

8.4.1-Rendimiento de etanol, estimado en función de la Materia Verde de tallo como predictora, para la primera fecha de siembra

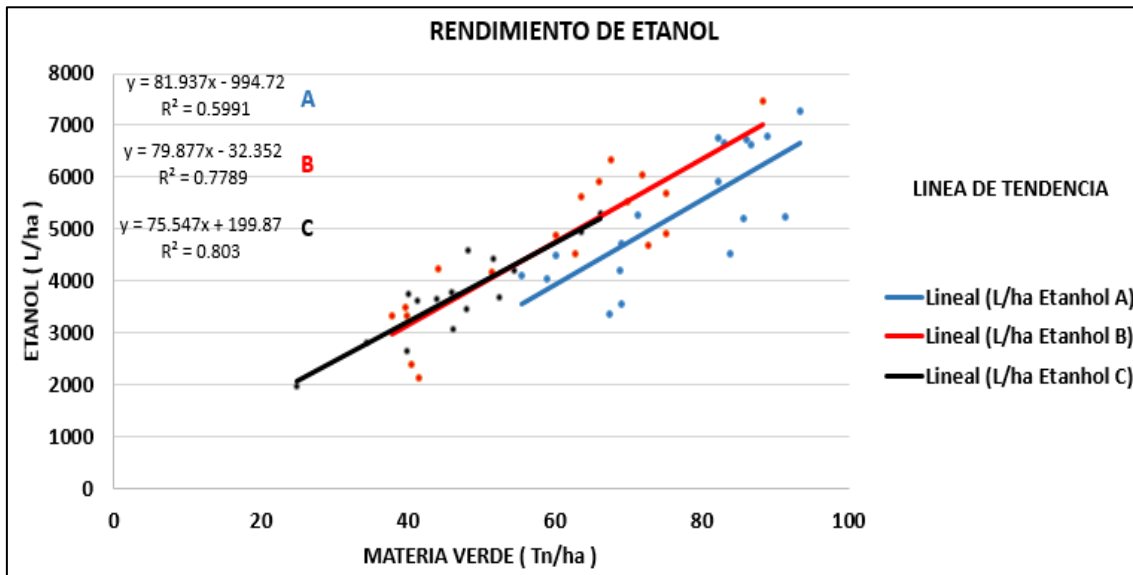


Figura N° 1.45 Análisis de la Variable “Rendimiento de Etanol” en función de la MV de tallo como predictor del rendimiento, en la primera fecha de siembra y los tres materiales evaluados.

Cabe destacar que el coeficiente de determinación (R^2), permite evaluar en qué grado el modelo de regresión lineal que se realizó, a partir de un conjunto de observaciones, explica las variaciones que se producen en la variable dependiente (Etanol L/ha^{-1}). Este coeficiente nos indica el grado de ajuste de la recta de regresión a los valores de la muestra, y se define como el porcentaje de la variabilidad total de la variable dependiente Y (Etanol L/ha^{-1}) que es explicada por la recta de regresión. A su vez es muy importante medir la intensidad de la relación entre estas dos variables en estudio, mediante el Coeficiente de Correlación de Pearson (r). (Laguna, Clara (s.f.))

Por lo tanto, la variedad A posee una asociación moderada r 0,77 y el modelo lineal explica solo 59 % de la variabilidad total; para la variedad B y C el modelo explica el 78% y 80% de la variabilidad total, respectivamente, y presentan una asociación alta entre variables, r 0,88.

8.4.2-Rendimiento de etanol estimado a partir de la Materia Verde de tallo como predictor, en la segunda fecha de siembra.

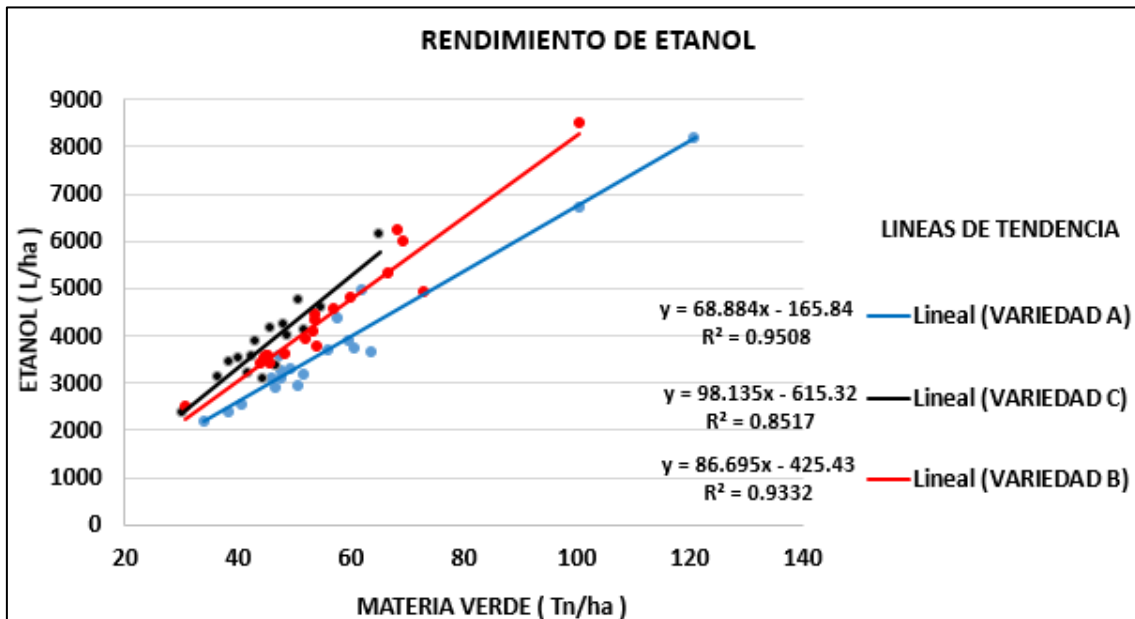


Figura N° 1.46 Análisis de la Variable “Rendimiento de Etanol” en función de la MV total como predictor del rendimiento, en la segunda fecha de siembra y los tres materiales evaluados.

Respecto a la Figura N°1.46 la variedad A posee una asociación alta r 0,96 y el modelo lineal explica solo 95 % de la variabilidad total; para la variedad B la asociación entre variables es alta r 0.94 y el modelo lineal realizado explica 93% de la variabilidad. Por último y no menos importante, la variedad C con una asociación alta r 0.71 y el modelo lineal explica solo 85 % de la variabilidad total.

Según ensayos realizado en Brasil, para fechas de siembras tempranas, lo comentado por Renan Silva e Souza, et al. (2016) es que la producción de etanol óptima promedio debería ser 60 L.tn^{-1} MF producida, por lo tanto para una producción de 100 Tn.ha^{-1} de materia fresca, se deberían obtener 6000 L.ha^{-1} . En el presente ensayo, los valores promedios obtenidos superan lo propuesto para Brasil, en la fecha de siembra temprana para la variedad B y C se obtuvo $60,86$ y $72,94 \text{ L.ha}^{-1}$, respectivamente. En cambio, la variedad A, obtuvo un rendimiento inferior, $59,00 \text{ L.ha}^{-1}$.

9- Conclusiones generales

Es posible afirmar que, bajo las condiciones medio ambientales del noreste de Santa Fe, es factible la producción de sorgo azucarado para la integración en la cadena sucro-alcoholera de la caña de azúcar, ya que queda comprobado que es un cultivo noble, de buen comportamiento, el cual con un mínimo “input” de agua, llega a producir grandes cantidades materia verde para la producción de etanol.

- 1- La producción de Etanol obtenida en este trabajo alcanzo valores que en fecha de siembra temprana superan los 5 mil litros/ha, este valor permite concluir que el cultivo de sorgo azucarado es una alternativa válida en la producción de etanol para la zona.
- 2- La mejor performance en cuanto a la producción de etanol fue la obtenida en fecha temprana, lo cual indica que la cosecha para etanol se produce en el mes de enero, dejando un período de, al menos 90 días, en el que se puede aprovechar el rebrote con fine forrajeros directo o diferido.
- 3- La producción de materia verde se correlaciona con el valor de porcentaje de jugos y la producción de etanol, teniendo estas variables una mayor expresión en la siembra de primavera, lo cual explica la mejor performance determinada para esta fecha de siembra.
- 4- De las variedades evaluadas, destacamos que la producción de la Variedad-A, fue significativamente superior a las otras en cuanto a producción de materia verde como de etanol, en la fecha temprana, mientras que en la fecha tardía, fue superada por la producción de las variedades B y C., este comportamiento hace suponer que la variedad A, tuvo un comportamiento más forrajero que alcoholero, concepto que lo afirma el menor contenido de solidos disueltos en jugos (°Brix), de esta variedad respecto a las otras dos evaluadas.
- 5- El estadio fenológico de madurez fisiológica fue el momento de mayor rendimiento de etanol, para las tres variedades, en la fecha temprana, indicando esto como el momento óptimo de corte para esta finalidad.
- 6- En la siembra tardía, además de caer significativamente la producción global de etanol, se observó que, el momento de corte es más amplio, ya que desde floración a post-madurez no hubo diferencias respecto a la producción de este alcohol.

10- BIBLIOGRAFÍA

Agriculture Organization of the United Nations.

[\(http://www.fao.org/docrep/t4470e/t4470e07.htm#4.1.%20components%20of%20sweet%20sorghum%20stem%20juice\)](http://www.fao.org/docrep/t4470e/t4470e07.htm#4.1.%20components%20of%20sweet%20sorghum%20stem%20juice).(04/03/2018).

Balestra Oscar. 2012. “Análisis para determinar la mejor alternativa entre sorgos azucarados y sorgos graníferos, para la producción de bioetanol en el Noreste Argentino. Proyecto final de tesis, Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA). Universidad Privada.
<https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/801/B184a%20-%20An%C3%A1lisis%20para%20determinar%20la%20mejor%20alternativa%20entre%20sorgos%20azucarados%20y%20sorgos%20gran%C3%ADferos%2C%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20bioetanol%20en%20el%20Noreste%20Argentino.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Calderón Pérez, Nayda M. Evaluación del uso de antibióticos como mecanismo para el control de contaminantes bacterianos en la fermentación para la producción de alcohol etílico. Trabajo de Grado (Microbiólogo Industrial). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Microbiología Industrial. Bogotá. 2007.

Cárcova, Jorgelina., Abeledo L. Gabriela., Pereira Lopez, Mónica. 2018. Análisis de la Generación del Rendimiento: Crecimiento, Partición y Componentes. En Satorre Emilio (Ed.), Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo. Sección II., Capítulo 6. Pag.77-78. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Editorial Facultad de Agronomía.

Carrasco, N., Zamora, M.2011. Capítulo 4. Inclusión del sorgo en la rotación. Manual de Sorgo. (Pág. 22-23).

Casen, S., Medina, M., Fernández G., P., Sanchez Ducca, A.; De Boeck, G y Romero, E. Híbridos de Sorgo Azucarado seleccionados para la producción de alcohol de 1ª generación en el Goroeste Argentino. 2012.

<http://www.eeaoc.org.ar/upload/contenido/pdf/20120928132611000000.pdf>.

(04/04/2020)

Daniel E. Ekefre., Ajit K. Mahapatra., Mark Latimore Jr., Danielle D. Bellmer., Umakanta Jena., Gerald J. Whitehead., Archie L. Williamsa. 2017. Evaluation of three cultivars of sweet sorghum as feedstocks for ethanol production in the Southeast United States. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844017324465#!>.(11/05/2020)

Duncan, R.R., Bramel-Cox, P.J., Miller, F.R., 1991. Contribuciones del germoplasma de sorgo introducido al desarrollo híbrido en los Estados Unidos. Uso de introducciones de plantas en el desarrollo de cultivares. Parte I, CropScienceSociety of América, págs. 69-102.

Espindola C. M., Wuthrich, A. F., Deambrosi, A. M., y Giorda, L.M. 2017. Investigación en Campo de Productor. Generación de conocimientos para Producción Ganadera. <https://inta.gob.ar/documentos/inta-aer-las-toscas-y-el-sorgo>. (03/03/2018).

Espino Luis M., Seveso, Miguel A., 1982. Carta detallada de suelos, semillero del COE Tacuarendi. Departamento de Agro hidrología, división de suelos. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Provincia de Santa Fe.

Fassio A., Vázquez Daniel., Ceretta Sergio. 2007. Convenio INIA-ANCAP II para la Producción de Sorgo Azucarado. Rendimiento de etanol a partir de jugos de sorgo dulce. http://www.inia.org.uy/estaciones/la_estanzuela/actividades/documentos/proyecto_sorgo_azucarado_inia_ancap_2007.pdf. (06/05/2020)

Fassio Alberto., D'Ottone Federico., Rodríguez J. Marcelo., Ceretta Sergio., Vázquez Daniel., Rabaza, Carlos., Vergara, Glenda. 2011. El sorgo azucarado como materia prima para la producción de alcohol carburante: la experiencia de INIA La

Estanzuela. Revista N°26, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIA Uruguay. Pág. 39-44.

Figueiredo Júnior José M. M., Martins Oliveira I. C., Costa Parrella R. A., Schaffert Robert E. 2019. Crescimento e produção de biomassa em híbridos de sorgo para fins de bioenergia em diferentes épocas de colheita. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212304/1/Crescimento-producao.pdf?fbclid=IwAR1JA7FHtfNsLqTixv5uRZzmV9WxN0d3hhBNGaKHXtrUAYVUCQtsBcwFUNY>. (11/05/2020)

Giorda, L.M. 2018. INTA Manfredi y el Sorgo - Dictado Curso Sorgo para Bioenergía. Parte I - Dictado Curso en UTN FRA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/ciclo_de_orientacion_energia_de_la_biomasa_cultivos_energeticos_sorgo_parte_i.pdf

Giorda, Laura M., Ludueña, Maximiliano, Alverani, Daniel, Camilloni, Mathias y Batisoco, Walter. 2017. Nuevos desarrollos: híbridos y variedades graníferos y forrajeros 2017. <https://inta.gob.ar/documentos/inta-manfredi-y-el-sorgo-nuevos-desarrollos-hibridos-y-variedades-graniferos-y-forrajeros-2017>. (10/03/2018).

Giorda, L. M., Ortiz, D y Donato, L.B. 2012. ¿Por qué sorgo para bioenergía en Argentina? <https://inta.gob.ar/documentos/porque-sorgo-para-bioenergia-en-argentina>. (10/03/2018).

Giorda, Laura M. y Cordes, Guillermo G. 2010. Sorgos de alta energía para biocombustible. <https://inta.gob.ar/documentos/sorgos-de-alta-energia-para-biocombustible>. (14/03/2018).

Giorda, Laura. M., Ortiz, D. 2012. Prácticas de manejo en sorgos azucarados para la obtención de etanol en Argentina. <https://inta.gob.ar/documentos/practicas-de-manejo-en-sorgos-azucarados-para-la-obtencion-de-etanol-en-argentina>. (10/03/2020)

Kantolic, G. Adriana., Elba B. de la Fuente., Ploschuk L, Edmundo. 2013. Generación del Rendimiento y su calidad en los cultivos industriales: bases Ecofisiológicas y decisiones de manejo. En De La Fuente, Elba (Ed.). Cultivos Industriales. Sección I Capítulo 1.2. Pag. 44-50. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Editorial Facultad de Agronomía.

Khalil, Soha RA., Abdelhafez A.A., Amer E.AM. 2015. Evaluation of bioethanol production from juice and bagasse of some sweet sorghum varieties. (29/04/2020) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S057017831500041X?via%3Dihub#!>

Laguna, Clara. 2014. Correlación y regresión lineal. Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud. (15/04/2020) <http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T04.pdf>

Lesafre Advanced Fermentations. Ethanol Red. Levadura seca para producción de etanol

Medina, Norma Eliana Soledad, 2018. Potencial del sorgo azucarado como un cultivo complementario de la caña de azúcar para la producción de bioenergía. Trabajo Final Integrador para optar al Grado Académico Superior de Especialista en Ingeniería Bioenergética. <https://ria.utn.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12272/4359/8%20TFI%20Medina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (05/05/2020)

Normas APA, Sexta Edición, Centro de Escritura Javeriano, Pontificia Universidad Javeriana, seccional Cali. Actualización, mayo de 2019. https://www2.javerianacali.edu.co/sites/ujc/files/normas_apa_revisada_y_actualizada_mayo_2019.pdf

Ortiz, D., Fariña, J., Giorda, L.M., Ludueña, M., 2012. Productividad de Sorgos Azucarados para la Obtención de Etanol en Diferentes Ambientes de Argentina. <https://inta.gob.ar/documentos/productividad-de-sorgos-azucarados-para-la-obtencion-de-etanol-en-diferentes-ambientes-de-argentina>. (04/05/2020)

- Rey, Jorge., Torrecillas, M. 2015. Sorgo dulce para bioenergía: Ajustando el manejo del cultivo. Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Pág. 21-26.
- Romero, E. R.; G. Cárdenas; J. Scandaliaris y S. Casen. 2010. Aprovechamiento bioenergético integral de la caña de azúcar y sorgo azucarado en el NOA. Importancia y perspectivas. Avance Agroind. 31 (3): 19–25.
- Romero, E. R.; Cárdenas, G.; Ruiz, M.; Casen. S.; Fernández González, P.; Sánchez Ducca, A; Silvia Zossi, S; De Boeck, G.; Gusils, C; Tonatto, J.; Medina, M; Caro, R., y Scandaliaris, J.; 2012. Integración del sorgo azucarado a la cadena de aprovechamiento bioenergético de la caña de azúcar en Tucumán, R. Argentina. Avance Agroindustrial.
- Romero, R. Eduardo., Digonzelli, A. Patricia., Fernandez de Ullivarri, Juan. AÑO. Cultivos Industriales. Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. Seccion VII Capitulo 7.1. Pag. 777-778.
- Sánchez Ducca, A., Romero, E. R., Casen, S. D., Fernández González, P. E., Medina, Maria M. 2018. <http://www.eeaoc.org.ar/contenidos/11/15/187/385/Sorgo-azucarado-Crecimiento-y-desarrollo-del-hibrido-de-sorgo-Argensil-165-BIO-> (26/03/2020)
- Siri-Prieto Guillermo., Ernst Oswaldo., Martinez-Heaedo., Albano Sergio. 2006. Productividad del sorgo dulce para la producción de etanol según variedad, época de siembra y población en el Noroeste Uruguayo. (15/04/2020).
- Souza1, R. Silva., Costa Parrella R. Augusto., Souza V Fillipe., Durães Parrella N. N. Lacerda. 2016. Maturation curves of sweet sorghum genotypes. https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542016000100046&lng=en&tlng=en#f1. (04/05/2020)

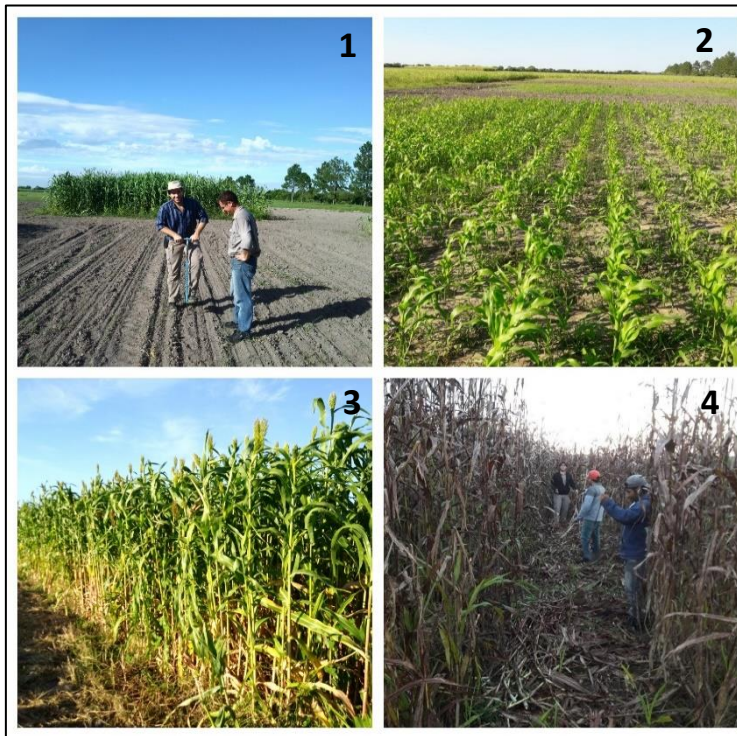
Tassiano Maxwell M, Câmara., Diógenes dos Anjos de Medeiros., Herácliton de Éfeso da Silva. 2016. Características tecnológicas do caldo de sorgo sacarino em função da população de plantas e espaçamento entre linhas. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1048154/caracteristicas-tecnologicas-do-caldo-de-sorgo-sacarino-em-funcao-da-populacao-de-plantas-e-espacamento-entre-linhas>.(05/05/2020)

ANEXO – 1

Fotografías representativas de las parcelas y del proceso
productivo del ensayo realizado.

Centro Operativo Experimental Tacuarendí (C.O.E.T.). Santa Fe.

- Fotografía del proceso productivo del Cultivo de Sorgo Azucarado.



N°1: Muestreo de suelo, determinación de fertilidad química. (al fondo cultivo de sorgo sembrado en primavera)

N°2: Cultivo en etapa Vegetativa.

N°3: Etapa reproductivas del cultivo de sorgo.

N°4: Último corte del cultivo en etapa madurativa.

Fuente: Elaboración propia.

- Imagen en corte transversal del tallo de sorgo azucarado.

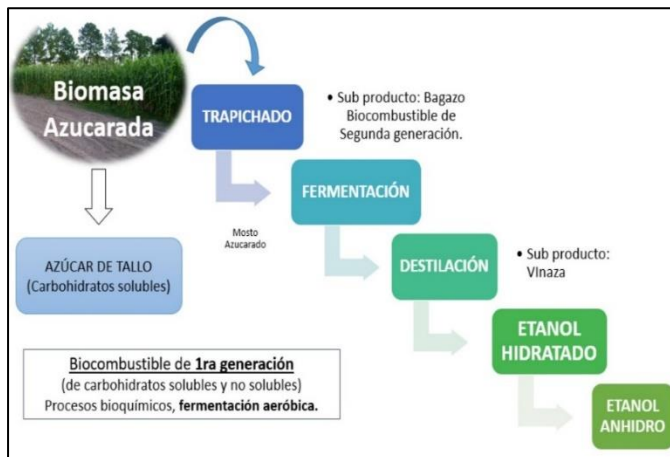


Corte transversal del tallo de Sorgo, evidencia la medula

- Siembra del cultivo de sorgo azucarado.



- Esquema del proceso de obtención de etanol.



Esquema del proceso de obtención de alcohol. Fuente: elaboración propia

Aquí se menciona en términos visuales el proceso para la obtención de Etanol. Cabe destacar que, cada proceso tiene sus especificaciones y procedimiento para realizarlo de

manera correcta y eficiente. Balestra, O. 2012.

ANEXO – 2

Carta de suelo de la Serie “Tacuarendí” por Espino y Seveso (1982)

Resultados químicos del análisis de Suelos del sitio Experimental

CARTA DE SUELOS

SEMILLERO C.O.E TACUARENDI

A los fines de brindar una amplia y precisa información edáfica es que se realizó dicho relevamiento.-

El presente estudio está destinado especialmente a los técnicos y/o profesionales del Centro Operativo Experimental de Tacuarendí, con el propósito de contribuir a un mayor conocimiento de / los suelos del Semillero.

El aporte de nuevos elementos de juicio orientará al técnico, / para aplicar nuevas técnicas productivas en variedades cultivables adaptables a tales condiciones.-

El área en estudio ocupa una superficie total de 30 ha; se reconocieron dos unidades cartográficas a nivel de serie y una / fase por erosión.-

Taxonomicamente ambas series pertenecen al mismo orden de suelos Molisol, suborden Udol, gran grupo Argiudol y Subgrupo / Psaméntico.-

Serie TACURENDI (Tc)

Los suelos que corresponden a la serie Tacuarendí ocupan aproximadamente una superficie de 13.5 há; presentan un drenaje imperfecto, una pendiente inferior al 1% y un horizonte A₁ de escaso espesor.

Se ubican en ambientes de relieve muy suavemente ondulado a plano. La regularidad morfométrica detiene el libre escurrimiento superficial del agua, concentrándose temporariamente después de

Entre las principales limitaciones que presenta podemos enunciar:

- Una desequilibrada economía del agua, con pronunciados encharcamientos despues de fuertes precipitaciones por deficiente drenaje y escasa disponibilidad de humedad útil durante períodos secos por elevada proporción de arena superficial.
- Escaso nivel orgánico y débil agregación superficial.
- Moderada fertilidad actual y escasa fertilidad potencial.
- Cierta densificación entre los 7 y 15 cm de profundidad.
- Irregular distribución de lluvias.-

Serie SEMILLERO (Sm)

Los suelos que componen la serie Semillero ocupan una superficie aproximada de 13 ha; presentan un drenaje moderadamente bueno, una pendiente de 1-3% de dirección predominante norte y un relieve muy suavemente ondulado.-

Son suelos que tienen una marcada proporción de arenas (40-50%) en su parte superior y un moderado espesor de horizonte apto / agricolamente (A_1+A_3).-

En superficie presentan un horizonte A_1 -divisible a los 12 cm en A_p y A_{12} - de 22 cm de espesor, granular-fino-débil el primero y en bloques subangulares-finos-débiles el segundo; el color es pardo grisáceo (seco), la textura franca, la reacción medianamente ácida y el nivel orgánico bajo.-

Continúa un horizonte transicional A_3 de 15 cm de espesor, estructurado en bloques subangulares-medios-finos, de textura franca y con escasa presencia de cutanes órgano-argillanes.-

los moteados de Fe-Mn son escasos-finos-débiles. Subyace un horizonte B_1 de 18 cm de espesor, franco, estructurado en bloques angulares y subangulares-medios-moderados, de reacción debilmente ácida, con moderados cutanes de iluviación recubriendo las unidades estructurales y moteados comunes-finos y precisos.-

A partir de los 53 cm se inicia el horizonte B_2 de 22 cm de espesor, franco a franco-arcilloso, con bloques angulares medios moderados, media proporción de barnices, relación arcilla 2.1 y moteados comunes-finos-débiles.-

Desde los 75 cm y hasta los 110 cm se situa el horizonte B_3 , franco, con bloques subangulares y angulares-medios-moderados; además presenta abundantes chorreaduras de materia orgánica y escasos-finos-débiles moteados de Fe-Mn. A continuación se observa el horizonte C, masivo, franco y desprovisto de carbonatos.-

La información analítica detallada se describe en planilla 2.- Como en el caso anterior, la serie Semillero corresponde taxonomicamente a un Argiudol psaméntico.-

Ateniéndonos a su aptitud utilitaria, integra la clase II del sistema con las subclases dadas por limitaciones presente en la zona de mayor actividad radicular y de índole climático.

Las principales limitaciones que presenta la unidad son:

- Deficiente disponibilidad de humedad útil durante períodos / secos, por elevada proporción de arenas.-
- Pobre nivel orgánico y débil agregación superficial.-
- Mediana fertilidad actual y escasa fertilidad potencial.

- Densificación mecánica entre los 12 y 22 cm de profundidad.
- Irregular distribución de precipitaciones pluviales.-

Serie SEMILLERO - Fase Ligera a Moderadamente Erosionada

(Sm fH_1/H_2)

Ocupa una superficie aproximada de 3.5 ha. Dentro del área / en estudio, la erosión producida por el agua de lluvia se manifiesta nitidamente en el sector norte, próximo al arroyo. Los gradientes topográficos oscilan entre 1-3 %, la inclinación es principalmente de dirección norte y la longitud de / la pendiente inferior a los 500 mt.

Mediante la observación en campaña se ha podido determinar / que la pérdida superficial de suelo, alcanza en ciertos casos a los 10 cm.-

El tipo de erosión es mantiforme y deberá ser tomada muy en cuenta si se desea dar un uso agrícola a la unidad, a los fines de no agravar la situación.-

FORMULARIO DE RESULTADOS ANALITICOS


SERIE SEMILLERO (Sm)

Planilla No 2

Laboratorio	22786	87	88	89	90	91	92		
Fuente	A _p	A ₂₂	A ₃	B ₁	B ₂₂	B ₃	C		
Arquitectura (cm.)	0-12	12-22	22-35	35-53	53-75	75-110	110+		
Grado de humedad	1.011	1.012	1.020	1.022	1.035	1.036	1.030		
C (%)	0.84	0.62	0.75	0.70	0.42	0.21	0.11		
N (%)	0.072	0.077	0.068	0.054	0.044	0.040	-		
C/N	11	8	11	12	9	5	-		
Partícula (<2 μ)	11.0	14.0	16.0	18.0	26.5	25.5	24.0		
Almo (2-20 μ)	10.5	11.0	16.0	27.5	12.5	20.0	22.0		
Almo (2-50 μ)	39.8	41.0	39.7	40.1	36.9	43.4	47.4		
arena m. fina (50-100 μ)	15.1	12.2	10.9	11.2	12.8	10.5	9.5		
arena fina (100-250 μ)	31.5	30.5	30.6	27.9	22.9	19.1	17.9		
arena media (250-500 μ)	2.6	2.7	2.8	2.8	1.8	1.5	1.2		
arena gruesa (500-1000 μ)	-	-	-	-	-	-	-		
arena m.gr. (1000-2000 μ)	-	-	-	-	-	-	-		
Acidificación									
(%)	-	-	-	-	-	-	-		
Grado de humedad (%)	14.4	16.1	19.7	22.1	26.7	25.0	24.2		
Resistencia en pasta (Ohms)	6776	9120	3340	5735	4952	4014	4328		
Resistencia (1:2,5)	6.3	6.0	6.2	6.1	5.9	6.0	6.4		
Resistencia (mmhos/cm.)	-	-	-	-	-	-	-		
++	5.2	6.6	9.2	11.0	13.8	12.4	13.0		
++	0.8	1.2	1.6	1.2	2.4	2.0	1.8		
+	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		
+	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4		
m.e./100 gr.)	6.4	8.2	11.3	12.7	16.8	15.0	15.4		
analítico (m.e./100 gr.)									
m.e./100)NH ₄	10.4	12.0	15.6	16.2	21.2	20.6	19.2		
Reacción de T									
ble (%) ppm	10	10	10	-	-	-	-		
ble (%) ppm	200	60	80	-	-	-	-		
T. (%)									

iones: NO-gr%.....1.4.....1.1.....1.3.....1.2.....0.7.....0.4.....0.2.....

- Resultados del análisis de suelo del lote donde fue implantado el cultivo en el Centro Operativo Experimental Tacuarendi.

<div>  <div> <p>INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA</p> <p>Estación Experimental Agropecuaria Reconquista</p> <p>Ruta nº 11 Km 773 C.C. Nº 1 telefax: 03482- 420117/424592</p> </div> <div> <p>LABORATORIO SAV (suelos, agua, vegetales)</p> <p>INTA Reconquista</p> <p>TE: 03482-420117/424592</p> </div> </div>														
<p>RESULTADOS DE LOS ANALISIS</p> <p>Solicitó análisis: Ing. Carlos Espindola</p> <p>Fecha de recepción muestra: 08/02/19</p> <p>Fecha muestreo: 31/01/19</p>														
DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS					Muestra compuesta COET (0-20)									
CIC	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	P(disf.)	N Kjeldahl	Cox	M.O	pH actual	C.E	N-NH ₄	NH ₄	N-NO ₃	NO ₃
cmol ⁺ Kg ⁻¹	cmol ⁺ Kg ⁻¹	cmol ⁺ Kg ⁻¹	cmol ⁺ Kg ⁻¹	cmol ⁺ Kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	%	%	%	rel. 1:2,5	rel. 1:2,5	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
10,0	0,2	0,4	6,5	0,8	112,6	0,09	0,68	1,16	6,10	0,09	2,1	2,7	9,1	40,2