

# **CONVENIO INIA-ANCAP II PARA LA PRODUCCION DE SORGO AZUCARADO**

## **I. RENDIMIENTO DE ETANOL A PARTIR DE JUGOS DE SORGO DULCE.**

**TECNICOS PARTICIPANTES:** Ing. Agr. Alberto Fassio, QF (PhD) Daniel Vázquez, Ing. Agr. (M.Sc.) Sergio Ceretta.

**OBJETIVO GENERAL:** Ajustar la metodología para la estimación del rendimiento de etanol a partir de jugos azucarados de sorgo dulce (*Sorghum bicolor L. moench*)

Objetivos específicos (OE):

1. Ajustar el método de muestreo de la concentración de azúcar en los tallos;
2. Determinar la variación de la cantidad de jugo y concentración de azúcares en función del tiempo de almacenado poscosecha de los tallos;
3. Estimar la capacidad de predecir la producción de jugo azucarado de las plantas en función de su contenido de materia seca.
4. Estimar el rendimiento de alcohol en diferentes ambientes de crecimiento para dos genotipos de sorgo dulce

### **METODOLOGIA**

#### **Ensayos de campo**

El trabajo de campo se diseñó para generar diferentes ambientes de crecimiento, (variación ambiental) a través del manejo de la fecha de siembra (variación en la temperatura y el fotoperíodo) y la disponibilidad de agua. A tales efectos se determinaron dos áreas experimentales contiguas, uniformes en cuanto al tipo, una de las cuales sería manejada bajo riego y la otra bajo condiciones de cultivo de secano. En cada una de estas áreas se sembraron dos genotipos de sorgo dulce, Topper y M 81, en 3 fechas de siembra: 19 de octubre, 14 de noviembre y 15 de diciembre. La siembra se realizó en forma manual utilizando una distancia entre plantas y entre filas de 0,40m (distribución cuadrada). La población de plantas resultante fue de 62500 pl/ha.

La cosecha de tallos se realizó manualmente.

El diseño fue un factorial en parcelas divididas con 3 épocas y 2 cultivares realizado en bloques al azar.

#### **Determinaciones y metodología dentro de los diferentes objetivos específicos**

OE 1. Ajustar el método de muestreo de la concentración de azúcar en los tallos.;

A los efectos de facilitar la toma de muestra a analizar, se evaluó el “método de goteo”. El mismo consiste en presionar con una pinza sobre el corte de un tallo de tal forma que salga solo una o dos gotas de jugo, y que éstas caigan sobre un refractómetro manual digital.

Se estudio la variación en la concentración de azúcares (estimada mediante grados Brix, o °Brix) por el método de goteo en diferentes posiciones del tallo principal, y en los macollos (parte superior, medio e inferior). Adicionalmente se determinó la concentración de azúcar en el jugo extraído por medio de una juguera industrial de una muestra proveniente de la totalidad del tallo. El número de tallos utilizados fue de 15.

OE 2. Determinar la variación de la concentración de azúcares en función del tiempo de almacenado poscosecha de los tallos.

Los tallos cosechados fueron almacenados bajo techo y se determinó para una misma muestra la variación en concentración de azúcares en 4 momentos post-cosecha:

- a) Inmediatamente después del corte.
- b) A los 4 días del corte.
- c) A los 7 días del corte.
- d) A los 13 días del corte.

Para la determinación se tomaron 26 tallos a los cuales se les extrajo el jugo por el método de goteo.

OE 3. Estimar la capacidad de predecir la producción de jugo azucarado de las plantas en función de su contenido de materia seca.

Se comparó la estimación del contenido de jugo de los tallos, previamente molidos, simulando un chopeado, mediante dos métodos: 1. la estimación del contenido de materia seca de las plantas a través del secado en estufa, 2. el sistema de prensado utilizado en el Laboratorio de Cala de ALUR S.A. Se utilizaron 10 tallos por parcela donde una muestra fue luego puesta a secar en estufa a una temperatura constante de 70°C. Se determinó el % de pérdida de agua a las 24, 48, 72, 96 y 120 hs. posteriores. Otro set de muestras de tallo fue conservado a baja temperatura y luego utilizado para determinar el contenido de jugo por medio del sistema de prensado.

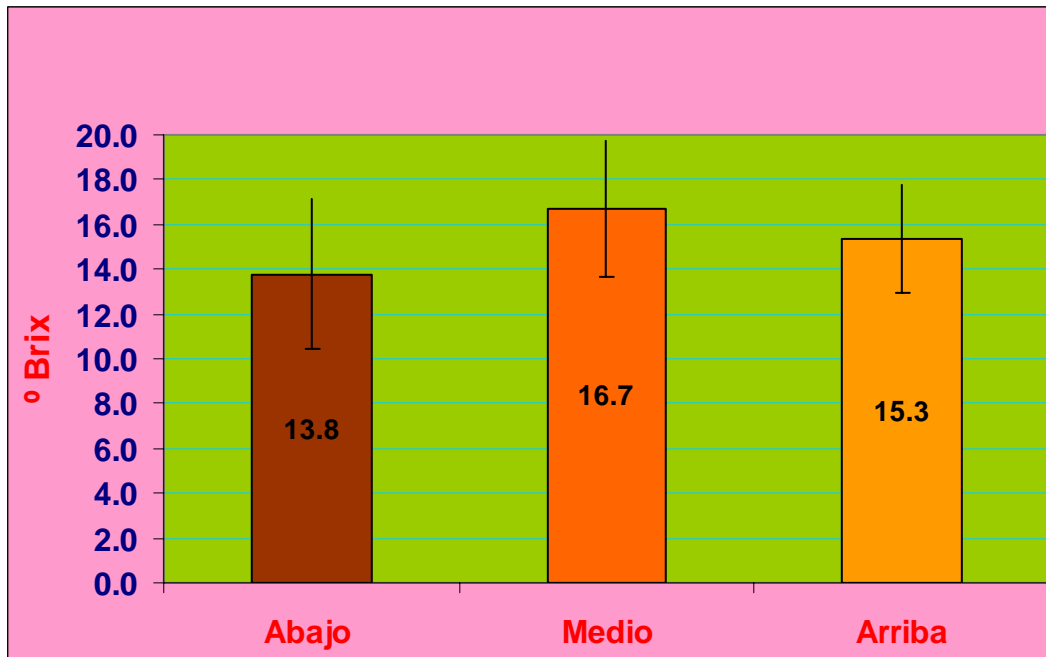
OE 4. Estimar el rendimiento de alcohol en diferentes ambientes de crecimiento, diferentes fechas de cosecha, para dos genotipos de sorgo dulce.

Para ambos cultivares en las tres fechas de siembra, utilizando 10 tallos por parcela, se determinó:

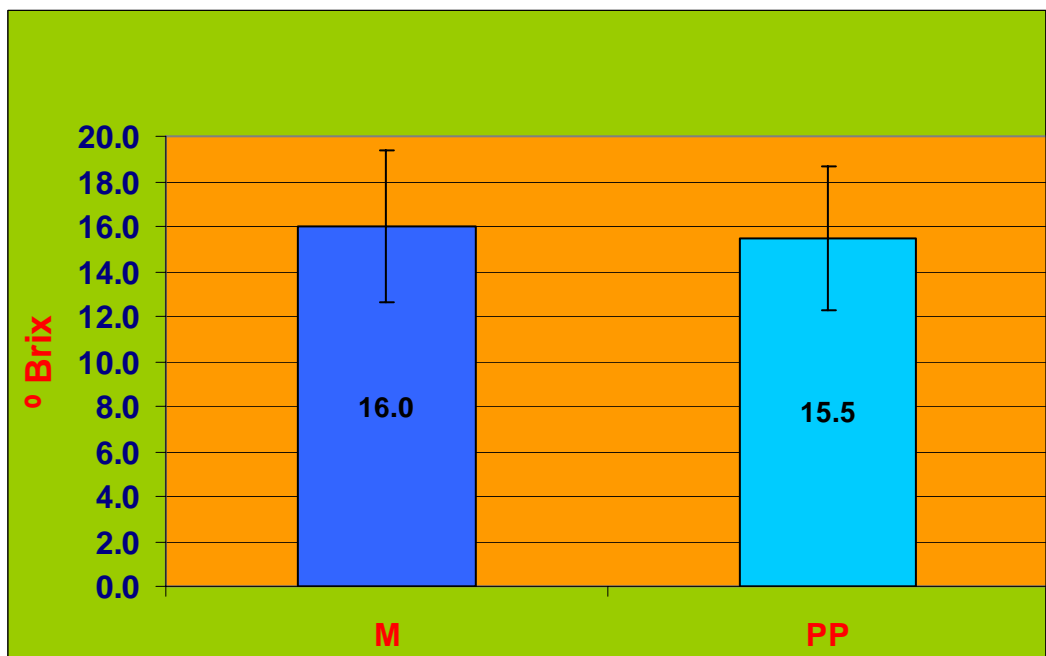
- a. concentración de azúcares, °Brix por el método de goteo, en diferentes fechas después de floración.
- b. Se determinó el Rendimiento de materia verde total (MV t/ha) (biomasa aérea); porcentaje de materia seca (MS %), concentración de azúcar (°Brix) y se calculó el rendimiento de jugo (Jg lt/ha), y de alcohol (Al lt/ha), en dos fechas de cosecha.
- c. Al estado de madurez fisiológica se realizó un estudio estructural de las plantas (proporción de hoja, tallo y grano) en base a materia seca.

## RESULTADOS

1. Determinación de °Brix (método de goteo) en 3 lugares diferentes del tallo.

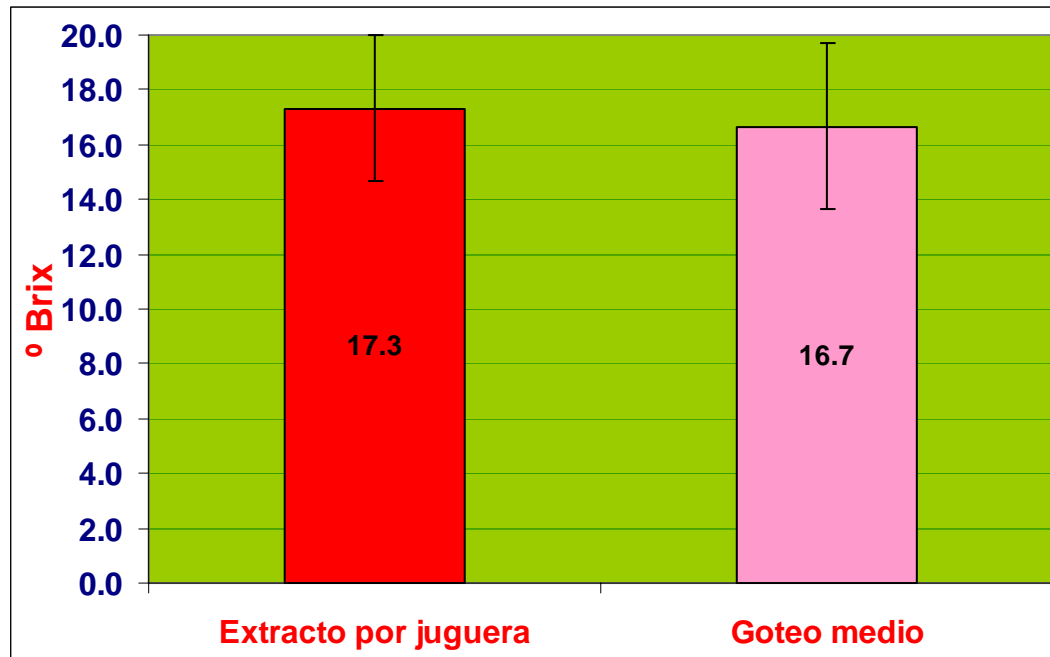


2. Determinación de °Brix (método de goteo) en tallo principal y macollos.

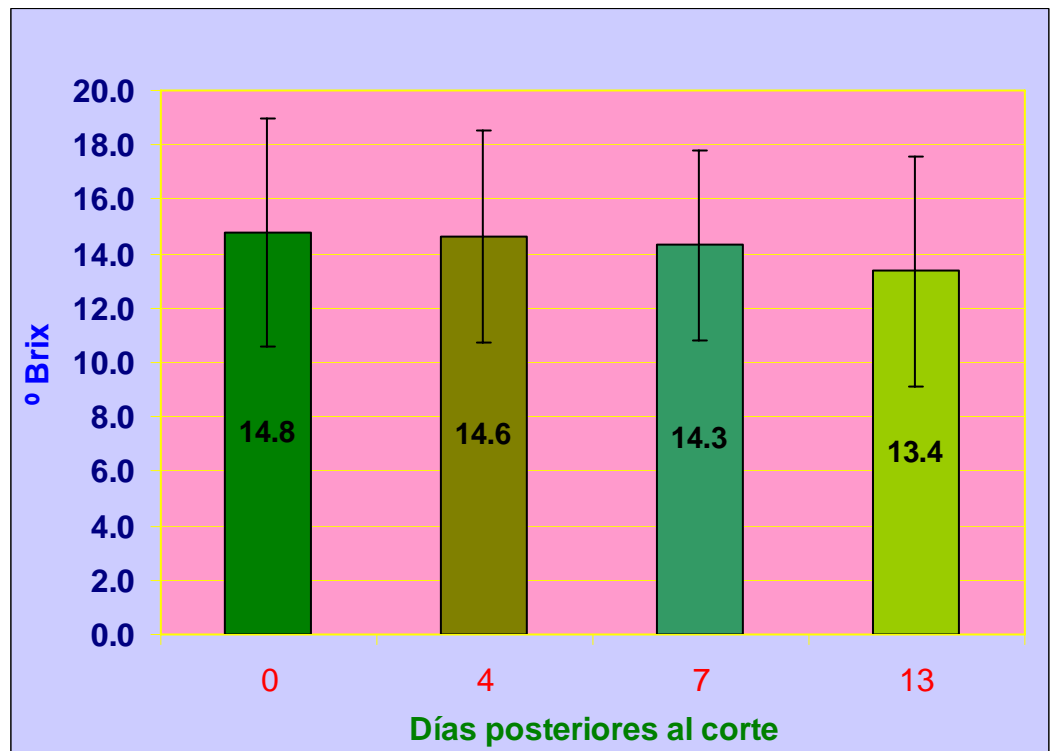


M= Macollo; PP o TP, Planta principal, tallo principal

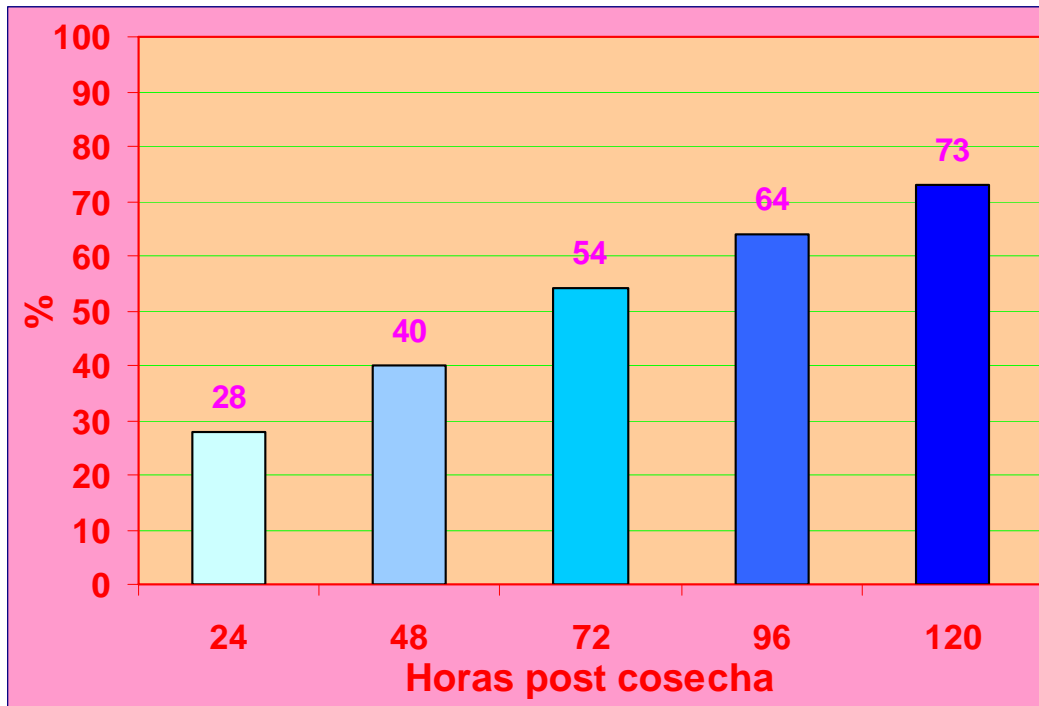
3. Comparación de dos métodos de estimación de la concentración de azúcar en tallo: extracción por juguera industrial utilizando todo el tallo principal y método de goteo en la posición media del tallo principal.



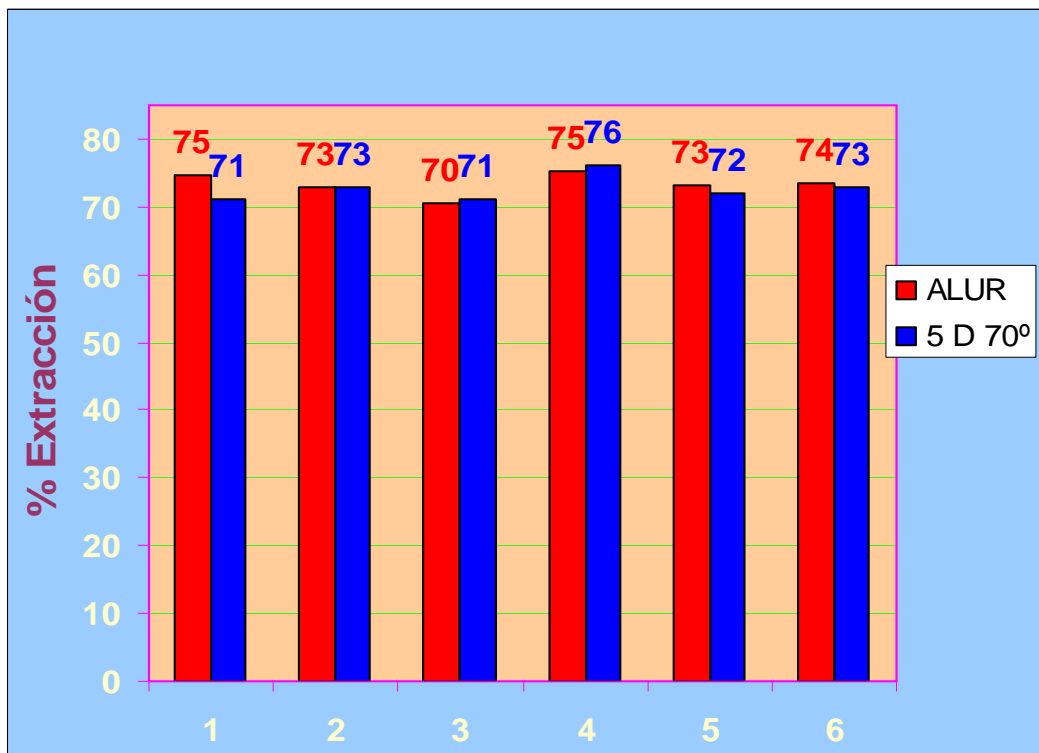
4. Determinación de °Brix sobre misma muestra al día del corte 22/03/07 (0) y 4, 7 y 13 días posteriores.



5. Promedio de 6 muestras de cantidad de agua evaporada, con material molido, en días sucesivos, en estufa a 70°C.

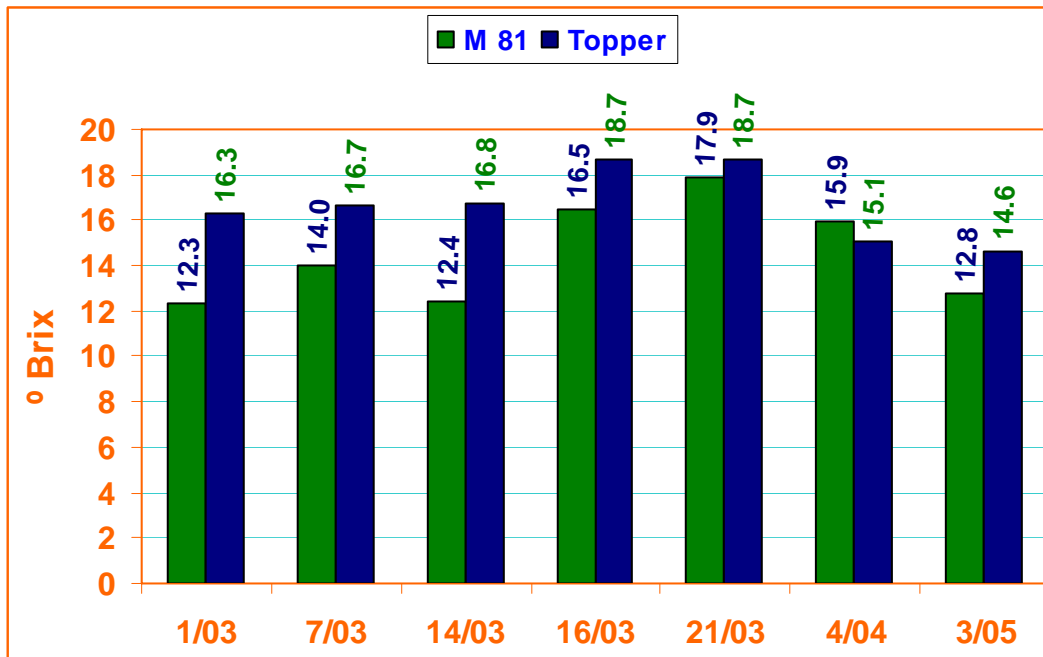


6. Comparación de la extracción de agua en estufa (secado a 70 ° C por 5 días) vs. Método de prensado utilizado por el laboratorio de ALUR S.A.

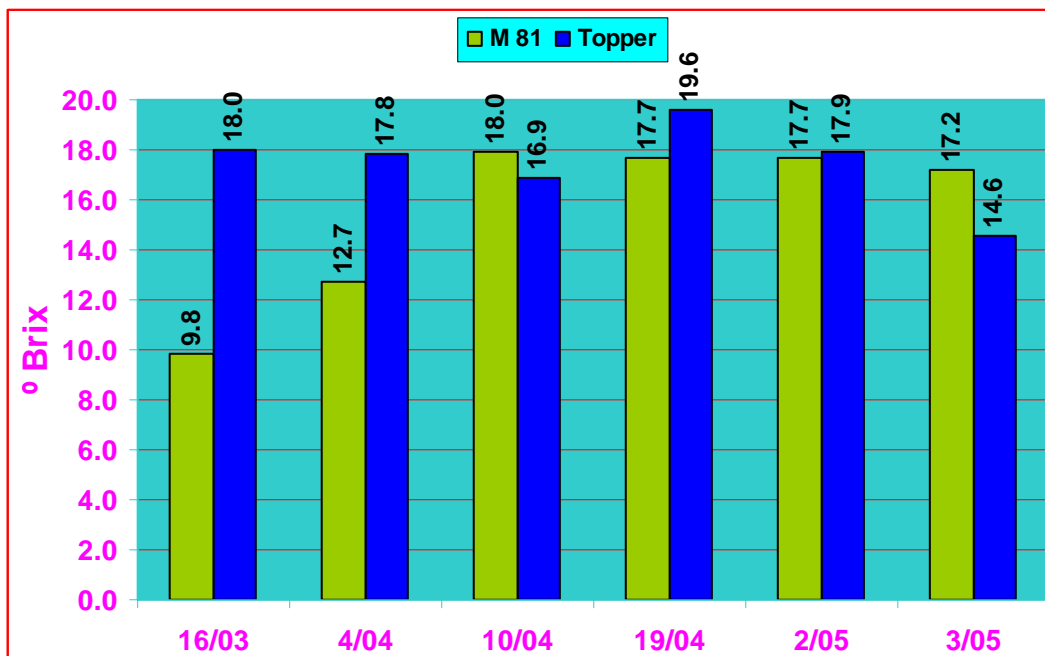


7. Determinación de °Brix por el método de goteo para 2 cultivares en las 3 épocas en distintas fechas.

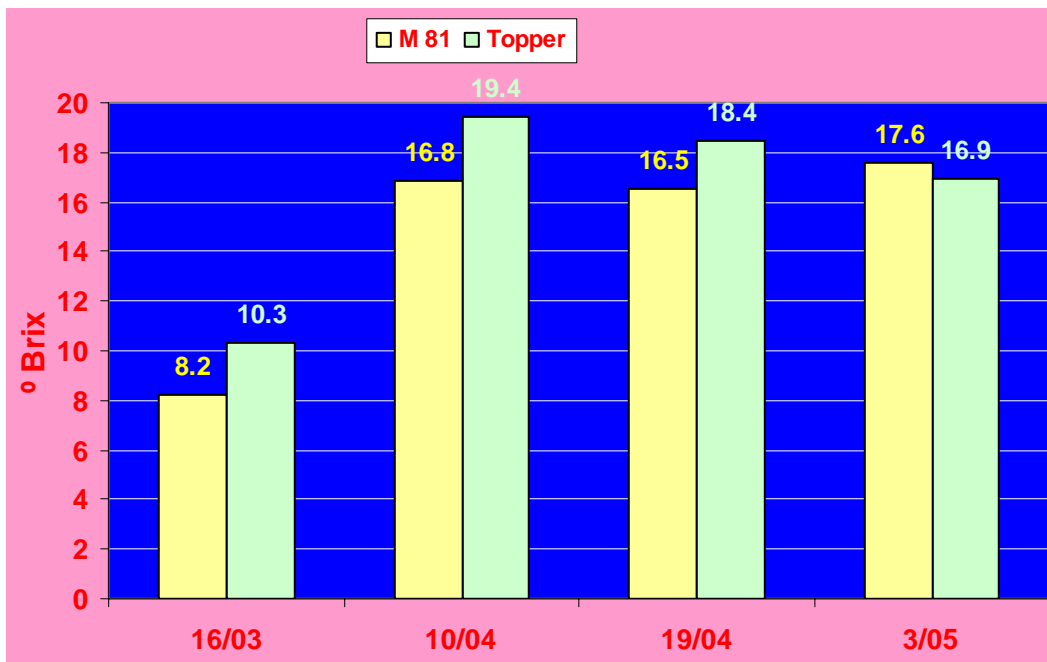
EPOCA 1



EPOCA 2

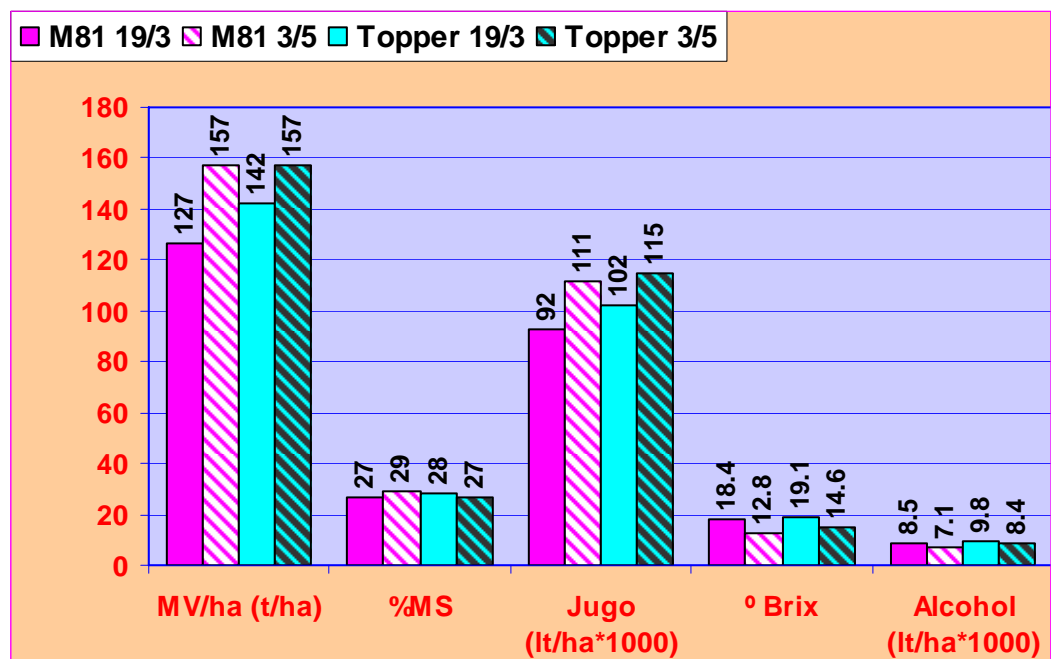


### EPOCA 3

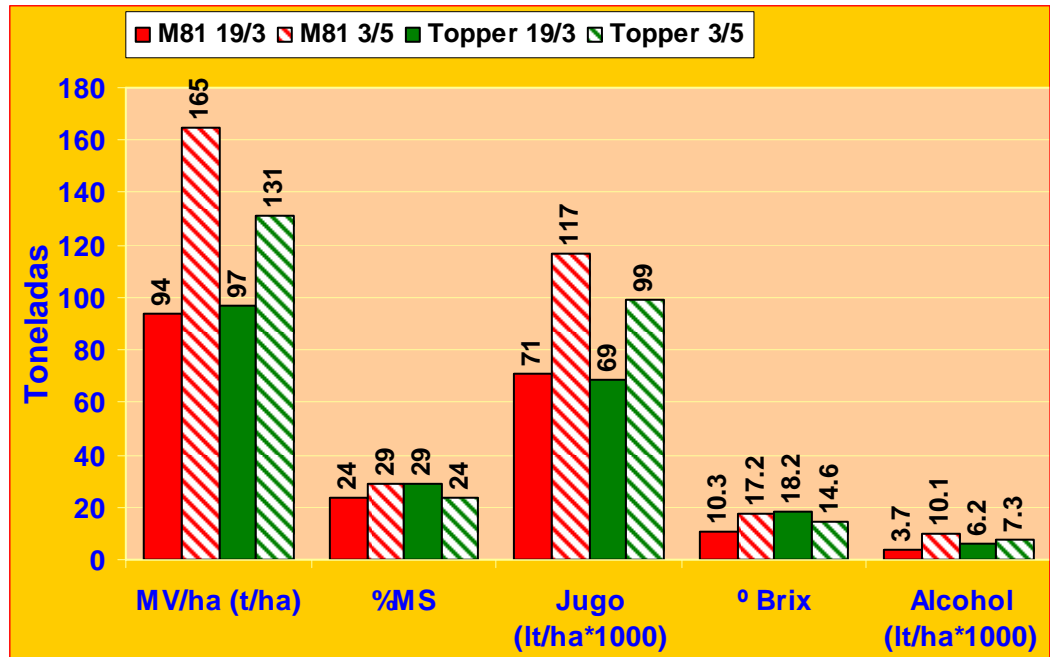


8. Variación en rendimiento de materia verde total (MV, t/ha), porcentaje de materia seca (MS, %), rendimiento de jugo (Jg, lt/ha \* 1000), concentración de azúcar (°Brix) y rendimiento de alcohol (Al lt/ha \* 1000) para los 2 cultivares en 2 momentos de cosecha en las 3 épocas de siembra.

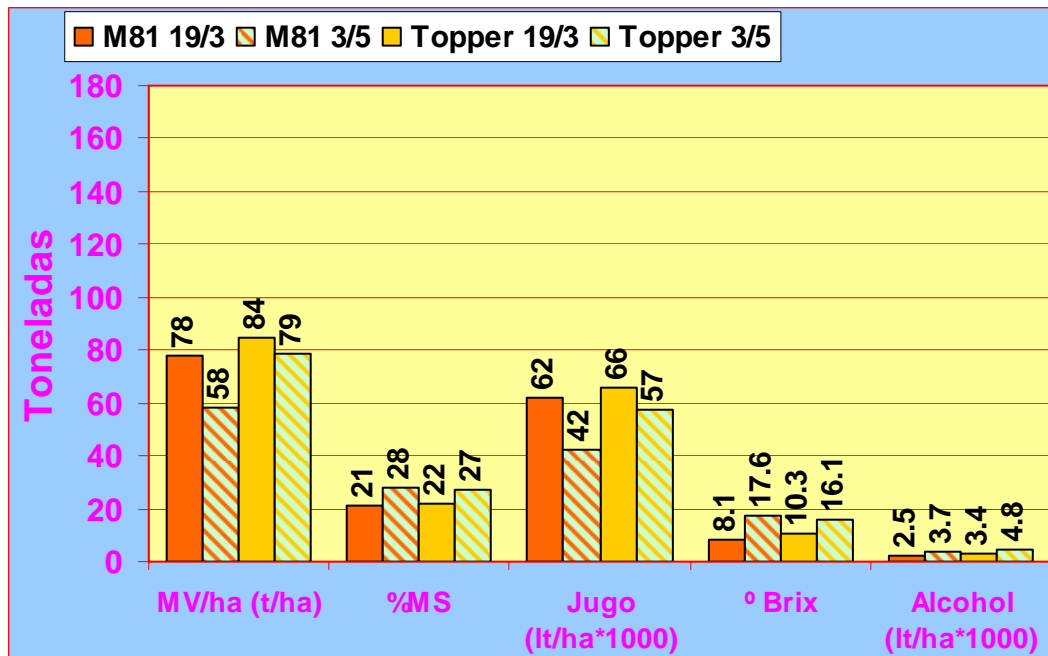
### EPOCA 1: Siembra del 19 de octubre



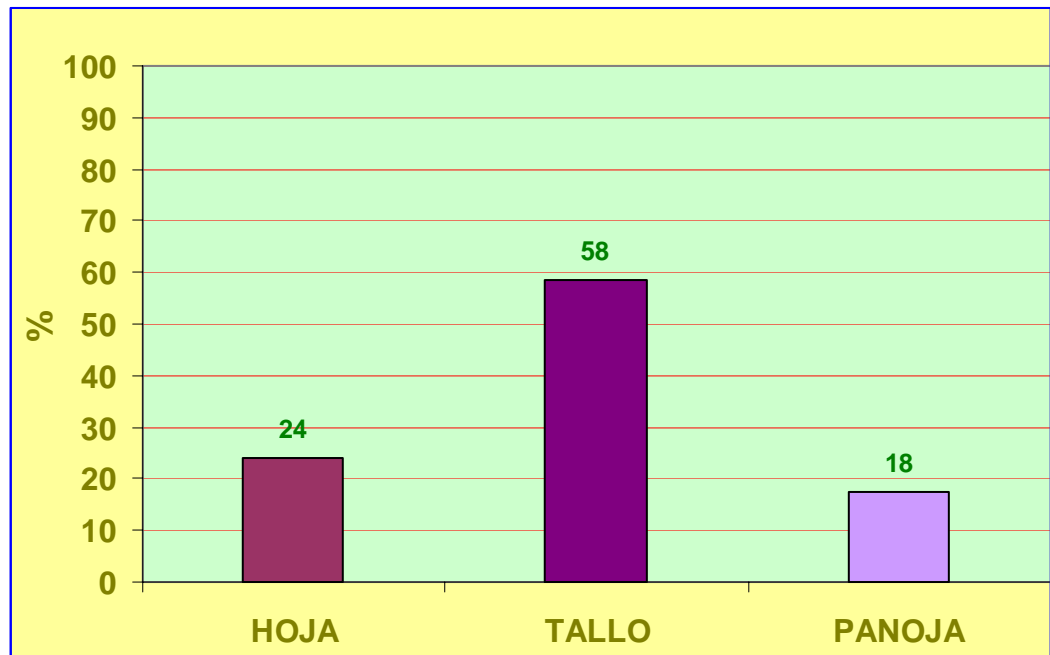
EPOCA 2: Siembra del 14 de noviembre



EPOCA 3: Siembra del 15 de diciembre



9. Estructura de la planta de sorgo dulce. Porcentaje de hoja, tallo y panoja en base materia seca.



## **CONCLUSIONES**

### **Estimación de la concentración de azúcares:**

Los datos sugieren que tomando una muestra de la zona media del tallo de una planta principal y ejerciendo presión sobre cualquiera de los extremos cortados, el dato de concentración de azúcares (° Brix (azúcares totales)) del jugo obtenido por método de goteo) será representativo de la concentración de azúcar en la planta (tallo principal + tallos de macollos).

En los tallos de sorgo azucarado las máximas lecturas de °Brix se observaron al estado de grano lechoso-pastoso. La ubicación temporal de esta máxima lectura de °Brix depende de la interacción entre el largo de ciclo del cultivar y la fecha de siembra. A igual fecha de siembra, los cultivares precoces presentarán el pico de lectura de °Brix antes en el tiempo. Comparando diferentes épocas de siembra para cultivares de igual ciclo, las máximas lecturas °Brix se observarán antes en el tiempo cuanto mas temprana sea la siembra dentro del rango considerado óptimo para la especie de cultivo. En este estadio en las lecturas realizadas en la parte basal del tallo se observaron valores menores que en la parte superior.

La determinación de °Brix sobre una misma muestra en tiempos diferentes (al momento del corte, a los 4 días, a los 7 días y a los 13 días) muestra una tendencia descendente (aunque esto no estadísticamente significativo).

Se debe tener en cuenta que estos datos fueron generados tomando muestras de concentración de azúcar cuando el cultivar estaba en el estadio de floración tardía (aún no había alcanzado su pico máximo de °Brix) y el manejo poscosecha de los tallos se realizo mediante estiba bajo sombra (en galpón).

En estados fisiológicos más avanzados (lechoso-pastoso) el deterioro de los azúcares se hace significativo por retraso de la cosecha (25-30 % menos): diferencia entre fechas de cosechas, dependiendo de cultivares y épocas de siembra de marzo o abril vs mayo.

### **Extracción y rendimiento de Jugo:**

La extracción de jugos sobre muestras de tallos picados (similar a un chopeado), realizada mediante prensa hidráulica en el Laboratorio de Cala de ALUR, Bella Unión, permitió obtener valores de extracción de jugos entre 71% y 76%. Estos valores tienen alta correlación positiva con los obtenidos mediante secado en estufa de la misma muestra por un período de 124 hs a una temperatura de 70°C. Por lo tanto, el secado en estufa en las condiciones anteriormente mencionadas es un buen indicador del rendimiento de jugo de los tallos de sorgo azucarado. En los rendimientos de jugo presentados se tomó como porcentaje de extracción 70%.

En cuanto a rendimiento de MV/ha correlacionado significativamente con producción de jugo/ha, las siembras tempranas por aprovechamiento del ciclo, son más rendidoras que las tardías, interaccionando a su vez con ciclo.

**ANEXO**

----- MUESTREO=1 -----

03/05/07

The Mixed Procedure  
 Class Levels Values

BLOQ 2 1 2  
 EPOCA 3 1 2 3  
 CULT 2 M81 TOPPER

Number of Observations  
 Number of Observations Read 12  
 Number of Observations Used 12

Covariance Parameter  
 Estimates  
 Cov Parm Estimate

BLOQ 10468419  
 BLOQ\*EPOCA 76574690  
 Residual 28202496

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num	Den	DF	DF	F Value	Pr > F
EPOCA			2	2	52.41	0.0187
CULT			1	3	2.17	0.2369
EPOCA*CULT			2	3	26.51	0.0124

Least Squares Means

Effect	Standard		POCA	Estimate	Error	DF	t Value	Pr >  t
	CULT							
EPOCA			1	157227	7111.41	2.94	22.11	0.0002
EPOCA			2	147852	7111.41	2.94	20.79	0.0003
EPOCA			3	68499	7111.41	2.94	9.63	0.0026
CULT	M81			126786	4764.14	1.24	26.61	0.0116
CULT	TOPPER			122266	4764.14	1.24	25.66	0.0122
EPOCA*CULT	M81		1	157032	7590.97	3.74	20.69	<.0001
EPOCA*CULT	TOPPER		1	157422	7590.97	3.74	20.74	<.0001
EPOCA*CULT	M81		2	164844	7590.97	3.74	21.72	<.0001
EPOCA*CULT	TOPPER		2	130860	7590.97	3.74	17.24	0.0001
EPOCA*CULT	M81		3	58482	7590.97	3.74	7.7	0.002
EPOCA*CULT	TOPPER		3	78516	7590.97	3.74	10.34	0.0007

Tests of Effect Slices

Effect	Num Den		DF	DF	F Value	Pr > F
	CULT	EPOCA				
EPOCA*CULT			1	3	0.01	0.946
EPOCA*CULT			2	3	40.95	0.0077
EPOCA*CULT			3	3	14.23	0.0326
EPOCA*CULT	M81		2	2.63	67.08	0.0056
EPOCA*CULT	TOPPER		2	2.63	30.77	0.015

----- MUESTREO=2 -----

19/03/07

The Mixed Procedure  
Class Level Information

Class	Levels	Values
BLOQ	2	1 2
EPOCA	3	1 2 3
CULT	2	M81 TOPPER

Number of Observations  
Number of Observations Read 12  
Convergence criteria met.

Covariance Parameter  
Estimates

Cov Parm	Estimate
BLOQ	0
BLOQ*EPOCA	0
Residual	2.653E8

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num	Den	DF	DF	F Value	Pr > F
EPOCA			2	6	11.42	0.009
CULT			1	6	0.79	0.4096
EPOCA*CULT			2	6	0.16	0.8561

Least Squares Means

Effect	Standard		Estimate	Error	DF	t Value	Pr >  t
	CULT	EPOCA					
EPOCA		1	134375	8144.01	6	16.5	<.0001
EPOCA		2	95313	8144.01	6	11.7	<.0001
EPOCA		3	81250	8144.01	6	9.98	<.0001
CULT	M81		99479	6649.56	6	14.96	<.0001
CULT	TOPPER		107813	6649.56	6	16.21	<.0001
EPOCA*CULT	M81	1	126563	11517	6	10.99	<.0001
EPOCA*CULT	TOPPER	1	142188	11517	6	12.35	<.0001
EPOCA*CULT	M81	2	93750	11517	6	8.14	0.0002
EPOCA*CULT	TOPPER	2	96875	11517	6	8.41	0.0002
EPOCA*CULT	M81	3	78125	11517	6	6.78	0.0005
EPOCA*CULT	TOPPER	3	84375	11517	6	7.33	0.0003

Tests of Effect Slices

Effect	Num	Den	DF	DF	F Value	Pr > F
EPOCA*CULT	CULT	EPOCA	1	6	0.92	0.3745
EPOCA*CULT			2	6	0.04	0.8542
EPOCA*CULT			3	6	0.15	0.7144
EPOCA*CULT	M81		2	6	4.61	0.0613
EPOCA*CULT	TOPPER		2	6	6.98	0.0272

## II. EFECTO DEL SORGO AZUCARADO EN PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO.

Ing. Agr. (M.Sc.) Adriana García

Luego de la cosecha de sorgo azucarado en dos sitios experimentales en la zafra 2006-2007 se tomaron muestras compuestas de suelo al azar en la hilera y entre-hileras donde creció el cultivo y en un control contiguo sin sorgo.

Se determinó: densidad aparente (DA) y Carbono en biomasa microbiana (C-BM) en los 0-7.5 cm. superiores del suelo, Potencial de mineralización de N (PMN), fósforo (P-Bray-I), potasio intercambiable (K), conductibilidad eléctrica (CE) y sodio (Na) en dos profundidades 0 - 7.5 cm. y 7.5 - 15 cm., luego de la cosecha. Los resultados de varias de las determinaciones están siendo procesadas en el laboratorio de Suelos de INIA-La Estanzuela (% de N, C Org., Materia Orgánica particulada y S-sulfato).

El mayor efecto detectado fue en la propiedad biológica C-BM y difirió entre sitios. En la Chacra 30 tanto la C-BM como el PMN tendieron a incrementar después del sorgo azucarado. Ambos indicadores de corto plazo, demuestran que no hubo efecto negativo inmediato del cultivo sino una leve tendencia positiva (para el C-BM: 57 vs. 32 mg/Kg. de suelo, y para el PMN 27 vs. 16), probablemente por la cantidad de C fresco agregado al sistema proveniente de las raíces del sorgo azucarado. En el campo de Riego la situación fue inversa y muy significativa para la C-BM (67 vs. 142 mg/Kg. sin sorgo azucarado), aunque no para el PMN que casi no se vio modificado, el PMN fue notoriamente más alto que el valor determinado en la chacra 30. El cultivo provenía de una pastura (Festuca) y es muy probable que ello explique la caída del C-BM, en tanto que los residuos del cultivo mantuvieron el PMN. Estos resultados no son concluyentes, es probable que haya interacción con el tipo de suelo y seguramente con la población microbiana original de cada situación. En cuanto a la CE y la concentración de Na en el campo de riego no se observó variación respecto al control en el suelo donde creció Sorgo azucarado, en cambio en la chacra 30 los dos parámetros tendieron a bajar lo que tiene que verse como un efecto positivo ya que el Na desestabiliza la estructura del suelo. En cuanto a los niveles de K y de P no hubo diferencia significativa pero debe tenerse presente que son datos de un año. Como se trata de un cultivo muy extractivo es probable que en el mediano a largo plazo si la fertilización no se ajusta a los requerimientos del cultivo la disponibilidad de éstos como la de otros nutrientes caiga.

### **III. AVANCES EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE SORGO AZUCARADO**

Ing. Agr. Silvana González  
Ing. Agr. (MSc) Carlos Rossi

#### **Introducción**

La producción de semillas de sorgo en nuestro país se puede ver limitada por la ocurrencia de escasas lluvias durante el desarrollo del cultivo (rendimiento) y/o elevadas precipitaciones en la etapa de madurez a cosecha (calidad). La utilización de prácticas de manejo para la producción de semilla (elección del momento oportuno de siembra, cosecha, trilla, secado, limpieza y almacenaje) pueden reducir el impacto de algunos de estos factores y favorecer la obtención de un producto de calidad

#### **Objetivo**

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental La Estanzuela. El período experimental se extendió desde el 7 de octubre de 2006 hasta el 2 de mayo de 2006. El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de diferentes momentos de cosecha sobre la calidad de la semilla y la producción de azúcares de los materiales Topper y M 81. A los efectos de abarcar un rango interesante de variación ambiental, el ensayo se repitió en tres épocas de siembra.

#### **Metodología**

Se realizaron tres fechas de siembra comenzando a mediados de octubre y finalizando a mediados de diciembre, con una periodicidad de aproximadamente 30 días. Los ensayos fueron sembrados con una población de 62500 plantas/ha.

Momentos de cosecha: para cada época de siembra se definió realizar la cosecha de los materiales a partir de 50% de humedad de la semilla, continuando con cortes semanales hasta alcanzar la madurez de cosecha. Las panojas fueron cortadas en el campo y llevadas al laboratorio donde se dejaron secar naturalmente para su posterior trilla.

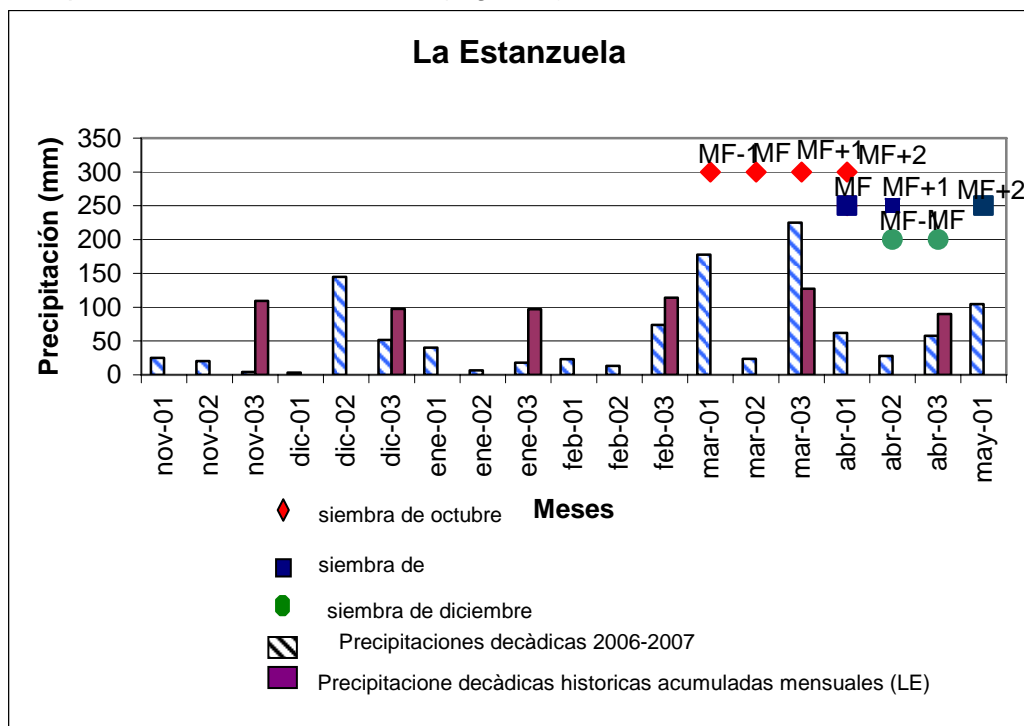
La germinación de las semillas de las panojas del tallo principal y la de sus respectivos macollos fueron realizadas con y sin aplicación de fungicida curasemilla. Durante el análisis de germinación las muestras recibieron tratamiento para romper dormancia (5 días a temperatura de 5° C) posteriormente fueron colocadas a germinar a 25° C durante 10 días. Se evaluaron plantas normales a los 4 días de comenzada la germinación y plantas normales, anormales y muertas al final del período de germinación (10 días).

Las muestras de los tallos correspondientes a las panojas cosechadas fueron remitidas al laboratorio de análisis de granos de INIA La Estanzuela donde se determinaron los contenidos de azúcares mediante valores de Grados Brix.

## Resultados y discusión

### Precipitaciones

La zafra 2006-2007 se caracterizó por abundantes precipitaciones durante febrero y marzo que produjeron un extenso período de exposición en el campo de las semillas al deterioro de su calidad. Se presentan registros de precipitaciones y momentos de cosecha para tres fechas de siembra (Figura 1).



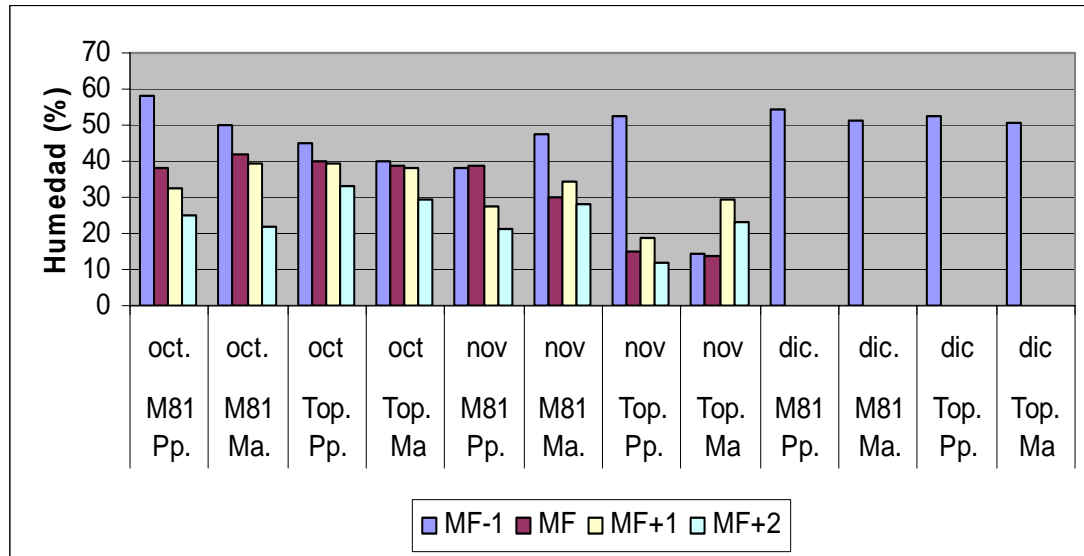
**Figura 1.** Precipitaciones decádicas 2006-2007<sup>1</sup>, precipitación mensual acumulada histórica para La Estanzuela, para tres fechas de siembra y cuatro momentos de cosecha, (MF-1) una semana previo a madurez fisiológica, (MF) madurez fisiológica, (MF +1 y MF+2) una a dos semanas desde madurez fisiológica en adelante.

<sup>1</sup> Datos proporcionados por GRAS, INIA La Estanzuela

## Parámetros de calidad

### Contenido de humedad de las semillas para los diferentes momentos de corte

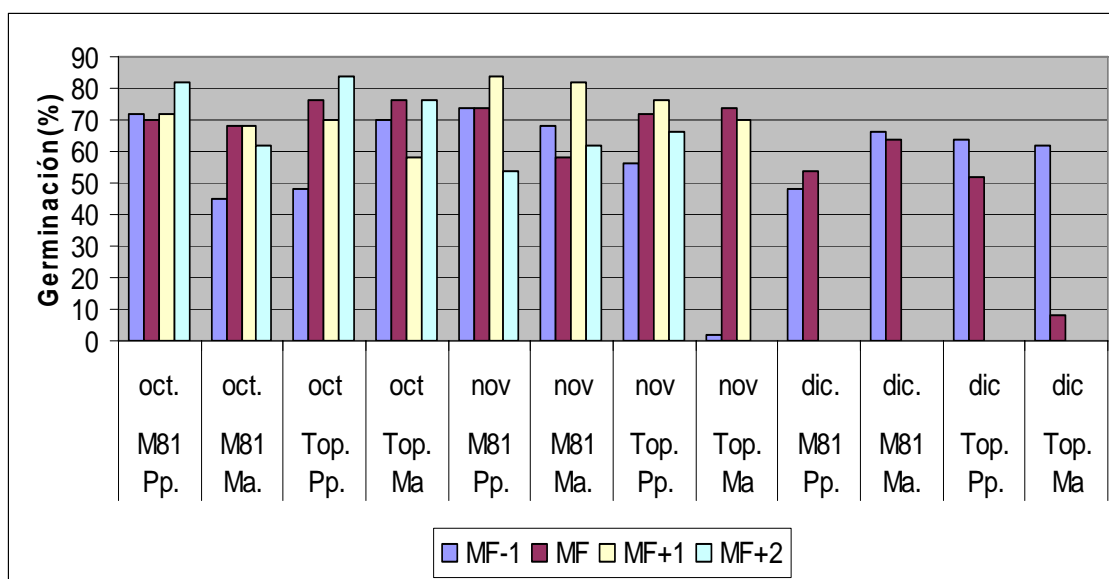
Las abundantes y periódicas lluvias durante el periodo de cortes para cosecha (figura 1) determinaron que los contenidos de humedad de las semillas en algunas épocas de siembra no reflejaran el proceso normal de secado de las semillas esperado. Solo la fecha de siembra de octubre muestra para la mayoría de los momentos de corte una evolución normal de la humedad de la semilla.



**Figura 2.** Contenido de humedad de las semillas para dos materiales, tres fechas de siembra y cuatro momentos de cosecha, (MF-1) una semana previo a madurez fisiológica, (MF) madurez fisiológica, (MF +1 y MF+2) una a dos semanas desde madurez fisiológica en adelante.

## Germinación

No hubo efecto de la aplicación de fungicida Curasemilla sobre la germinación de las semillas. Se registró un efecto significativo del momento de cosecha sobre la germinación. Para la fecha de siembra de octubre y para ambos materiales se observamos mayores valores de germinación cuando el corte se efectuó entre madurez fisiológica y 2 semanas posteriores a ella. Se observó que en la medida que nos retrasamos en la fecha de siembra (noviembre) los mejores valores de germinación para ambos materiales se obtuvieron con un momento de cosecha no mayor a una semana desde madurez fisiológica. Por otro lado la fecha de siembra de diciembre fue la que presentó los valores de germinación más bajos, siendo incluso imposible realizar muestreos posteriores a la madurez fisiológica.

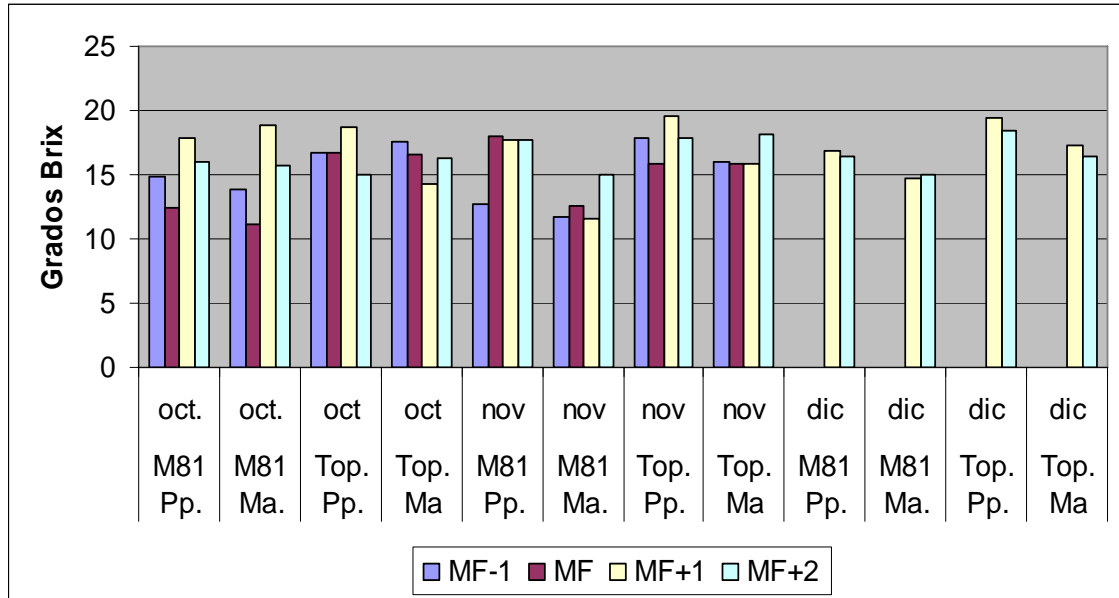


**Figura 3.** Germinación de las semillas para dos materiales, tres fechas de siembra y cuatro momentos de cosecha, (MF-1) una semana previo a madurez fisiológica, (MF) madurez fisiológica, (MF +1 y MF+2) una a dos semanas desde madurez fisiológica en adelante

La fecha de siembra de diciembre presentó gran cantidad de granos chuzos y afectados con “ergot” o enfermedad azucarada producida por *Claviceps africana* enfermedad que se incrementa en aquellos lotes sembrados tardes (fines de diciembre-principios de enero)

## Contenidos de azúcares

Se observa que para siembras de octubre y noviembre los mejores valores de contenidos de azúcares se obtuvieron cuando la fecha de corte se efectuó no más de 1 semana desde madurez fisiológica (Figura 4). De acuerdo a lo expuesto anteriormente los momentos de corte para producción de semillas serían perfectamente compatibles con los de producción de azúcares.



**Figura 4.** Contenido de azúcares (grados Brix) para dos materiales, tres fechas de siembra y cuatro momentos de cosecha, (MF-1) una semana previo a madurez, (MF) madurez fisiológica, (MF +1 y MF+2) una a dos semanas desde madurez fisiológica en adelante

## **Comentarios finales**

A partir de los datos de germinación y contenido de azúcares para ambos materiales evaluados la elección de la fecha de siembra así como el momento de corte debería ser una medida de manejo a considerar. Siembras tempranas (octubre-noviembre) y cosechas a madurez fisiológica y hasta dos semanas posteriores a ella, permitiría la obtención de semilla de calidad y adecuados niveles de azúcares en la planta.

El vigor y la germinación de la semilla de sorgo desciende desde madurez fisiológica en adelante, por lo tanto optimizar el momento de cosecha es imprescindible.

El grado de humedad de las semillas al momento de la cosecha y durante el almacenamiento es el factor que desempeña el papel más importante en el mantenimiento de la calidad. En este sentido la aireación y secado de las panojas en forma rápida permitiría un menor deterioro fisiológico y sanitario de las semillas.

Para las condiciones del año (exceso hídrico al momento de cosecha) la calidad de las semillas de sorgo obtenida fue aceptable, lo cual sugiere la posibilidad de su realización tomando en cuenta las recomendaciones indicadas anteriormente. En este sentido los productores vinculados a esta actividad durante la pasada zafra contaron con el asesoramiento de los técnicos de semillas de INIA La Estanzuela en las prácticas de manejo cosecha y post cosecha.