

SUSPENSIÓN DEL RIEGO DURANTE EL SAZONADO DE LA CAÑA DE AZÚCAR CULTIVADA EN EL INGENIO PUJILTIC DE CHIAPAS, MÉXICO

SUSPENSION OF IRRIGATION DURING SEASONED OF SUGARCANE GROWN AT PUJILTIC, MEXICO

SERGIO SALGADO-GARCIA¹, MEPIVOSETH CASTELÁN-ESTRADA^{1*}, JESUS M. MENDEZ-ADORNO², LUZ DEL C LAGUNES-ESPINOZA¹, SAMUEL CÓRDOVA-SÁNCHEZ³, RODOLFO MENDOZA-HERNÁNDEZ¹.

Profesor Investigador del Colegio de Postgraduados¹ Grupo MascañaLPI-2: AESS*mcastelan@colpos.mx
Técnico Sanidad Vegetal-SAGARPA²
Profesor de la Universidad Popular de la Chontalpa³

RESUMEN

Para estudiar cómo evoluciona la concentración de azúcares en tallo durante el periodo de sazonado y maduración de la caña de azúcar, se estableció un experimento en el área de abastecimiento del Ingenio Pujiltic con la variedad Mex69-290, sobre un suelo Gleysol mólico. El riego fue suspendido durante 15, 30, 45, 60 y 75 días antes de la cosecha; cada quince días se evaluaron el contenido de humedad en suelo (0-30 cm de profundidad) y los grados Brix (parte media del tallo). El volumen de riego aplicado se midió con un vertedor triangular y los requerimientos hídricos del cultivo se estimaron por el método de Blaney y Criddle, a partir de datos de la estación meteorológica automatizada del Ingenio Pujiltic (estación Constitución). Al finalizar el experimento se cuantificó el rendimiento de tallo moleadero y calidad de los jugos. Los resultados muestran que la suspensión del riego por 60 días antes de la cosecha produjo un rendimiento de 80 t ha⁻¹, mientras que suspender el riego durante 75 días hizo que el cultivo acelerara su maduración. De acuerdo con los resultados encontrados, se recomienda suspender el riego entre 45 a 60 días antes de la cosecha, lo que queda alto rendimiento de tallo moleadero en campo y aumenta la concentración de sacarosa en el jugo.

Palabras clave: grados Brix, maduración, rendimiento, sacarosa

ABSTRACT

To know the evolution of concentration of sugars on stalk during the period of seasoned and maturing of sugar cane, a plot was established at the area of supply of Ingenio Pujiltic with cv Mex 69-290 on a Gleysol mollic soil. Irrigation was suspended for 15, 30, 45, 60 and 75 days before harvest; we evaluated moisture in soil (0-30 cm depth) and Brix (middle of stalks). The volume of irrigation applied was estimated with a triangular spout; crop water requirements were calculated by method of Blaney and Criddle from data of weather station from Ingenio Pujiltic (station Constitución). At ending of the experiment, yields of stalk and juice quality were quantified. Our results show that suspending watering 60 days before harvest, yield obtained was 80 t ha⁻¹ milling stalks, but suspension for 75 days accelerate crop maturity. According to these results, we recommend to suspend irrigation between 45 to 60 days before harvest to maintain the yields of stalk and increases on concentration of sucrose in juice.

Keywords: *Brix, maturity, sucrose, yield*

INTRODUCCIÓN

El estrés hídrico afecta a la velocidad de captación de agua, la acumulación de biomasa y el crecimiento de la caña de azúcar, además del almacenamiento de sacarosa en tallo (Singels et al., 2010). El Ingenio Pujiltic tiene 16,869 ha como área de abastecimiento; en las últimas diez zafras ha logrado un promedio de sacarosa en caña de 14.9 % y un rendimiento promedio de 101.5 tha^{-1} de tallo molido, lo que lo sitúa en el décimo lugar a nivel nacional (Cañeros, 2014). En la región se registra una precipitación anual media de 1,250 mm la cual no satisface las necesidades hídricas del cultivo (~1500 mm) por lo que los productores aplican generalmente dos a tres riegos de auxilio durante el ciclo. Es una práctica común regar hasta un mes antes del inicio de cosecha lo cual puede ser inconveniente ya que diluye la sacarosa almacenada pues la planta percibe un estímulo para nuevo crecimiento, afectando con ello la calidad de los jugos (Brix, sacarosa, humedad, azúcares reductores y pureza; Salgado et al., 2012). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la suspensión del riego, durante la etapa de maduración de la caña, en el rendimiento de campo y la calidad del jugo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área experimental y manejo. El trabajo inició en diciembre de 2010 y concluyó en mayo de 2012 en una parcela del área de abastecimiento del Ingenio Pujiltic, ubicada en las coordenadas UTM 561817 X y 1801347 Y. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, el lugar se encuentra a una altitud media de 625 msnm, con temperatura anual de 25°C y precipitaciones anuales entre 1000 y 1250 mm (CONAGUA, 2010). El suelo es un Gleysol mólico cultivado con la variedad Mex 69-290, ciclo resoca (Salgado et al., 2006). El manejo agronómico estuvo a cargo del productor cooperante (Ing. Miguel A. Gordillo Coutiño) e incluyó resiembra, cultivo con ganchos, control de malezas y fertilización (2 meses y medio después de la brotación) empleando 17-17-17 y urea (Salgado et al., 2008). Se hicieron mediciones quincenales para cuantificar el desarrollo del cultivo y calcular el volumen de agua aportado en cada riego rodado.

Humedad del suelo. Se determinó por el método gravimétrico (NOM-2000). Los muestreos iniciaron a partir del 15 de noviembre utilizando una barrena de acero inoxidable. Se tomaron tres muestras en cada parcela, con tres repeticiones y a dos profundidades (0 a 30 cm y 30 a 60 cm). Una vez iniciados los tratamientos, los muestreos para humedad se hicieron por tratamiento, con tres repeticiones. El peso húmedo se registró en campo con una balanza semi-analítica, las muestras identificadas, se llevaron al laboratorio de aguas, suelos y plantas del Campus Tabasco donde fueron secadas en estufa a 105°C, por 24 h.

Curvas de retención de humedad. Por cada parcela se tomaron tres muestras de suelo de 0 a 30 cm de profundidad, se secaron a temperatura ambiente, se molieron y tamizaron a 0.5 mm. Estas se llevaron al laboratorio de física de suelos del Colegio de Postgraduados para elaborar las respectivas curvas de humedad y determinar las constantes de humedad de cada parcela: humedad a capacidad de campo ($CC = 1/3 \text{ atm}$), humedad crítica ($HC = 5 \text{ atm}$) y humedad en punto de marchitez permanente ($PMP = 15 \text{ atm}$).

Lámina de Riego. La cantidad de agua recibida por el cultivo se determinó considerando la precipitación en cada sitio más el agua aplicada por riego; esta última se midió en cada riego utilizando un vertedor triangular. El gasto se calculó con la fórmula de Horace W. King (Trueba, 1976):

$Q = Ch^{2.47}$ donde: Q = gasto (L/s), C = coeficiente experimental (valor constante) para ángulos rectos. 1.34, h = tirante (m).

La lámina de riego aplicada en cada evento se calculó con la fórmula:
 $Lr = (Q*t)/S$ donde: Q = gasto (L/s), t = tiempo (h), S = superficie (ha).

Estimación del rendimiento. En dos surcos se midieron 10 m lineales y se contó el número de tallos; en cada tramo se cortaron cinco tallos completos y se registró su peso, a continuación se eliminaron la punta y las hojas secas (paja) para obtener el peso del tallo molidero neto; a partir de estos datos se calculó el rendimiento de biomasa en $t\ ha^{-1}$ (Valladares y Zamorano, 1976).

Evolución de la madurez. A partir de los 9.5 meses de edad del cultivo se llevó un registro quincenal de los grados Brix. Las muestras de jugo se tomaron de la parte media de los tallos con un punzón de acero inoxidable. En cada tratamiento se leyeron los grados Brix, con cinco repeticiones, con un refractómetro manual marca ATC, modelo HRHB-32.

Calidad del jugo. Para determinar la calidad se midieron los grados Brix, sacarosa, humedad, azúcares reductores y pureza. El muestreo de cada tratamiento se hizo 3 días antes de la cosecha en 10 tallos, con cuatro repeticiones. La calidad del jugo se determinó en el laboratorio de campo del Ingenio Pujiltilic, mediante el método de la Sección 8-10.

Datos climatológicos. La evaporación (mm), temperaturas mínimas, máximas ($^{\circ}C$) y precipitación (mm) se obtuvieron de la estación climatológica automatizada del Ingenio Pujiltilic y del INIFAP (estación Constitución). El requerimiento de riego se estimó con el método de Blaney y Criddle y se elaboró el calendario de riegos.

Diseño experimental y análisis estadísticos. Se evaluaron 5 tratamientos de suspensión del riego; en cada franja se ubicaron cuatro repeticiones. El acomodo de los tratamientos se diseñó para asegurar su aplicabilidad en campo (Figura 1). Los datos resultantes se analizaron bajo un Diseño Completamente al Azar mediante un ANOVA y la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey $p \leq 0.05$) mediante el programa SAS 9.3.

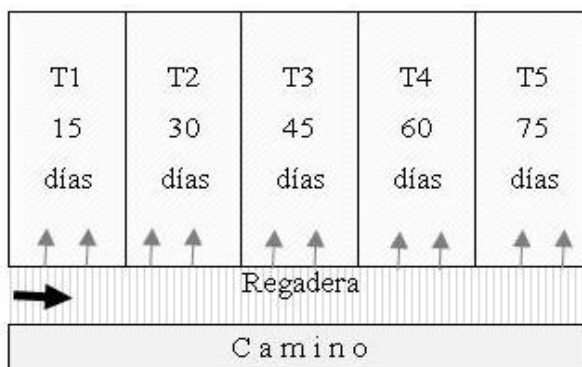


Figura 1. Distribución de los tratamientos de suspensión de riego en caña de azúcar var MEX 69-290, cultivada sobre un Gleysol mólico en el área de influencia del Ingenio Pujiltilic, Chiapas. Suspensión del riego antes de la cosecha: T1 = 15 días; T2 = 30 días; T3 = 45 días; T4 = 60 días; T5 = 75 días.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Balance Hídrico

El experimento se cosechó el 5 de abril de 2012. Durante el ciclo de crecimiento recibió 1,049 mm de precipitación (Tabla I), más una lámina de 391.58 mm de agua aplicada en seis riegos de auxilio durante los meses de abril a noviembre (Tabla II) y 16.05 a 35.49 mm de lámina aplicada con los tratamientos. La suma total del riego más la recibida por precipitación fluctuó entre 1456.93 a 1476.37 mm, según el tratamiento (Tabla II). La lámina total no satisface los requerimientos hídricos de ~1,500 mm que necesita el cultivo de caña para su crecimiento normal (Salgado *et al.*, 2012). Por su parte, los riegos aplicados por el productor superan las necesidades hídricas del cultivo en los meses de junio, agosto y diciembre (Tabla III) lo que estresa al cultivo por exceso de agua en la etapa de crecimiento; por el contrario, en los meses de octubre a noviembre el requerimiento de agua fue insuficiente lo que estresa al cultivo por déficit hídrico. Porello, para mejorar la eficiencia del riego se recomienda aplicar 12 riegos durante este periodo, con una lámina de 32.6 mm, lo que implica regar cada 15 días. Durante este lapso el agua sería retenida por el suelo y aprovechada por el cultivo, lo que disminuiría el estrés hídrico y evitaría la pérdida de nutrientes por lixiviación de los excesos de agua (Smit y Singels, 2006).

Tabla I. Calendario de riego para la localidad Cuatro Caminos del área de abastecimiento del Ingenio Pujilic, sobre un suelo Gleysol mólico cultivado con de caña de azúcar variedad Mex 69-290. Método de Blaney y Criddle.

Mes	Temp (°C)	t+17.8 21.8	P (%)	f (cm)	Kt	f x Kt	Kc	Et		P	Pe	Rr
								Et	Et'			
------(mm)-----												
Ene	15.5	1.528	7.90	12.06	0.72	8.7112	0.30	26.134	28.459	1.8	1.988	26.471
Feb	16.1	1.555	7.34	11.41	0.74	8.452	0.35	29.583	32.216	2.6	2.340	29.876
Mar	19.4	1.706	8.44	14.39	0.84	12.145	0.50	60.726	66.131	8.1	7.290	58.841
Abr	22.0	1.826	8.47	15.46	0.92	14.30	0.60	85.801	93.438	34.1	30.690	62.748
May	23.0	1.872	9.03	16.89	0.96	16.146	0.77	124.325	135.390	93.8	84.420	50.970
Jun	22.7	1.858	8.85	16.44	0.95	15.563	0.90	140.067	152.533	231.1	207.990	-55.457
Jul	22.1	1.830	9.09	16.64	0.93	15.437	0.98	151.286	164.751	154.8	139.320	25.431
Ago	21.6	1.807	8.86	16.01	0.91	14.609	1.02	149.010	162.272	182.7	164.430	-2.158
Sept	21.6	1.807	8.27	14.95	0.91	13.636	1.02	139.087	151.466	213.8	192.420	-40.954
Oct	20.8	1.771	8.23	14.57	0.89	12.931	0.98	126.728	138.007	102.2	91.980	46.027
Nov	18.4	1.661	7.71	12.79	0.81	10.397	0.90	93.577	101.906	20.5	18.450	83.456
Dic	16.2	1.560	7.82	12.19	0.74	9.0699	0.78	70.745	77.041	3.8	3.420	73.621
Total				173.8		151.4			1303.61	1049.3		358.87

Tabla II. Balance hídrico del cultivo de caña de azúcar en el área de abastecimiento del Ingenio Pujiltic, Chiapas.

Parcela	Fechas de Riegos	Tiempo (h)	Gasto (L/s)	Lámina de riego (mm)	Lámina total (mm)	Requerimiento de riego (mm)	Déficit o exceso (mm)
Miguel Ángel Gordillo Cautiño	25/04/2011	24	19.39	54.57		62.75	8.18
	10/06/2011	24	25.16	70.79		-55.46	-126.25
	10/08/2011	24	25.16	70.79	391.58	-2.16	-72.95
	13/10/2011	24	25.16	43.47		46.03	2.56
	13/11/2011	24	22.16	62.37		83.46	21.08
	09/12/2011	24	31.83	89.59		73.62	-15.97
	T5:22/01/2012	20	22.11	16.05	16.05	23.46	7.41
	T4:06/02/2012	9	19.3	14.97	31.02	26.47	-4.55
	T3:21/02/2012	10	12.33	10.63	26.68	26.47	-0.21
	T2:07/03/2012	7	31.76	17.80	33.85	51.85	18.00
T1:22/03/2012	9	25.06	19.44	35.49	51.85	16.36	

Calidad del Jugoy Rendimiento de Tallo

Si bien se presentaron variaciones aritméticas en los resultados, estadísticamente no se observaron diferencias significativas para grados Brix, sacarosa, humedad, fibra, daño por barrenador o rendimiento de tallo moledero entre los tratamientos (Tabla III). Sin embargo, debido a la importancia que tienen estas variables sobre el precio de la caña de azúcar, se hace una interpretación de las tendencias observadas para las variables más prácticas.

Tabla III. Calidad del jugo y rendimiento de caña en un suelo Gleysol mólico cultivado con la variedad MEX 69-290. Parcela de Miguel Ángel Gordillo Cautiño. Ingenio Pujiltic, Chiapas.

Tratamiento	Peso (kg)	Grados Brix	Sacarosa (%)	Pureza (%)	Humedad (%)	Azúcares Reductores (%)	Fibra (%)	Índice de Madurez	Rendimiento (ton/ha)
1 (15 días)	12.43 ^a	15.46 ^a	12.96 ^a	83.57 ^a	70.58 ^a	0.27 ^a	12.20 ^a	6.90 ^a	109.63 ^a
2 (30 días)	13.28 ^a	13.67 ^a	11.77 ^a	86.16 ^a	69.88 ^a	0.29 ^a	12.43 ^a	5.91 ^a	103.31 ^a
3 (45 días)	12.99 ^a	13.14 ^a	11.71 ^a	89.31 ^a	70.70 ^a	0.31 ^a	12.64 ^a	5.43 ^a	111.34 ^a
4 (60 días)	12.95 ^a	14.89 ^a	12.82 ^a	85.98 ^a	69.40 ^a	0.31 ^a	12.85 ^a	6.17 ^a	116.52 ^a
5 (75 días)	13.08 ^a	14.75 ^a	12.56 ^a	85.29 ^a	69.10 ^a	0.31 ^a	12.54 ^a	6.03 ^a	103.31 ^a
Media	12.94	14.38	12.36	86.06	69.93	0.29	12.52	6.08	108.81
CV(%)	6.76	11.17	13.24	6.39	2.02	10.98	7.33	20.07	14.87
Prob. de f	0.72	0.29	0.72	0.68	0.44	0.32	0.88	0.59	0.74
MSD	1.97	3.62	3.69	12.4	3.18	0.07	2.07	2.83	36.48

El T5 presentó un índice de madurez de 6, lo que indica que la caña estaba madura y con reductores cercanos a cero. La pureza es alta, el contenido de sacarosa en jugo es de 12.56% y 14.75 °Brix. El rendimiento experimental fue de 103 t ha⁻¹, que resultó superior al rendimiento comercial de caña cosechada (97.4 t ha⁻¹). Este tratamiento presentó alto estrés hídrico pero mantuvo de la calidad de los jugos; esto obedece a la tolerancia de la variedad empleada al estrés hídrico (Angelocci, 2002). Por el bajo rendimiento obtenido y el estrés a que se somete al cultivo, no es recomendable para esta zona del Ingenio Pujiltic suspender el riego 75 días antes a la cosecha. En la Figura 2 se presentan los valores de humedad a CC (42.9%), HC (29.3%) y PMP (25.0%). Es importante mencionar que este suelo solo retiene 13.6% de humedad aprovechable. Para esta zona de Pujiltic, es importante que los riegos se realicen a intervalos de tiempo más cortos, ya que el porcentaje de humedad aprovechable es muy bajo y el crecimiento ocurre en un período crítico de demanda de agua (Ramesh, 2000).

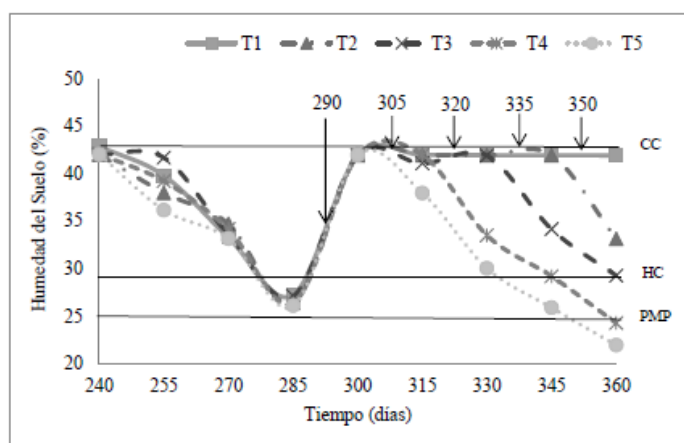


Figura 2. Humedad de un suelo Gleysol mólico cultivado con la variedad MEX 69-290. Parcela del Sr. Miguel Ángel Gordillo Cautiño, Ingenio Pujiltic.

El T4 suspensión de riego 60 días antes de la cosecha, fue uno de los mejores tratamientos y mostró un índice de madurez de 6, que refleja que los azúcares reductores fueron cercanos a cero. La pureza fue alta, el contenido de sacarosa en jugo fue de 12.82% y los grados Brix de 14.89, considerados óptimos con respecto a los otros tratamientos. La pérdida de humedad favoreció el aumento de sacarosa y grados Brix en la caña de azúcar sin que el cultivo se estresara (Lingleet *al.*, 2010). Este tratamiento obtuvo el máximo rendimiento de caña (116 t ha⁻¹) que resultó mayor que el rendimiento del T5 y de las parcelas comerciales (97.4 t ha⁻¹). Dado que la calidad de los jugos es adecuada y que el cultivo de caña no se estresó, se recomienda que la suspensión del riego para la zona del Ingenio Pujiltic inicie 45 días antes de la cosecha.

En el T3 se suspendió el riego 45 días antes de la cosecha, alcanzó un índice de madurez de 5, la caña se considera madura con reductores cercanos a cero. La pureza fue la más alta pero el contenido de sacarosa en jugo y grados Brix fueron los más bajos (Tabla III). Este tratamiento presentó un rendimiento experimental de 111 t ha⁻¹ que es mayor que el rendimiento comercial (97.4 t ha⁻¹). Este tratamiento se vio afectado por la humedad acumulada de los tratamientos anteriores, presentando bajo contenido de sacarosa, 1% menos que el T4 (Inman-Bamber y Smith, 2005). Por ello, no se recomienda la suspensión del riego para esta zona del Ingenio Pujiltic 30 días antes de la cosecha.

El T2 mantuvo el contenido de humedad del suelo a CC, presentó un índice de madurez de 5, la caña se considera madura con reductores cercanos a cero. La pureza es alta, el contenido de sacarosa en jugo es de 11.77% considerado bajo, y los grados Brix de 13.67 son considerados óptimos. Debido a que el suelo contenía humedad por la suspensión del riego 30 días antes de la cosecha, afectó la etapa final de maduración del cultivo, y esto se reflejó en el contenido de sacarosa, ya que la humedad del suelo induce nuevo crecimiento del cultivo (Salgado *et al.*, 2012). El rendimiento de caña experimental fue 103 t ha⁻¹ y resultó mayor que el rendimiento comercial (97.4 t ha⁻¹). La humedad del suelo no permitió obtener una adecuada calidad de los jugos. Por ello, no se recomienda regar 30 días antes de la cosecha en la zona del Ingenio Pujiltic.

En el T1 se aplicó riego 15 días antes de la cosecha con una humedad del suelo por encima de CC y con la humedad acumulada de los riegos anteriores, presentó un índice de madurez de 6 considerada madura, lo cual se reflejó en los reductores que fueron cercanos a cero. La pureza fue alta, 12.96% de sacarosa en jugo y 15.46 grados Brix, considerados los más altos en comparación de los otros tratamientos, aun cuando el cultivo se estresó por exceso de humedad. El rendimiento experimental fue de 109 tha⁻¹, que resultó mayor que el rendimiento comercial de caña cosechada (97.4 tha⁻¹). Por lo anterior, no se recomienda para la zona de Pujiltic aplicar riego 15 días antes de la cosecha. Los excesos de lluvia durante el periodo de crecimiento y la carencia de un sistema de drenaje, fueron una limitante para lograr mayor rendimiento de caña de azúcar en esta parcela (Viator *et al.*, 2012). Para mantener y aumentar los rendimientos es necesario establecer un sistema de drenaje superficial construyendo los drenes cada 18 surcos y así evitar estrés por exceso de agua durante la etapa de crecimiento.

GradosBrix y Humedad del Suelo

A los 290 días del cultivo se inició la suspensión del riego y el control de la humedad en el suelo (Tabla II, Figura 2). El T5 se aplicó a toda la parcela con lo que el contenido de humedad superó la CC. Durante los 300 a 330 días el contenido de humedad bajó a HC, el tallo presentó 24 °Brix como su valor máximo; en este tratamiento la caña maduró más temprano (Figura 3) lo que fue favorecido por altas temperaturas en los meses de marzo y abril (Tabla I). A partir de los 330 días se midieron 22 °Brix y el contenido de humedad descendió por abajo del PMP (se observó agrietado el suelo) antes de la cosecha. En esta época, el Gleysol mólico conserva la humedad del riego durante 30 días. El estrés hídrico en esta etapa indujo nuevo crecimiento (raíces adventicias, lalas e hijuelos) lo cual no es deseable porque se movilizan las reservas reduciendo el rendimiento de caña (Silva y Costa, 2004). Porello no se recomienda suspender el riego 75 días antes de la cosecha en esta zona.

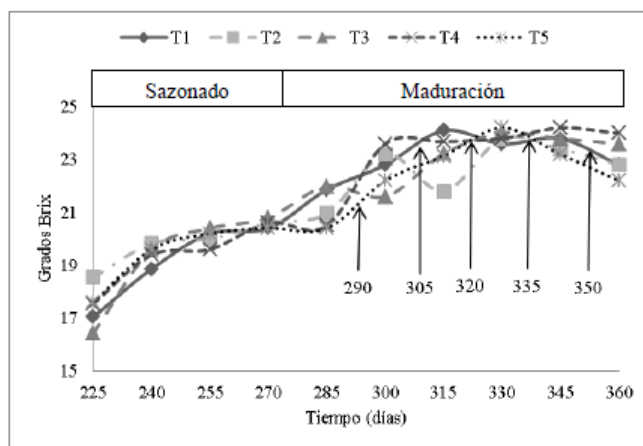


Figura 3. Grados Brix de la variedad Mex 69-290 cultivada en un Gleysol mólico. Parcela del Sr.

Miguel Ángel Gordillo Cautiño, Ingenio Pujilic.

El T4 inició a los 305 días con el suelo en exceso de humedad, esta se mantuvo hasta los 317 días cuando llegó a CC. Posteriormente la humedad disminuyó rápidamente; a los 345 días llegó a HC y el PMP se presentó a los 360 días. La aplicación del primer riego a toda la parcela provocó que el cultivo acelerara el sazonado y madurez, alcanzando 24 °Brix a los 300 días. Con la aplicación de riego a los 305 días se observó que los grados Brix se mantuvieron hasta el momento de la cosecha; este tratamiento no produjo déficit hídrico y aunque aceleró el sazonado y madurez no se redujeron los grados Brix, por el contrario se mantuvieron hasta la cosecha (Inman-Bamberet *et al.*, 2012).

El T3 inició a los 320 días cuando el suelo tenía humedad por encima de la CC, debido a dos riegos aplicados previamente. A partir de los 335 días la humedad disminuyó rápidamente hasta HC, al momento de la cosecha. Los riegos previos interrumpieron el proceso de sazonado y madurez alcanzando el valor máximo de 24 °Brix a los 330 días. Conforme se fue perdiendo la humedad del suelo los grados Brix disminuyeron a 23 al momento de la cosecha (Bueno *et al.*, 2006); por ello no se recomienda aplicar riego 45 días antes de la cosecha.

El T2 inició a los 335 días con la humedad del suelo arriba de CC (debido a tres riegos previos); al momento de la cosecha el suelo aún estaba en CC. Este tratamiento, al igual que el T3, se vio afectado por la aplicación del riego a toda la parcela, ya que al momento del riego tenía 23°Brix pero disminuyeron a 22, el cual provocó que el sazonado y madurez fueran lentos; con el último riego a los 335 días alcanzó su valor máximo (24°Brix) y a medida que la humedad continuó disminuyendo redujo los grados Brix a 23 al momento de la cosecha como respuesta a las alteraciones del sazonado y madurez (Angelocci, 2002). Es por ello que no se recomienda aplicar riego 30 días antes de la cosecha.

El T1 inició a los 350 días y mantuvo la humedad del suelo por encima de CC al momento de la cosecha, esta forma de regar retrasa el proceso de sazonado y madurez de la caña que alcanza su máximo crecimiento en el décimo mes del ciclo, a partir de este momento, el cultivo inicia un proceso de senescencia donde pierde humedad para acelerar el proceso de acumulación de sacarosa en tallo. A los 315 días se alcanzó el valor máximo de 24 grados Brix, lo que indica que la variedad Mex69-290 cultivada en un Gleysol mólico tiene un comportamiento de madurez media; de este momento a la cosecha, los grados Brix disminuyeron hasta 22 °Brix. La humedad excesiva está considerada como la segunda causa limitante de la producción de caña de azúcar (Silva *et al.*, 2008). Es por ello que no se recomienda la aplicación de riego 15 días antes de la cosecha.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados muestran que la lámina de agua que demanda el cultivo de caña de azúcar en el sitio Cuatro Caminos que presenta un suelo Gleysol mólico es de 1,303.6 mm durante todo el ciclo de crecimiento; la precipitación natural más el agua aportada por el riego no satisface las necesidades hídricas del cultivo. Por lo tanto, se recomienda dar riegos de auxilio para satisfacer las necesidades hídricas de la caña de azúcar.

La suspensión del riego 60 y 45 días antes de la cosecha no interrumpe la maduración debido a la reserva de humedad en el suelo; este estudio muestra que el cultivo no se estresó ya que los grados Brix, rendimiento de caña y la concentración de sacarosa presentaron valores altos.

Nuestros datos muestran que al proporcionar el agua requerida por el cultivo, de acuerdo con el calendario de riegos con un sistema de drenaje superficial en operación, al suspender el riego entre

45 y 60 días antes de la cosecha, se incrementan los rendimientos de tallo moleadero y se mejora calidad de los jugos de la caña de azúcar.

REFERENCIAS

- Angelocci, L. R. 2002. El agua y el intercambio de gases en plantas / energía con la atmósfera: Introducción al tratamiento biofísico. Piracicaba, Brasil. 272 p.
- Bueno, L. C. S.; Mendes, A. N. G.; Carvalho, S. P. 2006. Mejoramiento de plantas: principios y procedimientos. 2. ed. Lavras: UFLA. 319 p.
- Cañeros. 2014. Unión nacional de cañeros A.C.- CNPR: www.caneros.org.mx.
- Conagua. 2010. Servicio Meteorológico Nacional-Comisión Nacional del Agua. Normales. <http://smn.cna.gob.mx/>.
- De Silva A.L.C. y W.A.J.M de Costa. 2004. Varietal variation in growth, physiology and yield of sugarcane under two contrasting water regimes. *Tropical Agricultural Research*. 16:1-12.
- Inman-Bamber, N.G., Lakshmanan, P., Park, S. 2012. Sugarcane for water-limited environments: Theoretical assessment of suitable traits. *Field Crops Research*. 134: 95-104.
- Inman-Bamber, NG; Smith, DM. 2005. Water relations in sugarcane and response to water deficit. *Field Crops Research* 92:185-202.
- Lingle S. E., Johnson, R. M., Tew, T. L., Viator R. P. 2010. Changes in juice quality and sugarcane yield with recurrent selection for sucrose. *Field Crops Research*. 118: 152–157.
- McCormick, A.J., Cramer, M.D., Watt, D.A. 2008. Culm sucrose accumulation promotes physiological decline of mature leaves in ripening sugarcane. *Field Crops Research*. 108: 250-258.
- Pimentel, C. 2004. La relación de la planta con el agua. Seropédica: Ed. 191 p.
- Ramesh, P. 2000. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 185: 83-89.
- Salgado G. S., Núñez E.R., Palma-López D.J., Lagunes-Espinosa L.C., Debernardi V.H., Mendoza H.R.H., (2006) Manejo de Fertilizantes y Abonos Orgánicos. ISPROTAB. Colegio de Postgraduados, Tabasco, México. 211p.
- Salgado G.S., L.C. Lagunes E., C.F. Ortiz G., L. Bucio A., y E. M. Aranda I. 2012. Caña de azúcar: producción sustentable. Colegio de Postgraduados-Mundi Prensa. México, D.F. 493 p.
- Salgado G.S., R. Núñez E., J. J. Peña C., J. D. Etchevers B., D. J. Palma L. y M.R. Soto H. 2003. Manejo de la fertilización en el rendimiento, calidad del jugo y actividad de invertasas en caña de azúcar. *Interciencia* 28 (10):476-480 p.
- Salgado-García. S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, L. C. Lagunés-Espinoza., M. Castelán-Estrada., C. F. Ortiz-García., J. F. Juárez-López., J. A. Rincón-Ramírez y E. Hernández-Nataren. 2008. Programa sustentable de fertilización para el ingenio Pujiltic, Chiapas, México. *Terra-Latinoamericana*. 26 (4):361-373.
- SIAP. 2014. Producción agrícola. Ciclo: Cíclicos y perennes 2011. Modalidad: riego + temporal. www.siap.sagarpa.gob.mx. Consultado el 21 de febrero de 2014.

- Silva, A. L. C.; Costa, W. A. J. M. 2004. Varietal variation in growth, physiology and yield of sugarcane under two contrasting water regimes. *Tropical Agricultural Research, Sri Lanka*. 16: 1-12.
- Silva, M.A, Silva, J.A.G., Enciso, J., Sharma V., Jifon, J. 2008. Yield components as indicators of drought tolerance of sugarcane. *Sci. Agric.* 65: 620-627.
- Singels, A. M., van den Berg, M. A. Smit, M.R. Jones, van Antwerpen R. 2010. Modelling water uptake, growth and sucrose accumulation of sugarcane subjected to water stress. *Field Crops Research*. 117: 59-69.
- Smit MA, Singels A. 2006. The response of sugarcane canopy development to water stress. *Field Crops Research*. 98: 91-97 p.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2004. *Fisiología Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre. Artmed. 719 p.
- Viator, R. P., P.M. White Jr. P.M., Hale, A. J., Waguespack H.L. 2012. Screening for tolerance to periodic flooding for cane grown for sucrose and bioenergy. *Biomass and Bioenergy*. 44: 56-63.