

CALIDAD DE JUGOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) SEGÚN EL CICLO DE CULTIVO EN CHIAPAS, MÉXICO

QUALITY OF SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) JUICES BASED ON THE CULTIVATION CYCLE IN CHIAPAS, MÉXICO

Salgado-García, S.¹; Castelán-Estrada, M.¹; Aranda-Ibañez, E.M.¹; Ortiz-Laurel, H.²; Lagunes-Espinoza, L.C.¹; Córdova-Sánchez, S.^{3*}

¹Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS. Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina S/N. H. Cárdenas, Tabasco. CP 86500. México. ²Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba, Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS. Km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Amalan de los Reyes, Veracruz. CP 94946. México. ³Universidad Popular de la Chontalpa. Cuerpo Académico de Química Verde y Desarrollo Sostenible (CA-QVyDS). Carretera Cárdenas - Huimanquillo, Km. 2.0 Cárdenas, Tabasco, México. CP. 86500.

***Autor de correspondencia:** sacorsa_1976@hotmail.com

RESUMEN

Los ingenios azucareros Huixtla y Pujiltilic en el estado de Chiapas, México, exigen a los productores renovar las plantaciones de caña cada al cumplirse cinco zafras (cosechas), argumentando que plantaciones de mayor edad producen menos sacarosa. Dado que la renovación frecuente de las plantaciones puede afectar la economía del productor, se evaluó la calidad de jugos y rendimientos de tallo moledero en tres variedades, cinco ciclos de plantación y dos fechas de cosecha. Los resultados mostraron que la humedad, azúcares reductores y pureza de los jugos no presentaron diferencias estadísticas en función del ciclo de cultivo. La relación entre sacarosa, fibra y ciclos de cultivo tampoco se asoció a las variedades; en ambos casos, las variaciones observadas se atribuyeron a la variación edafoclimáticas de las áreas de cultivo que conducen a diferentes grados de madurez y acumulación de sacarosa. El rendimiento de tallo moledero no presentó diferencias por ciclo de cultivo pero se observa que este tiende a reducirse en plantaciones más viejas, lo cual obedece sobre todo a pérdida de cepas.

Palabras clave: rendimiento de tallo, ciclo de cultivo, Huixtla, Pujiltilic.

ABSTRACT

The sugar plants in Huixtla and Pujiltilic, in the state of Chiapas, México, require producers to renovate the sugar cane plantations once five harvests have been carried out, arguing that the older plantations produce less sucrose. Since the frequent renovation of the plantations can affect the producer's economy, the quality of juices and yields of milling stalks was evaluated in three varieties, five plantation cycles, and two harvest dates. Results showed that the moisture, reducing sugars, and purity of the juices did not present statistical differences in function of the cultivation cycle. The relationship between sucrose, fiber and cultivation cycles was associated to the varieties; in both cases, the variations observed were attributed to the soil and climate variation in the cultivation areas, which lead to different degrees of maturity and accumulation of sucrose. The yield of the milling stalks did not present differences per cultivation cycle, but it is observed that it tends to decrease in older plantations, which responds mostly to the loss of stumps.

Keywords: stalk yield, cultivation cycle, Huixtla, Pujiltilic.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio, 2016. pp: 23-28.

Recibido: marzo, 2016. **Aceptado:** junio, 2016.

INTRODUCCION

El estado de Chiapas está situado en el sureste de México, cuenta con dos ingenios azucareros de capital privado; Pujiltic y Huixtla cuyo rendimiento de tallo moleadero es alto respecto a la media nacional (Cañeros, 2012). Durante 2011, el Sistema Producto de Caña de Azúcar del Estado de Chiapas (SPCACH) manifestó que los ingenios azucareros exigían a los productores renovar sus plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) después de cinco zafas, con el argumento que las plantaciones con mayor número de cortes presentan menor contenido de sacarosa. En México, un jugo de buena calidad se caracteriza por contener >12.5% de sacarosa, 18 a 22 °Brix, 79% a 89% de pureza, menos de 1% de azúcares reductores, y su entrega al molino debe ser dentro de las 24 horas después del corte (Salgado et al. 2003). Dado que la renovación frecuente de la plantación puede repercutir negativamente en la economía del productor, aun cuando el rendimiento observado sea superior a 90 t ha⁻¹, el SPCACH solicitó al Grupo MASCAÑA del Colegio de Postgraduados realizar la evaluación de la calidad de jugos y rendimientos considerando las variedades más importantes, edad de plantación y época de cosecha en cada ingenio.

METODOLOGÍA

El Ingenio Pujiltic se localiza en la parte central del estado de Chiapas, México, en la zafra 2011/12 cosechó 16,760 ha en condiciones de riego por gravedad, sus rendimientos promedio fueron 100.669 t ha⁻¹, 14.8% de sacarosa en caña; 12,784 kg ha⁻¹ de azúcar, 8,230,028 millones de litros de alcohol, y 20,8 MWH de electricidad (CAÑEROS, 2012).

El Ingenio Huixtla está ubicado en la región de la Costa del mismo estado, y durante la zafra 2011/12 cosechó 14,032 ha en condiciones de precipitación natural (temporal), con rendimientos promedio de 84.994 t ha⁻¹, con 12.4% sacarosa en caña, 8,689 kg ha⁻¹ de azúcar; no produce alcohol y generó 24,1 MWH de electricidad.

Ingenio Huixtla: evolución de la calidad de jugos durante el ciclo

Para generar los tratamientos se utilizó un diseño factorial 17x2 (17 semanas de muestreo [11/11/2011 a 02/03/2012] y dos variedades de caña [CP-72-2086 y Q-997]). Para el muestreo en cada parcela se tomaron nueve tallos más un hijuelo (10 repeticiones) (Figura 1). Las 340 muestras resultantes fueron procesadas en el laboratorio de Campo del Ingenio Huixtla con el método del molino de ensaye (Golcher, 1994). El Anova y la prueba de comparación múltiple de Tukey se



Figura 1. A: Ordenamiento de las muestras. B: Rodajas de tallo para determinar humedad en la sección 8-10. C: Picado de tallos para determinar fibra. D: Extracción de jugo del tallo.

realizaron con ayuda del programa SAS 9.3 (Martínez, 1988).

Calidad de jugos por edad del cultivo. Este estudio se realizó simultáneamente en ambos ingenios. En cada caso el ANOVA y las pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey se realizó con ayuda del programa SAS 9.3 (Martínez, 1988). En el **Ingenio Pujiltic**, se hizo mediante el muestreo de tallos en plantaciones de la variedad Mex 69-290 en los ciclos plantilla, resoca 3, resoca 5 y resoca 8; las muestras se tomaron de parcelas programadas para cosecha (corte) por el propio Ingenio. Se tomaron dos tallos en cinco puntos al azar dentro de la parcela, estos 10 tallos conformaron una muestra que fue llevada al laboratorio de campo del Ingenio Pujiltic,

para su análisis químico con el método del molino de ensaye (Golcher, 1994). El análisis estadístico se hizo bajo un diseño completamente al azar cuyos tratamientos fueron 5 ciclos de cultivo, con cuatro repeticiones. En el **Ingenio Huixtla**, los tratamientos se generaron con un diseño factorial 5x2 (cinco ciclos de cultivo [plantilla, resoca 2, resoca 3, resoca 4, y resoca 5] y dos variedades de caña [CP 72-2086 y Méx 69-290]), en los cuales se muestrearon 10 repeticiones al colectar en cada parcela 9 tallos más un hijuelo. Estas muestras, fueron procesadas en el laboratorio de Campo del Ingenio Huixtla siguiendo el método del molino de ensaye (Golcher, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de la calidad de jugos durante el ciclo, Ingenio Huixtla

El análisis de varianza indica diferencias significativas para el rendimiento de caña y diferencias altamente significativas para la calidad de jugos con relación a las fechas de zafra. A pesar de ello, la prueba de medias de Tukey indica que las medias de rendimiento son iguales estadísticamente con una media de 79.5 TCH (Cuadro 1), las variaciones en el rendimiento pueden deberse a las condiciones edafoclimáticas.

Con relación a la sacarosa se observó una tendencia a incrementarse a partir de la primera semana de enero de 2011, atribuido a disminución de la precipitación y consecuente sequía (Figura 2), además del efecto del madurador (inductor de origen químico). En Huixtla, dependiendo de la localidad, en los meses de octubre y noviembre pueden registrarse precipitaciones acumuladas mayores de 150 mm. Estos dos meses, son claves para inducir la madurez del cultivo de caña, por ello, se deben identificar las zonas de menor precipitación para aplicar el madurante y maximizar el contenido de sacarosa en caña. Los azúcares reductores, presentan una relación con el contenido de humedad, menor humedad menores reductores (Cuadro 1). La humedad en la sección 8-10 es elevada, en promedio 72% (Cuadro 1), lo ideal sería tener humedades de 68% a 70%, indicativas de la madurez del tallo de caña.

Con respecto a la variedad, se observó que la CP 72-2086 registró mayor rendimiento de caña, menor humedad y azúcares reductores en compara-

ción con la Co-997 (Cuadro 2). Con respecto al contenido de sacarosa ambas fueron estadísticamente iguales.

Calidad de los jugos por edad del cultivo

Ingenio Pujilic. El Cuadro 3 muestra los resultados de análisis ($t\ ha^{-1}$,

Cuadro 1. Calidad de jugos a través del periodo de la zafra 2011/2012, Ingenio Huixtla.

Semanas	Fechas	t ha ⁻¹	Sacarosa (%)	Humedad (%)	Azúcares reductores (%)
1	11-19-Nov-11	78.24a	11.87bcd	74.10abc	0.39ab
2	20-26-Nov-11	80.52a	11.55d	75.29a	0.44a
3	27 Nov - 03 Dic-11	76.27a	11.58d	74.51ab	0.46a
4	04-10-Dic-11	75.59a	11.66cd	73.57abcd	0.38abc
5	11-17 Dic-11	79.68a	11.55d	72.43bcde	0.28bcd
6	18-24-Dic-11	77.83a	11.80cd	71.84cde	0.26d
7	25-31-Dic-11	83.91a	11.50d	71.53de	0.23cd
8	01-07-Ene-12	78.38a	12.60abc	71.11e	0.21d
9	08-14-ENE-12	85.64a	12.27abcd	71.63de	0.24d
10	15-21-ENE-12	74.44a	12.11abcd	72.81bcde	0.30bcd
11	22-28-ENE-12	81.77a	12.89a	71.50de	0.23d
12	29 ENE-04 FEB-12	85.73a	12.81ab	72.18cde	0.24d
13	05-11-FEB-12	88.01a	12.88a	70.95e	0.20d
14	05-11-FEB-12	80.89a	12.44abcd	72.22bcde	0.24d
15	12-18-FEB-12	76.69a	12.59abc	71.51de	0.20d
16	19-25-FEB-12	76.09a	12.97a	71.22e	0.21d
17	26 FEB-01 MAR-12	79.43a	12.82ab	71.39de	0.24d
	Medias	79.53	12.13	72.6	0.29
	Pr > F de T.	0.022*	0.001**	0.001**	0.001**
	C.V.	11.10	5.06	2.00	25.61
	DMS	13.92	0.97	2.29	0.12

sacarosa, humedad y azúcares reductores). Los grados Brix fueron iguales estadísticamente con una media de 15.57. El contenido de sacarosa presentó diferencias significativas pero no se observó una tendencia directa a disminuir conforme a los años de cultivo, estas diferencias pueden atribuirse a las

condiciones edafo-climáticas (Salgado et al., 2008), que pueden conducir a diferentes grados de madurez y acumulación de sacarosa (Hernández et al., 2008). La media de sacarosa fue de 13.8%, la pureza del jugo fue estadísticamente igual en todos los ciclos de

cultivo, no fue posible establecer una relación directa entre pureza y contenido de sacarosa. Los azúcares reductores fueron iguales estadísticamente en todos los ciclos de cultivo, con una media de 0.24%, lo cual es deseable en cañas maduras (Cuadro 3).

La humedad fue estadísticamente igual en todos los ciclos de cultivo, con media de 69.1%, que indica que la caña estaba en buen estado de madurez. El contenido de fibra presentó diferencias significativas respecto a ci-

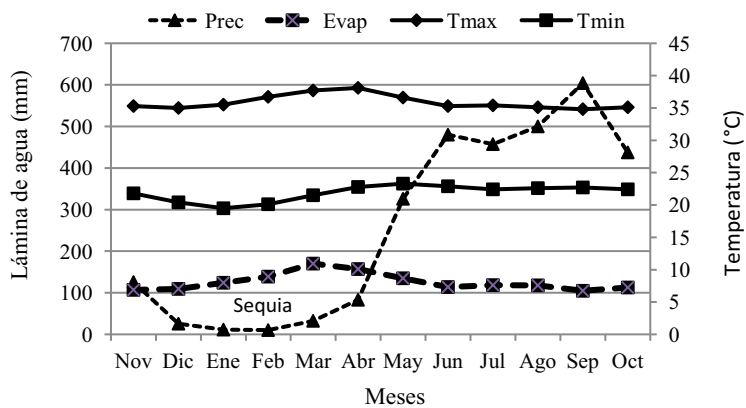


Figura 2. Variación de elementos del clima en el Ingenio de Huixtla, Chiapas. Datos de normales climatológicas 1971-2000 (CONAGUA, 2012).

clos de cultivo, pero no se observó una tendencia a incrementarse conforme a los ciclos de cultivo, las diferencias se pueden atribuir a las condiciones edafo-climáticas que producen diferentes estados de madurez; la media de fibra fue de 12.53%.

Ingenio de Huixtla. El Cuadro 4 indica que el rendimiento de caña a través de los ciclos de cultivo se reduce estadísticamente, lo cual es normal debido a la pérdida de población de cepa en el surco. Una política actual en los ingenios para reducir la vejez del campo cañero es detener el conteo de los ciclos hasta soca 5, sin embargo, los comités de calidad cañera deberán revisar esta política: En Sao Pablo, Brasil, los cañaverales se mantienen por cinco cortes y se renuevan para mantener la productividad promedio en 80 t ha⁻¹, debido la gran superficie

Cuadro 2. Calidad de jugos en dos variedades de caña (*Saccharum* spp.) cultivadas en el Ingenio Huixtla, Chiapas, México, zafra 2011/2012.

Variedad	t ha ⁻¹	Sacarosa (%)	Humedad (%)	Azúcares reductores (%)
CP 72-2086	82.17a	12.10a	72.13b	0.26b
Co-997	71.41b	12.28a	74.25a	0.43a
Pr > F de T.	0.0001**	0.08NS	0.0001**	0.0001**
C. V. (%):	11.10	5.06	2.00	25.61
DMS	3.05	0.21	0.50	0.30

Cuadro 3. Calidad de jugos de la variedad Méx 69-290 (*Saccharum* spp.) en función de la edad de cultivo. Ingenio Pujilic, Chiapas, México.

Ciclo	°Brix	Sacarosa	Pureza	AR (%)	Humedad	Fibra
Iantilla	15.00a	12.36a	82.30a	0.289 a	69.40a	11.19b
Soca	14.20a	12.67bc	88.50a	0.275 a	68.60a	12.95ab
Resoca 3	17.20a	15.53a	90.30a	0.225 a	67.90a	13.69ab
Resoca 5	17.50a	14.80b	84.60a	0.275 a	70.00 a	13.00ab
Resoca 8	14.30a	12.82bc	88.60 a	0.234 a	69.80a	11.60b
Media	15.87	13.80	87.00	0.240	69.10	12.53
C. V.	9.20	7.40	4.70	29.90	1.80	8.20
Prob. F de T	0.027*	0.022*	0.088 NS	0.826 NS	0.167 NS	0.022*
DMS	3.40	2.30	9.50	0.17	2.90	2.30

Cuadro 4. Comportamiento del ciclo de cultivo, rendimiento y calidad del jugo de caña (*Saccharum* spp.) en el Ingenio Huixtla, Chiapas, México.

Ciclos de cultivo	t ha ⁻¹	Sacarosa (%)	Humedad (%)	AR (%)
Plantilla	97.72a	12.08a	72.20b	0.23c
Resoca 2	83.43b	11.93ab	72.80ab	0.36ab
Resoca 3	84.72b	11.91ab	73.10ab	0.31bc
Resoca 4	82.89b	12.12a	73.10ab	0.29bc
Resoca 5	79.86b	11.33b	74.20a	0.44a
Media	85.70	11.87	73.10	0.32
Pr > F de T.	0.01**	0.03*	0.01**	0.01**
C. V.	13.90	7.00	2.20	41.40
DMS	10.57	0.74	1.46	0.12

cañera que se manejan en las Usinas brasileiras (Ingenios), la pérdida de cepas en el surco, la compactación del suelo, y la carencia de la práctica de resiembra. Por ello, la decisión técnica de volteo cada cinco cortes de caña en Brasil responde a una problemática específica, pero podría no ser el caso de México (Salgado *et al.*, 2012). En cuanto al contenido de sacarosa se observan diferencias significativas entre los ciclos, pero esta reducción no guarda una relación directa entre ciclos de cultivo y contenido de sacarosa en caña; las variaciones observadas se relacionaron con condiciones edafoclimáticas que prevalecen en el Ingenio Huixtla y al contenido de humedad en la sección 8-10. La media de sacarosa fue de 11.87%, similar a la reportada para la zafra 2010/2011 (11.74%). El Ingenio Huixtla ha implementado en los últimos años un programa de maduradores para incrementar la sacarosa en caña, en la zafra 2008/2009 logró 12.39% de sacarosa. Para mejorar este proceso es necesario el drenaje superficial, el agua retenida en los terrenos durante la fase de sazonado alteran el proceso de madurez. La caña necesita perder humedad, pero si el suelo está húmedo se induce crecimiento vegetativo (Méndez *et al.*, 2012). El contenido de humedad es elevado, lo ideal es tener cañas con 69% a 70% de humedad al momento de la cosecha. En este caso la media fue de 73.1%, y los azúcares reductores fueron cercanos a cero.

El Cuadro 5 muestra que la variedad CP 72-2086 superó estadísticamente en el rendimiento de caña a la variedad Mex 69-290. Por el contrario, el contenido de sacarosa fue mayor en ésta última, ya que al momento del muestreo presentó menor humedad en el tallo.

CONCLUSIONES

El rendimiento de caña fue estadísticamente igual en todas las edades de cultivo, las variaciones se atribuyen a condiciones edafoclimáticas del Ingenio Huixtla. El contenido de sacarosa presentó tendencia a incrementarse a partir de la primera semana de enero de 2011, lo cual se relaciona con disminución de la precipitación, posteriormente sequía y efecto del madurante químico. La humedad en la sección 8-10 es elevada (72%). Se observó que a menor humedad en el tallo menos azúcares reductores. La variedad CP 72-2086 presentó mayor rendimiento de caña, menor humedad y azúcares reductores en comparación con Co-997. Respecto al contenido de sacarosa ambas fueron iguales estadísticamente. No se observó tendencia directa de la sacarosa y la fibra a disminuir conforme a los ciclos de cultivo en la variedad Méx 69-290, esto puede atribuirse a las condiciones edafoclimáticas del Ingenio Pujiltic, que pueden conducir a diferentes grados de madurez y acumulación de sacarosa. La humedad, los reductores y la pureza fueron iguales estadísticamente en todas las edades de cultivo. El rendimiento de caña se reduce estadísticamente con más ciclos de cultivo, lo cual es normal debido a la pérdida de población de cepas. El contenido de sacarosa presentó diferencias significativas entre ciclos, pero esta reducción no guarda una relación entre ciclos de cultivo y contenido de sacarosa en caña, las variaciones observadas pueden relacionarse con las condiciones edafoclimáticas que prevalecen en el Ingenio Huixtla, y al contenido de humedad. La variedad

Cuadro 5. Comportamiento de las variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en relación al rendimiento y calidad del jugo de caña en Huixtla, Chiapas, México.

Variedad	Rendimiento t ha ⁻¹	Sacarosa (%)	Humedad (%)	Azúcares reductores (%)
CP-722086	88.18a	11.67b	73.82a	0.32a
MEX-69-290	83.27b	12.08a	72.46b	0.33a
Pr > F de T.	0.04*	0.02*	0.0001**	0.56NS
C. V. (%)	13.90	7.00	2.20	41.40
DMS	4.77	0.33	0.66	0.05

CP 72-2086 supera estadísticamente en rendimiento a la variedad Mex 69-290. Por el contrario, el contenido de sacarosa fue mayor en la Mex 69-290.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Chiapas, A.C. y a los Comités de Producción y Calidad Cañera de los Ingenios de Huixtla y Pujiltilic. Chiapas, México.

LITERATURA CITADA

CAÑEROS. 2013. Estadísticas por ingenio; Pujiltilic y Huixtla. UNPCA-CNPR. <http://www.caneros.org.mx/>. Consultado 12/02/2015.

CONAGUA. 2012. Normales climatológicas http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=23:normales-climatologicas&catid=16:general&Itemid=120.

Golcher A.A., Hasbach R.F., Infante M.J.J. 1984. Manual para analistas de laboratorio azucarero. Azúcar S.A. de C.V-GEPLACEA-PNUD. México. 180 p.

Hernández M.G.I., Salgado G.S., Palma-López D.J., Lagunes E.L.C., Castelán E.M., Ruiz R.O. 2008. Vinaza y composta de cachaza como fuente de Nutrientes en caña de azúcar en un Gleysol Mólico de Chiapas, México. *Interciencia* 29 (11): 855-860.

Landell M.G.A., Bressiani J.A. 2008. Melhoramento genético, caracterização e manejo varietal. In: Dinardo-Miranda, L.L., De Vasconcelos A.C.M., Landell M.G.A (Ed). *Cana-de-açúcar*. Centro de cana. Instituto Agronómico. SP, Brasil 882 p.

Martínez G.A. 1988. Diseños experimentales: Métodos y Elementos de Teoría. Trillas. México. 756 p.

Méndez-Adorno J.M., Lagunes-Espinoza L.C., Salgado-García S., Mendoza-Hernández J.R.H., Castelán-Estrada M. 2012. Respuesta fisiológica de caña de azúcar sometida a suspensión de riego previo a la cosecha en Pujiltilic, Chiapas. *In: Simposio Internacional en producción agroalimentaria tropical y XXIV Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria 2012*. 18 y 19 de octubre. Cárdenas, Tabasco. 570-576

Salgado G.S., Lagunes E.L.C., Aranda I.E.M., Castelán E.M., Ortiz G.C.F., Ortiz L.H., Mendoza H.R.I., Córdova S.S. 2012. Producción sustentable de caña de azúcar: Ingenio de Huixtla. Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 116 p.

Salgado-García S., Palma-López D.J., Zavala-Cruz J., Lagunes-Espinoza L.C., Castelán-Estrada M., Ortiz-García C.F., Juárez-López J.F., Rincón-Ramírez J.A., Hernández-Nataren E. 2008. Programa sustentable de fertilización para el ingenio Pujiltilic, Chiapas, México. *Terra-Latinoamericana*. 26 (4):361-373.

Salgado G.S., Núñez E.R., Peña C.J.J., Etchevers B.J.D., Palma L.D.J., Soto M.R.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.

SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1621 P.

