

EVALUACIÓN DE LA ACIDEZ EN EL JUGO DE DIFERENTES PARTES DEL TALLO DE CAÑA DE AZÚCAR, CICLO 2010/2011

Hélio Francisco Da Silva Neto, Bruno Fernandes Modesto Homem, Luiz Carlos Tasso Júnior y Marcos Omir Marques

RESUMEN

Los niveles de acidez presentes en el jugo de caña de azúcar pueden causar varios problemas en su procesamiento. El presente estudio tuvo como objetivo comparar los valores de acidez total, volátil y fija presentes en el jugo de nudos y entrenudos del tallo de la caña de azúcar. El diseño experimental fue en bloques completos al azar, en arreglo factorial 3x2 con cuatro repeticiones, utilizando muestras de tres variedades de caña de azúcar (IAC91-1099; ISC95 y CTC7-5000) divididas en nudo y entrenudo. Los tallos fueron recolectados y se separaron en nudos y entrenudos. Después de la extracción del jugo de cada

parte, se realizaron los análisis de acidez total, volátil y fija. El análisis de la varianza de los resultados se realizó por la prueba de F y la comparación de medias por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. El cultivar CTC7 presentó las menores concentraciones de acidez total y fija. El cultivar IAC91-1099 presentó altos niveles de acidez fija en ambas partes del tallo, y alta acidez volátil en el nudo. En relación al tallo, los valores de acidez volátil no mostraron tendencia definida. El nudo presentó, en general, mayores valores de acidez fija, pero algunos cultivares mostraron resultados opuestos.

EVALUATION OF THE ACIDITY IN THE JUICE FROM DIFFERENT PARTS OF THE STEM OF SUGARCANE, CYCLE 2010/2011

Hélio Francisco Da Silva Neto, Bruno Fernandes Modesto Homem, Luiz Carlos Tasso Júnior and Marcos Omir Marques

SUMMARY

The acidity levels present in the juice of sugarcane can cause problems in its processing. This study aimed to compare the values of total, volatile and fixed acidity in the juice of the stem nodes and internodes of sugarcane. The experimental design was a completely randomized, 3x2 factorial arrangement with four replications, using three varieties of sugarcane (IAC91-1099; ISC95 and CTC7-5000) divided into node and internode. The stems were collected and separated in node and internode. After extraction of juice from each part, total, volatile and fixed

acidities were determined. The results were subjected to variance analysis by the F test and compared by the Tukey test at 5% probability. The cultivar CTC7 had the lowest levels of total and fixed acidity. Cultivar IAC91-1099 showed high levels of fixed acidity on both parts of the stem, and high volatile acidity at the node. In the stem, the values of volatile acidity showed no definite pattern between cultivars. The node has, in general, a higher fixed acidity, but some cultivars have shown opposite results.

Introducción

En Brasil, el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) ocupa lugar destacado en la economía nacional. La especie es gran generadora de empleos con afiliación patronal, es utilizada como productora de alimentos, co-generadora de ener-

gía eléctrica, alcohol, combustibles y fertilizante, aparte de ser de ayuda en la conservación del suelo y el medio ambiente.

La calidad de la caña de azúcar como materia prima, tiene gran relación con la calidad del producto final. Entre las diversas variables utilizadas en la evaluación de calidad de

la materia prima, los niveles de acidez presentes en el jugo de caña destacan en la medida en que los ácidos presentes pueden ocasionar innumerables problemas para el proceso de industrialización de la caña de azúcar (Zaninetti Filho, 2008).

La acidez fija proviene en parte del ácido láctico presen-

te en el jugo, producido por bacterias del género *Lactobacillus* (Alcarde, 2002) y, en parte, por ácidos que están presentes en el caldo pero que no se relacionan con la actividad microbiológica.

La presencia de ácido láctico inhibe el metabolismo de levaduras, reduciendo así el

PALABRAS CLAVE / Acidez / Caña de Azúcar / Cultivar / Entrenudo / Etanol / Tallo / *Saccharum* spp /

Recibido: 06/06/2013. Modificado: 01/04/2014. Aceptado: 04/04/2014.

Hélio Francisco da Silva Neto. Ingeniero Agrónomo, Maestría y Doctorando en Agronomía (Producción Vegetal), UNESP, Brasil. Dirección: Departamento de Tecnología, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, UNESP. Vía de Acceso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, Jaboticabal, SP, Brasil.

CEP: 14884-900. e-mail: heliofsn@hotmail.com

Bruno Fernandes Modesto Homem. Ingeniero Agrónomo, FEIS-UNESP, Brasil. Alumno de Maestría en Agronomía (Producción Vegetal), UNESP, Brasil. e-mail: bruno.homem@hotmail.com

Luiz Carlos Tasso Júnior. Ingeniero Agrónomo, Universidade

Federal de Alfenas, Brasil. Maestría y Doctorado en Agronomía (Producción Vegetal), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil. Superintendente, Associação dos Plantadores de Cana do Oeste do Estado de São Paulo (CANAOESTE), Brasil. Consejero, Cooperativa dos Plantadores de Cana do

Oeste do Estado de São Paulo (COPERCANA), Brasil. e-mail: tasso@canaoeste.com.br

Marcos Omir Marques. Ingeniero Agrónomo, Maestría em Ciências y Tecnología de Alimentos y Doctor en Suelos y Nutrición de Plantas, UNESP, Brasil. Profesor, UNESP, Brasil. e-mail: omir@fcav.unesp.br

RESUMO

Os níveis de acidez do caldo da cana de açúcar pode causar vários problemas no processamento. Este estudo teve como objetivo comparar os valores de acidez total, volátil e fixa no suco dos nós do caule e entrenós de cana-de-açúcar. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, esquema fatorial 3x2, com quatro repetições, com três variedades de cana (IAC91-1099; ISC95 e CTC7-5000), dividido em nós e entrenós. Os colmos foram coletados, separados em nó e entrenós. Após a extração do caldo de cada parte, foram efetuadas análise de acidez total, acidez volátil e acidez fixa sequencialmente. Os

resultados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A cultivar CTC7 apresentaram concentrações mais baixas de acidez total e fixa. O cultivar IAC91-1099 mostrou elevados níveis de acidez fixa em ambos as partes da haste, e elevada acidez volátil no nó. Em relação à haste, os valores de acidez volátil não mostrou nenhuma tendência. Os nós apresentaram, em geral, valores mais elevados de acidez fixa, mas alguns cultivares mostraram resultados opostos.

rendimiento fermentativo durante el proceso de producción del etanol (Oliva Neto y Yokoya, 2001).

Por su lado, la acidez volátil puede ser debida a la presencia de ácido acético presente en el caldo y producido, por ejemplo, por bacterias del género *Acetobacter* (Alcarde, 2002). Este tipo de acidez es la principal fracción ácida de aguardientes (Lima y Nóbrega 2004), donde está presente en grandes cantidades y disminuye la calidad del producto (Cardoso, 1999).

La acidez total es definida como la sumatoria de la acidez volátil más la acidez fija. Se constituye como la principal forma de determinación de la acidez en la industria de la caña, siendo expresada en cantidad de ácido sulfúrico por litro de jugo (Pereira, 2007).

Marques *et al.* (2010) estudiaron los diferentes sistemas de corte de caña de azúcar y observaron que la caña quemada y picada presentó mayores valores de acidez total en relación a los otros sistemas de corte analizados, tales como a caña cruda entera y caña quemada entera.

Las partes del tallo, nudo y entrenudo, también presentan diferentes niveles de acidez. Silva Neto *et al.* (2010) analizaron el proceso de deterioro que ocurre en las diferentes partes del tallo resultantes del tiempo de almacenamiento y observaron un aumento en los niveles de

acidez tanto para los nudos como para los entrenudos. Los índices de acidez fija, total y volátil de los nudos fue siempre mayor al presentado por los entrenudos.

Silva Neto (2010) estudió la influencia de la calidad de la materia prima afectada por la presencia de impurezas vegetales y observó que la presencia de tales impurezas puede influenciar en el aumento de los índices de acidez.

El presente trabajo tuvo como objetivo comparar los valores de acidez total, volátil y fija presentes en el jugo extraído de nudos y entrenudos del tallo de cultivares de caña de azúcar.

Materiales y Métodos

El experimento fue llevado a cabo en la Hacienda de Enseñanza, Investigación y Producción de la FCAV/UNESP, localizada en el Municipio de Jaboticabal, Estado de São Paulo, Brasil, a los 21°15'22''S y 48°18'58''O, a una altitud promedio de 575msnm. El clima es de tipo tropical con invierno seco, y clasificado, de acuerdo con el Sistema Internacional de Koppen, como Aw. La pluviometría promedio anual es de 1425mm, con concentración de lluvias en el verano y seco en el invierno.

El experimento fue instalado en un Latossolo Vermelho Eutrófico típico (Embrapa, 1999), moderado, de textura muy arcillosa relieve suave ondulado.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos el azar, en arreglo factorial 3x2, con cuatro repeticiones. El tratamiento principal fue compuesto por los tres cultivares de caña de azúcar utilizados (IAC91-1099, IAC95-5000 y CTC 7). El tratamiento secundario fue compuesto por las dos partes del tallo de caña (nudo y entrenudo). En cada bloque habían las parcelas representando los cultivares de caña. Las parcelas experimentales fueron compuestas de cinco hileras de caña de 12m de largo, espaciadas a 1,5m, totalizando 90m², siendo consideradas como área útil las tres hileras centrales, descartando un metro en las extremidades, así como la primera y la quinta hilera, resultando en 45m².

Se recolectó un grupo de tallos de cada cultivar, totalizando cuatro grupos por bloque. Cada grupo contenía 20 tallos retirados en secuencia, en la hilera de siembra dentro de la parcela útil. La evaluación fue realizada el día 05/10/2010, en la condición de caña de tercer corte (soca). Los tallos fueron cortados manualmente, deshojados, despuntados, etiquetados y enviados al Laboratorio de Tecnología de Azúcar y Etanol del Departamento de Tecnología de la FCAV/UNESP.

En el laboratorio los tallos fueron separados en nudos y entrenudos con ayuda de sierra eléctrica del tipo 'tico-tico'. Cada parte del tallo fue enca-

minada para el desfibrador de caña. Después se procedió a la homogeneización del material desintegrado, se pesaron 500g y se transfirió el material a una prensa hidráulica. De la prensada se obtuvo una masa húmeda (material fibroso a ser descartado) y el jugo extraído. Los análisis de acidez fueron realizados en el jugo extraído.

Se determinó la acidez total del jugo de la caña diluido, el cual se sometió a valoración con solución de NaOH, utilizando el resultado para calcular la determinación de la acidez total presente en el jugo. Este cálculo se realizó de acuerdo con el método propuesto por Marques (1998), con la ecuación:

$$Em = Np(Vt - Vbr) \times 49$$

donde Em: acidez total (g ácido sulfúrico (H₂SO₄)/litro de jugo); Np: normalidad de la solución exacta de hidróxido de sodio usada en la valoración; Vt: volumen de solución de NaOH estandarizado, pasó titulación; Vbr: volumen de solución estándar valoración con NaOH gastado blanco de reactivo.

La determinación de la acidez volátil, se realizó de acuerdo con el método propuesto por Amerine y Ough (1974), adaptado por Marques (1998). Del jugo se extrajo el destilado, el cual fue sometido a valoración con solución de NaOH. El resultado se utiliza para calcular la determinación

de la acidez volátil presente en el jugo usando la ecuación

$$Av = Np(Vv - Vbr) \times 6,005$$

donde Fwd: acidez volátil del jugo (g ácido acético (C₂H₄O₂)/litro de jugo); Np: normalidad solución exacta de hidróxido de sodio utilizado en la titulación; Vv: volumen de la solución valorada de NaOH, pasó titulación; Vbr: volumen solución de NaOH estandarizado para la titulación del reactivo gastado en blanco.

La acidez fija del jugo se determinó mediante el método propuesto por Zago *et al.* (1996), adaptado por Marques (1998). El cálculo fue realizado con la ecuación

$$F = Np(Vt - 0,1 \times Vv - Vbr) \times 90,08$$

donde F: acidez fija del jugo (g ácido láctico (C₃H₆O₃)/litro de jugo); Np: Af Normalidad solución exacta de hidróxido de sodio utilizado en la titulación; Vt: volumen de solución de NaOH estandarizado, pasó titulación; Vv: volumen solución de NaOH estandarizado, pasó titulación; Vbr: volumen de solución valorada de NaOH para la titulación del blanco de reactivo gastado.

El análisis estadístico de los resultados se efectuó mediante análisis de varianza empleando la prueba de F. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey al nivel de 5% de probabilidad. Los análisis estadísticos fueron realizados con la ayuda del programa de computo; AGROESTAT (Barbosa e Maldonado, 2010).

Resultados y Discusión

En la Tabla I se presentan los valores de acidez total, volátil y fija de los cultivares de caña de azúcar y de las partes del tallo (nudo y entrenudo). El cultivar IAC91-1099 se destacó por presentar los mayores valores de acidez total (1,19g H₂SO₄/lit de jugo) y acidez fija (2,16g C₃H₆O₃/lit de jugo), siendo superiores a los promedios encontradas por Zaninetti Filho (2008), quien para el cultivar CTC 6 obtuvo 0,66g H₂SO₄/lit

de jugo (acidez total) y 0,63g C₃H₆O₃/lit (acidez fija).

Los cultivares IAC95-5000 y CTC7 mostraron un mejor desempeño, presentando menores valores de acidez total (1,10 y 0,83 g H₂SO₄ L⁻¹ de jugo, respectivamente). Sin embargo, aun para estos cultivares los valores encontrados están por encima del valor recomendado por Ripoli y Ripoli (2004) como medida de calidad, que es 0,80 gH₂SO₄/lit.

En relación a la acidez fija, los valores encontrados en los cultivares IAC95-5000 y CTC7 fueron de 1,99 y 1,50g C₃H₆O₃/lit de jugo, respectivamente. Estos valores son superiores a los encontrados por Zaninetti Filho (2008) para tales cultivares, pero en condiciones de caña planta. Una posible explicación para lo ocurrido sería de que mayores valores de acidez son encontrados en caña soca en comparación con caña planta (Pereira, 2007).

Al comparar los valores de acidez obtenidos en las dos partes del tallo, se observa que aunque estadísticamente no hubo diferencia entre ellos, los mayores valores de acidez total y fija fueron en el nudo (1,06g H₂SO₄/lit de jugo y 1,91g C₃H₆O₃/lit de jugo, respectivamente). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Silva Neto *et al.* (2010a), en que el nudo presentó mayores valores de acidez total cuando fue comparado al entrenudo. Según ese mismo autor, este resultado puede ser debido a que el metabolismo de la caña sea más activo en el nudo y por eso los mayores índices de acidez total y fija en esta parte del tallo. El nudo y el entrenudo presentaron un nivel de acidez volátil semejantes. Estos resultados son bastante menores al valor encontrado por Silva Neto

TABLA I
VALORES PROMEDIO DE ACIDEZ TOTAL, VOLÁTIL Y FIJA PARA LOS CULTIVARES EN ESTUDIO Y LAS DIFERENTES PARTES DEL TALLO (NUDO Y ENTRENUDO), A PARTE DE LAS VARIABLES ESTADÍSTICAS

Tratamientos	Acidez total (g H ₂ SO ₄ /lit)	Acidez volátil (g C ₂ H ₄ O ₂ /lit)	Acidez fija (g C ₃ H ₆ O ₃ /lit)
Cultivares(C)			
IAC91-1099	1,19 a	0,007 b	2,16 a
IAC95-5000	1,10 b	0,014 a	1,99 b
CTC 7	0,83 c	0,009 b	1,50 c
Prueba F	143,14 **	8,72 **	142,68 **
Partes (P)			
Nudo	1,06	0,01	1,91
Entrenudo	1,02	0,01	1,85
Prueba F	3,76 ns	0,03 ns	3,70 ns
Estadística			
Prueba F (Bloque)	8,91 **	1,98 ns	8,69 **
Prueba F (Interacción C x P)	1,04 **	0,01 ns	1,88 *
CV (%)	3,66	30,55	3,72

Promedios seguidos de letras iguales, en la columna para cada atributo, no difieren entre sí según Prueba de Tukey al 5% de probabilidad. NS * e ** - ns: no significativo, *, **: significativo al 5 y 1% de probabilidad por prueba F, respectivamente, CV: coeficiente de variación.

(2010), que fue de 0,051g C₂H₄O₂/lit.

En la Figura 1 se presentan las diferencias en la interacción obtenida entre los cultivares y las partes de la planta para la acidez total. En la comparación entre los cultivares, el IAC91-1099 presentó mayores valores de acidez total tanto en el nudo como en el entrenudo. Para el nudo, el cultivar IAC95-5000 presentó valores intermedios y el cultivar CTC7 los menores valores. Valores similares fueron obtenidos cuando se evaluaron los entrenudos. El elevado valor de acidez total ocasiona aumento en los costos de pro-

ducción de azúcar, pues exige mayor cantidad de cal para el ajuste del pH durante la etapa de clarificación del jugo (Delgado y Azeredo César, 1977).

En la Figura 2, se presentan las diferencias en la interacción obtenida entre los cultivares de caña de azúcar y las partes del tallo para acidez fija. En la comparación entre las partes de la planta, el cultivar IAC95-5000 presentó el mayor valor de acidez fija en el nudo. Eso puede haber ocurrido por el hecho del nudo presentar una mayor área de exposición en relación a su tamaño, cuando se comparó con el entrenudo. En este mis-

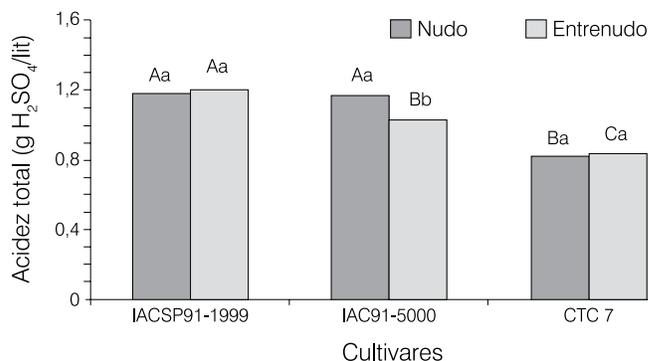


Figura 1. Análisis de las diferencias en la interacción cultivares×partes de la planta, para la acidez total (gH₂SO₄/lit de jugo) en los tres cultivares. Mayúsculas: comparación entre los cultivares para una misma parte del tallo; minúsculas: comparación entre las partes del tallo de un mismo cultivar. Promedios seguidos de letras iguales, en la comparación, no difieren entre si según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

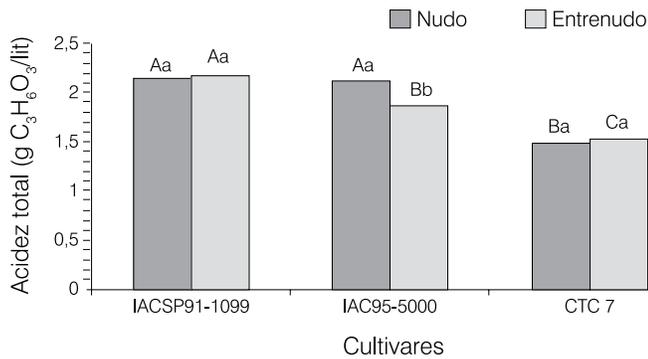


Figura 2. Análisis de las diferencias en la interacción cultivares×partes de la planta, para la acidez fija (gC₃H₆O₃/lit de jugo) en los tres cultivares. Mayúsculas: comparación entre los cultivares para una misma parte del tallo; minúsculas: comparación entre las partes del tallo de un mismo cultivar. Promedios seguidos de letras iguales, en la comparación, no difieren entre si según prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

mo sentido, Kroes y Harris (1994) destacaron que el hecho del tallo estar picado, puede aumentar la exposición a los microorganismos, lo que de acuerdo con Marques *et al.* (2010) podría incrementar la acidez.

En la comparación entre los cultivares para cada parte del tallo, el cultivar IAC91-1099 se destacó por presentar el mayor valor de acidez fija tanto en el nudo como en el entrenado (2,14 y 2,17g C₃H₆O₃/lit de jugo) respectivamente. En estas condiciones, tiene lugar una reducción del rendimiento fermentativo durante la producción de etanol, una vez que Olivia Neto y Yokoya (2001) destacan que elevados valores de acidez fija pueden inhibir el metabolismo de levaduras.

Conclusiones

Se encontraron diferencias entre los cultivares en cuanto a

los niveles de acidez evaluados, siendo que el cultivar CTC7 presentó los menores niveles de acidez total y fija. El cultivar IAC95-5000 presentó niveles intermedios entre los obtenidos en el CTC7.

El cultivar IAC91-1099 presentó elevados niveles de acidez total y fija en ambas partes del tallo, y de acidez volátil en el nudo. Tales resultados son menos satisfactorios y permiten inferir la necesidad de una mayor atención en el procesamiento de jugos de este cultivar.

En la comparación entre las partes del tallo y cultivares, los valores de acidez volátil no presentaron un patrón definido, dificultando la definición sobre qué parte del tallo presenta mayores valores para esta fracción de acidez.

En este sentido, el nudo obtuvo, en general, mayores valores de acidez total y fija,

aunque algunos cultivares presentaron resultados divergentes, indicando la necesidad de mayores estudios sobre este particular.

REFERENCIAS

- Alcarde AR (2002) Effect of radiation on physiological parameters of the ethanolic fermentation. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 18: 41-47.
- Amerine MA, Ough CS (1974) *Wine and Must Analysis*. Wiley. London, RU. 144 pp.
- Barbosa JC, Maldonado JrW (2010) *AGROESTAT: Sistema para Análisis Estatísticas De Ensaio Agronômicos*. Versão 1.0. Jaboticabal, Brasil.
- Cardoso MG (1999) Cachaça: qualidade e produção. Extensão. *Bol. Técn. Sér. Série.* 8: 1-26.
- Delgado AA, Azeredo César MA (1977) *Elementos de Tecnologia e Engenharia do Açúcar de Cana*. Vol. 2. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil. 752 pp.
- Embrapa (1999) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Embrapa Solos. Brasília, Brasil. 412 pp.
- Kroes S, Harris HD (1994) Effects of cane harvester basecutter parameters on the quality of cut. *Proc. Austr. Soc. Sugar cane Technol.* 16: 169-177.
- Lima AK dos S, Nóbrega IC da C (2004) Avaliação de parâmetros de qualidade em aguardentes de cana produzidas no Estado da Paraíba. *Bol. Cent. Pesq. Proces. Alim.* 22: 85-86.
- Marques MO (1998) Determinação da acidez total, acidez volátil e cálculo da acidez fixa em caldo de cana-de-açúcar. FCAV/UNESP. Brasil. 3 pp.
- Marques D, Silva Neto HF, Júnior LCT, Mendes SM, Marques MO (2010) Qualidade da cana-de-açúcar influenciada pelo sistema de corte, para cultivares tardias. En *Simp. Int. de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo*.(16-19/11/2010). Piracicaba, SP, Brasil. 1 pp.
- Olivia Neto P, Yokoya F (2001) Susceptibility of Saccharomyces cerevisiae and lactic acid bacteria from the alcohol industry to several antimicrobial compounds. *Braz. J. Microbiol.* 32: 10-14.
- Pereira CB (2007) *Acidez do Caldo na Caracterização de Cultivares de Cana-de-Açúcar*. Tesis. Universidade Estadual Paulista. Brasil. 53 pp.
- Ripoli TCC, Ripoli MLC (2004) *Biomassa de Cana-de-Açúcar: Colheita, Energia e Ambiente*. Barros & Marques. Piracicaba, Basil. 302 pp.
- Silva Neto HF (2010) *Aspectos Agrotecnológicos, Florescimento, Impurezas Vegetais e Produção de Bagaço de Cultivares de Cana-de-Açúcar*. Tesis. Universidade Estadual Paulista. Brasil. 100 pp.
- Silva Neto HF, Tasso Júnior LC, Silva JDR, Marques D, Marques MO (2010) Nós e entrenós de cana de açúcar armazenados por 168 horas. En *9º Cong. Latinoam. Carib. Ing. Agric. / 39 Cong. Brás. Eng. Agric.* (25-29/07/2010). Vitoria, Brasil. 4 pp.
- Zago EA, Silva LF, Bernadino CD, Amorim HV (1996) *Métodos Analíticos para o Controle da Produção de Alcool e Açúcar*. Fermentec-USP. Piracicaba, Brasil. 194 pp.
- Zaninetti Filho RC (2008) *Acidez do Caldo na Caracterização de 18 Cultivares de Cana-de-Açúcar (Saccharum spp.) Cultivada no Município de Jaboticabal, SP*. Tesis. Universidade Estadual Paulista. Brasil. 50 pp.