

IMPACTO DE LA MATERIA EXTRAÑA EN LA CALIDAD DE LOS JUGOS DE CAÑA Y EN LOS INDICADORES DE EFICIENCIA DE UN CENTRAL AZUCARERO

EXTRANEOUS MATTER IMPACT ON JUICE QUALITY AND SUGAR MILL EFFICIENCY RESULTS

Héctor Navarro Hernández^{1} y Leopoldo Rostgaard Beltrán²*

¹ Bayer Handelsgesellschaft mbH. 17ª No 17425 e/174 y 190, Casa 69, Rpto Cubanacán, La Habana, Cuba.

² Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Vía Blanca 804 Esq. Carretera Central. San Miguel del Padrón. La Habana.

Recibido: Enero 13, 2014; Revisado: Marzo 3, 2014; Aceptado: Marzo 18, 2014

RESUMEN

Actualmente en Cuba más del 85 % de la caña disponible para producir azúcar se cosecha en verde mediante el sistema de cosecha mecanizada. La cosecha en verde incrementa considerablemente la cantidad de materias extrañas y la concentración de compuestos no-azúcares en el proceso de elaboración de azúcar. En este trabajo se analizó el comportamiento de la calidad del jugo mezclado y la eficiencia industrial de un central azucarero, ante incrementos del contenido de materia extraña en la caña. El análisis se sustentó en información disponible acerca de las características y composición (fibra, pol, brix, pureza y humedad) de las materias extrañas y de supuestos tecnológicos propios de zafra cubanas. Los resultados obtenidos a partir de los balances de masa y energía realizados en la hoja de cálculo Excel muestran, como efecto más impactante, la reducción en un 7,9 % de la producción de azúcar por cada 5 unidades porcentuales de incremento del contenido de materia extraña.

Palabras clave: materias extrañas, pureza, miel final, compuestos no-azúcares, recobrado, rendimiento.

Copyright © 2014. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Héctor Navarro, E-mail: hector.navarro@bayer.com.cu

ABSTRACT

In Cuba more than 85 % of cane available for sugar production is currently harvested either green or burned by an integral harvesting system. Green harvesting increases the amount of strange matter and the concentration of non-sugar elements in juice. The analysis of the behaviour of mixed juice quality and process efficiency indicators of a sugar factory with strange matter increments is described in this paper.

The analysis was based on available information about strange matter characteristics and its composition (fiber, pol, brix, purity and humidity) and according to typical results of Cuban sugarcane harvest. The results obtained from material balances done in Excel spreadsheet models show, as most relevant impact, a 7,9 % reduction in the sugar production every 5 percentage units of strange matter increment.

Key words: strange matter, purity, molasses, non sugar compounds, recovery, yield.

1. INTRODUCCIÓN

Cuando se procesa caña verde mediante el sistema de cosecha mecanizada se introducen a las fábricas de azúcar niveles elevados de materias extrañas (ME), incrementándose la cantidad de impurezas que tienen influencia sobre diversos parámetros en el jugo de caña de azúcar, tales como brix, pol, pureza (Pz), azúcares reductores, cenizas, almidón y aquellos compuestos que aportan color.

El tema de la influencia de las ME sobre el desempeño de las fábricas azucareras ha sido objeto de estudio en el sector azucarero mundial. Muchos autores han reportado trabajos al respecto y están de acuerdo en que el incremento de las materias extrañas entrando a fábrica provoca generalmente los siguientes efectos:

1. Disminuye la carga útil por envío debido a la baja densidad de la ME, ocasionando un incremento en los costos de transportación por cantidad de azúcar producida, Kent y col (2003).
2. Reducción de la productividad y potencial de extracción en la planta moledora por concepto de aumento de fibra, Bernhardt (2000), Bovi (2001).
3. Provoca resbalamiento de los molinos debido al elevado contenido de hojas.
4. Las cuchillas y desfibradoras tienden a atascarse producto del incremento de la fibra.
5. Disminuye la extracción de azúcar debido a las pérdidas de sacarosa por un incremento en los volúmenes de bagazo.
6. Incremento en el contenido de humedad del bagazo.
7. Aumento del color del jugo mezclado entre 350 a 400 ICUMSA (UI) por cada unidad porcentual de ME, Thai (2012) y Zossi y col (2010).
8. Se reduce la pureza del jugo mezclado debido al incremento de las impurezas, Thai (2011).
9. El pH del jugo mezclado disminuye debido a la presencia de ácidos orgánicos, aumentando el consumo de lechada de cal, Gómez (2006).
10. Bajo agotamiento de las masas cocidas, provocando pérdidas de sacarosa en la miel final (por la presencia de polisacáridos, modificación de los contenidos de azúcares reductores y cenizas, especialmente potasio), Kent (2007).

En el capítulo 1 del Manual para la Producción de Azúcar Crudo de Caña, Falcón y col (1995) hacen referencia a los efectos que provoca el incremento de las materias extrañas entrando a la fábrica con la caña, y citan lo siguiente:

“La materia prima que se procesa en los ingenios está constituida por una mezcla de tallos sanos y limpios de la caña y por materias extrañas. La materia extraña incide sobre los costos de producción, no sólo por lo que daña a la eficiencia industrial, sino por lo que determina en el encarecimiento del corte, tiro, alza y transportación. Por esa razón se admite en la casi totalidad del mundo cañero un límite máximo del orden del 3 al 5 %. Esta materia extraña generalmente se compone de cogollos, tallos deteriorados, hojas secas y verdes, tierra, piedra y otros objetos. Se puede afirmar que por cada 1 % de materia extraña entrada al ingenio se pierden 1,5 kg de azúcar por tonelada de caña procesada”.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar, sobre la base de condiciones típicas de zafra azucareras cubanas, el efecto que producen variaciones del contenido de materias extrañas sobre importantes indicadores de la eficiencia industrial de un central azucarero cubano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los valores adoptados en el trabajo acerca de la composición de los materiales que conforman las materias extrañas se muestran en la Tabla 1 y corresponden a lo reportado por Rein (2007), sobre trabajos realizados por diferentes autores.

Tabla 1. Valores de los principales parámetros de caña limpia, cogollo y hojas

Materiales	Referencia	Brix (g/100 g muestra)	Pol (g/100 g muestra)	Pureza Aparente (%)	Fibra (g/100 g muestra)	Humedad (g/100 g muestra)
Tallo limpio	Scott y otros (1978)	16,7	14,8	89,0	12,8	70,5
cogollo	Scott y otros (1978)	6,7	1,4	21,0	16,6	77,7
Hojas	Scott y otros (1978)	7,8	1,5	19,0	58,6	33,6
Tallo limpio	Ivin y Doyle (1989)	16,6	15,1	91,0	12,5	70,9
Cogollo	Ivin y Doyle (1989)	5,5	2,0	36,0	14,8	79,7
Tallo limpio	Birkett (1965)	15,3	12,9	84,0	13,0	71,7
Cogollo	Birkett (1965)	9,7	5,5	57,0	11,2	79,1
Hojas	Birkett (1965)	-	-	-	61,0	-
Tallo limpio	Gil (2003)	14,2	11,9	83,6	12,7	73,1
Cogollo	Gil (2003)	5,1	1,2	24,1	17,7	77,2
Hojas	Gil (2003)	4,2	0,1	2,7	32,2	63,5

Los materiales que componen las materias extrañas considerados en este trabajo fueron las hojas y el cogollo, por ser los materiales extraños que con más frecuencia se encuentran en la caña que ingresa a la fábrica. La composición de cada componente de las materias extrañas, se definió a partir de los valores reportados en la Tabla I. Las cantidades de cogollo, hojas y tierra (material no incluido en la ME en este trabajo) asociado a la caña es muy variable y depende entre otros factores de la eficiencia de la

cosecha, el rendimiento agrícola y del régimen de lluvias durante la periodo de zafra. Para cualquier cantidad de ME se asumió que esta tendría un 45 % de cogollo y un 55 % de hojas, lo que corresponde a valores típicos de despalillos realizados durante la zafra 2012/2013 en los ingenios Ciudad Caracas, Héctor Molina y Jesús Rabí.

Para realizar el análisis del impacto de las materias extrañas se tomó como referencia un central azucarero cubano con una capacidad de molienda de 3450 t_{caña}/d. Los balances de materiales y energía fueron desarrollados utilizando la hoja de cálculo Excel, de forma tal que se pudiera relacionar en todo momento la visión integral de la fábrica, desde la caña hasta el agua condensada. Se planteó siempre la solución del sistema maximizando los parámetros principales como caña y azúcar. En la solución del problema se empleó el sistema de optimización que acompaña al Excel, en este caso el SOLVER. Los valores de entrada adoptados para el cálculo de los balances de masa y energía del ingenio analizado se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Premisas para el balance de masa y energía

Molienda (t/d)	3450	Número de calderas	2
Días de zafra	150	Capacidad de caldera (tvapor/h)	35
Agua imbibición % caña	Doble de la fibra.	Eficiencia de generación (%)	70
% Pol en Bagazo	2,10	Índice de generación caldera (t vapor/t de bagazo)	2,0
Pureza del bagazo	65,0	Presión caldera (bar abs)	18
% Humedad bagazo	49,0	Temperatura (°K)	592,15
% bagacillo en cachaza	9,0	Presión vapor escape (bar abs)	2,5
% pol en cachaza	2,4	Potencial de agotamiento MCA	17
% humedad en cachaza	75	Potencial de agotamiento MCB	18
Brix jugo de los filtros	12,0	Potencial de agotamiento MCC	21
Pureza jugo de los filtros	79,0	Potencial de agotamiento banco de cristalizadores	3
kg de Ca(OH) ₂ /t caña	0,8	Pol del azúcar crudo	99,10

Inicialmente se simuló el central con caña limpia y despuntada con las características que se muestran en la Tabla 3; aunque este tipo de cosecha no es la modalidad actual de la actividad, fue útil para definir la calidad del jugo que entra a la fábrica, así como para definir los indicadores de eficiencia del ingenio cuando se procesa este tipo de caña. Tomando como referencia la calidad de la caña limpia se procedió a simular el incremento de ME desde 5 % hasta 25 % (este valor corresponde a la cosecha menos eficiente en la actualidad).

Tabla 3. Parámetros de calidad de caña limpia

Parámetros	Unidad	Valor
Brix	%	15,7
Pol	%	13,5
Pureza	%	86,0
Fibra	%	14,2
ME	%	0,0

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran los valores obtenidos de la extracción de jugo mezclado (JM) % caña y su pureza, después de realizar los balances de materiales con el incremento de ME señalado anteriormente. Como puede apreciarse el aumento de las materias extrañas tiene una influencia directa sobre esos parámetros, ocasionando que disminuya la pureza del jugo mezclado en 0,16 unidades por cada unidad porcentual de incremento de materia extraña. La calidad del jugo mezclado entrando a fábrica se afecta no solamente desde el punto de vista de la concentración de azúcar (sacarosa), si no que debido al aumento de las ME, se acrecientan los niveles de concentración de compuestos no azúcares como: flavonoides, antiocianos, compuestos fenólicos y los grupos aminos; que son los responsables mayoritarios del aumento de color del jugo. De acuerdo a Davis (2001) y Zossi y col (2011), los compuestos fenólicos junto con los flavonoides, son responsables de las dos terceras partes del color en el azúcar crudo.

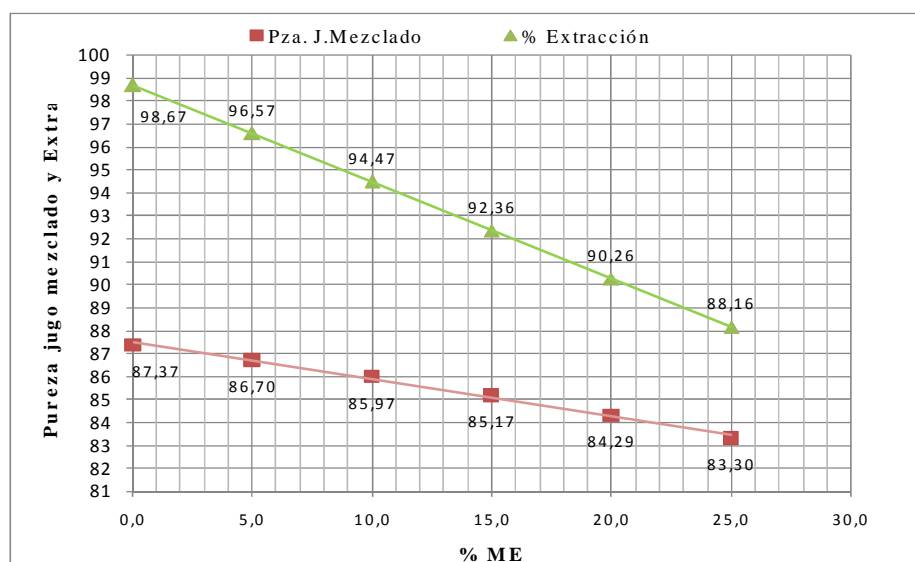


Figura 1. Efecto del % ME en la pureza de JM y en el % de Extracción

La disminución del porcentaje de extracción de jugo mezclado está relacionado con el incremento de la fibra en caña al aumentar los niveles de materiales extraños entrando a la fábrica. Esto repercute directamente en el incremento de las pérdidas de azúcar en bagazo, el aumento de bagazo %caña y en los niveles de bagazo sobrante. El bagazo sobrante, si bien puede ser utilizado para generar más electricidad y vender este excedente al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), pudiera ocasionar problemas en el

ingenio si este no dispone de alternativas viables para su almacenamiento. En la Figura 2 se muestran los valores obtenidos del % fibra en caña, las pérdidas de azúcar en bagazo, las toneladas por hora de bagazo sobrante y el bagazo %caña cuando se incrementa las ME desde 0 hasta 25 %.

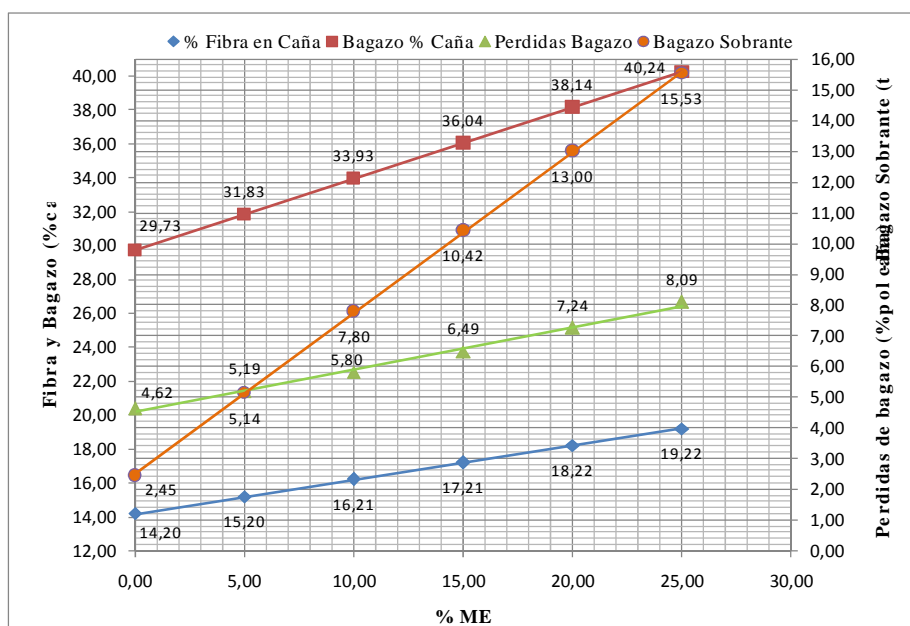


Figura 2. Efecto del % ME en el % de fibra en caña, bagazo % caña, pérdidas en bagazo y bagazo sobrante

El contenido de humedad del bagazo es un parámetro que también se ve afectado por el aumento de la ME, el valor obtenido por cada 1 por ciento adicional de ME fue de 0,12%. En la Figura 3 se puede observar como el poder calórico neto del bagazo (determinado por la ecuación reportado por Hugot (1986)), disminuye al incrementar la ME. Este efecto provoca que la energía entregada por el combustible sea menor y como consecuencia, disminuya el índice de generación de las calderas (toneladas de vapor generado/toneladas de bagazo consumido).

En la Figura 4 se muestra el aumento de la cantidad de cachaza y el porcentaje de recirculación de jugo de los filtros % caña con el incremento de ME, situación que significa mayor recirculación de no azúcares e incremento de las pérdidas de azúcar en la cachaza para igual % de pol en ésta.

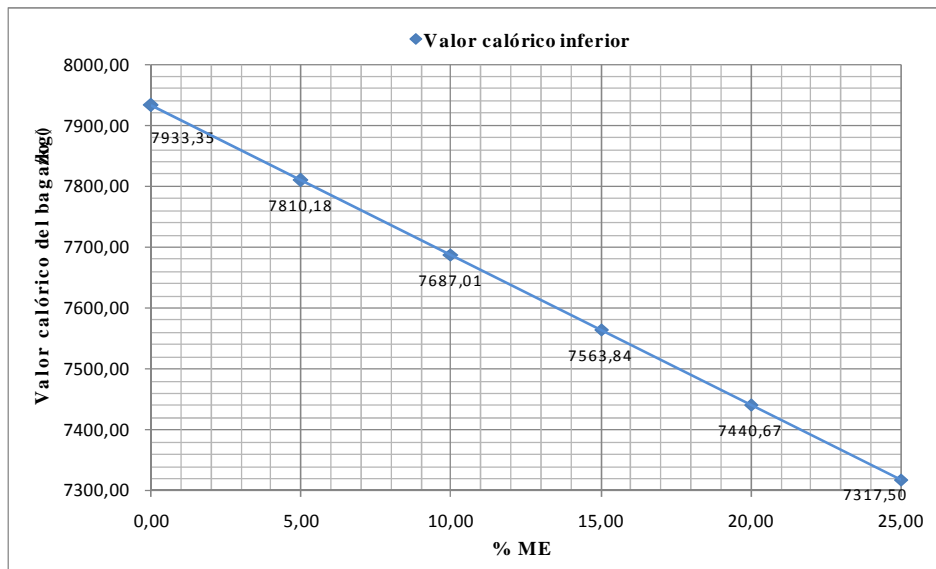


Figura 3. Efecto de las ME en el valor calórico neto del bagazo

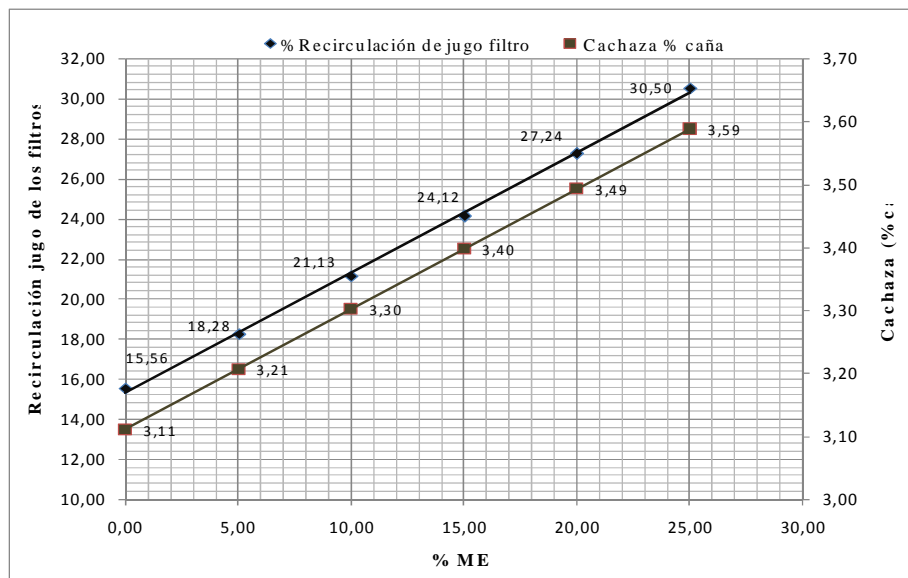


Figura 4. Recirculación de jugo de los filtros y cachaza versus % de ME

En la Figura 5 se muestran los resultados obtenidos de los potenciales de agotamiento de las masas cocidas A, B y C respecto a sus mieles correspondientes y la pureza de la masa cocida C (MCC) en función del porcentaje de incremento de las ME. Como se puede apreciar, el aumento de los materiales extraños que acompañan la caña presenta un marcado efecto sobre los parámetros antes señalados, llegando a disminuir entre el 3,8 y 4 % el potencial de agotamiento de las masas cocidas, provocando que la pureza de la masa de tercera aumente en 1,34 % por cada 5 por ciento de incremento de ME. La cantidad de impurezas solubles que acompañan al jugo mezclado y que van aumentando en relación directa con el aumento de la ME ejercen cierto poder inhibitorio en la cristalización de la sacarosa.

La cantidad de miel final (MF) depende fundamentalmente de tres factores según Pedrosa (1965):

1. La cantidad de sólidos no azúcar (SNA) contenida en el jugo mezclado.

2. La cantidad de miel producida en el proceso por conversión de sacarosa a azúcares (efectos químico y microbiológico)

3. La cantidad de sacarosa contenida en la miel final.

Para el caso en estudio, cuando el por ciento de ME es cero (caña limpia), el valor de los SNA en jugo mezclado es de 1,89 %, aumentando en un 2,5 % este valor por cada 5 por ciento de ME adicional. Si la miel final formada en el proceso es función de la cantidad de sólidos no azúcar que acompaña a la materia prima, es de esperar que la cantidad de miel final obtenida aumente en la medida que se incorporen más ME al ingenio, hecho que se ejemplifica convenientemente en la Figura 6.

Como se observa en la Figura 6 la Pz de la miel final, se ve afectada debido al poder inhibitorio de las impurezas sobre la cristalización de la sacarosa. Tanto el incremento de la cantidad de miel como el de la pureza dan lugar al consecuente aumento de las pérdidas de sacarosa en las mieles finales, llegando a valores de 13,9 % de aumento por cada 5 unidades porcentuales de incremento de ME.

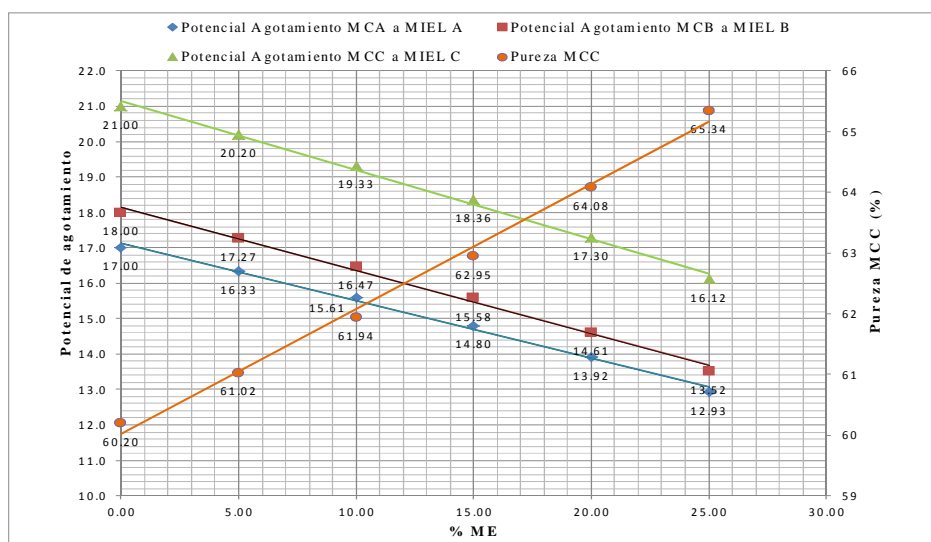


Figura 5. Consecuencia del incremento del % ME sobre el agotamiento de las masas cocidas A, B, C y pureza de MCC

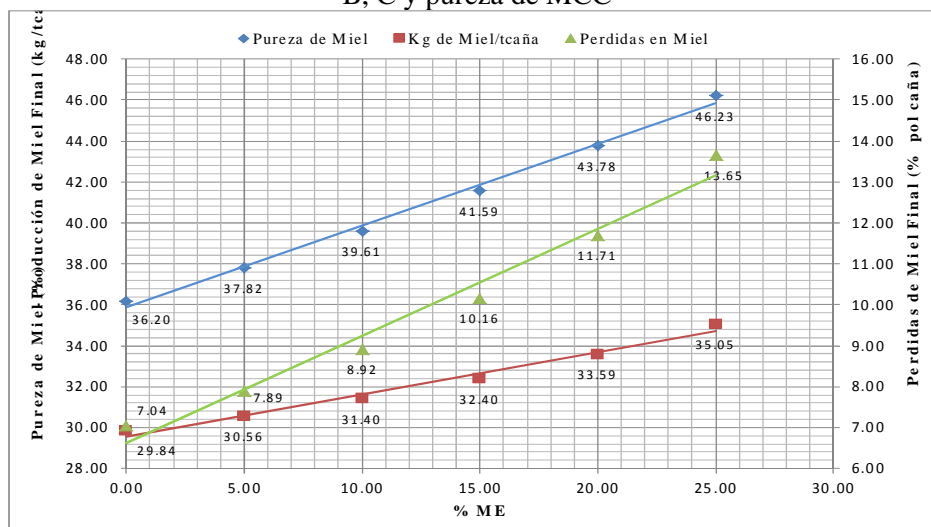


Figura 6. Efecto de las ME sobre las pérdidas en MF, la pureza y la formación

En la Figura 7 se puede observar como el % de pol en caña disminuye a medida que se incrementan los niveles de ME, debido a que la composición y la calidad de los jugos de estos materiales es muy inferior comparada con la caña limpia. Por cada unidad porcentual de ME que se incremente, la pol en caña se afecta en un 0,9%. Este efecto simultáneamente con las pérdidas en bagazo, la disminución de la extracción, las pérdidas en cachaza y las pérdidas en miel final, provocan que el rendimiento industrial base 96 y el recobrado disminuyan en un 6,7 y 2,4 % respectivamente por cada 5 por ciento de incremento de ME.

Conforme a los resultados analizados anteriormente, el incremento de las ME según el intervalo analizado significa una reducción de la producción de azúcar en el orden de 7,9% por cada 5 por ciento de incremento de las ME, como se aprecia en la Figura 8.

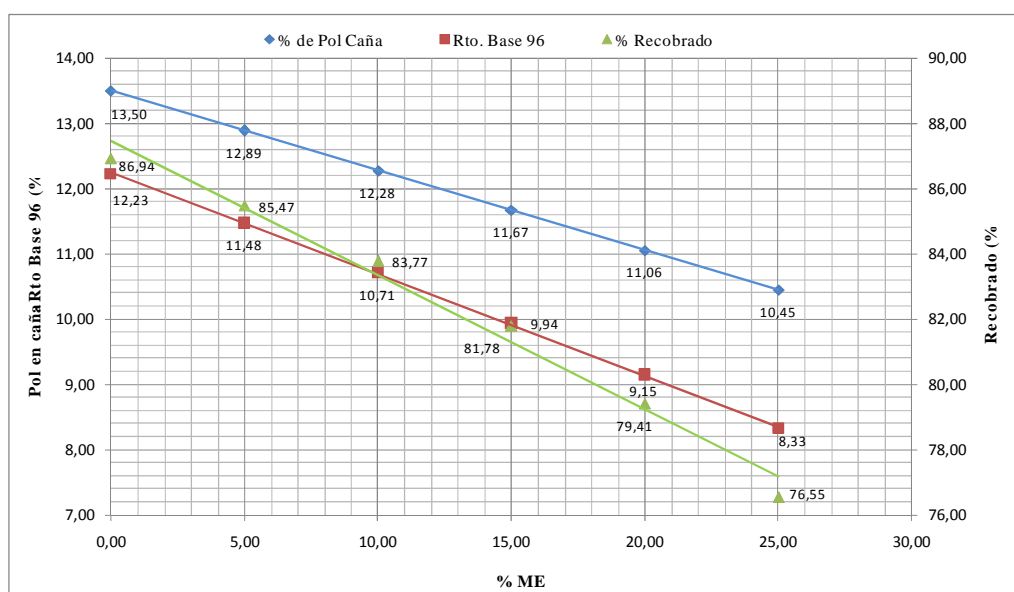


Figura 7. Efecto de la ME en % de pol en caña, rendimiento industrial y recobrado

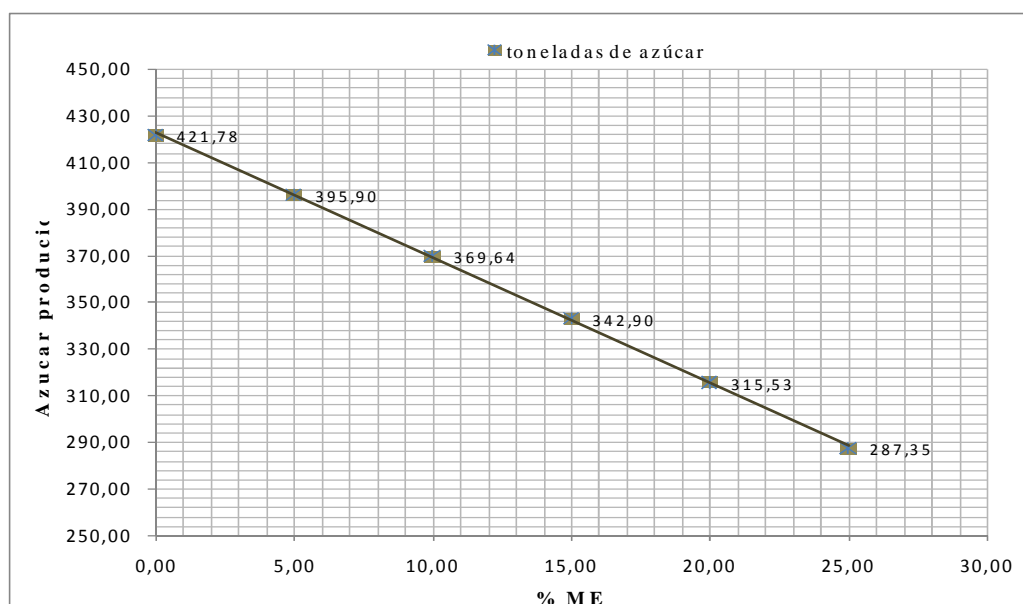


Figura 8. Efecto de las ME en la producción de azúcar

4. CONCLUSIONES

La cuantificación del efecto de las materias extrañas sobre importantes indicadores de la eficiencia industrial de un central azucarero, acorde a las premisas establecidas en el presente estudio, indica que el incremento del contenido de ME en centrales cubanos dan lugar a que:

1. Las pérdidas en bagazo se incrementan en un 2% por cada unidad porcentual de ME y el poder calórico del bagazo disminuye producto del incremento de la humedad.
2. Se reduce la pureza del jugo mezclado entrando a fábrica en 0,81 unidades porcentuales de pureza por cada 5 unidades porcentuales de ME.
3. Se incrementan las pérdidas en mieles finales en 13,9 % por cada 5 unidades porcentuales de ME.
4. Se reduce la producción de azúcar en 7,9% por cada 5 unidades porcentuales de incremento de ME.

REFERENCIAS

1. Bernhardt, H. W.; Pillay, V.; Simpson, A. (2000). Impacts of green cane harvesting on sugar factory operation at Sezela. *Proceedings of the International Society of Sugarcane Technologists* 74, pp. 369–372.
2. Bovi, R.; Serra G.E (2001). Folhas verdes, folhas secas, fibra do colmoe a clarificação do caldo de cana de açúcar. *Scientia Agricola*, 58 (3): Jul/Sep, pp. 457-463.
3. Gomez, J.; Chapple, D.; McDonald, L. (2006). Sugar losses in burnt and green harvesting in Argentina. *Proceedings of the International Society of Sugarcane Technologists* 28, pp 8.
4. Davis, S. B. (2001). The chemistry of colour removal: a processing perspective. *Proceedings of the International Society of Sugarcane Technologists* 75, pp. 328–336.
5. Falcón, P. F y col (1995). Manual de Operaciones para la Producción de Azúcar Crudo de Caña. Dirección de Tecnología del Ministerio del Azúcar, Ciudad de La Habana, Cuba, pp.10.
6. Hugot, E. (1986). Manual para ingenieros azucareros. 1 ed. en español. CECSA, México.
7. Kent, G.A.; Hoare, C.P.; Miller, K.F.; Allen, W.J. (2003). Harvest and factory data to assist in evaluating the effect of extraneous matter on sugar production costs and revenues. *Proceedings of the International Society of Sugarcane Technologists* 25, pp 14.
8. Kent, G.A. (2007). The effect of trash on the operation and performance of a raw sugar factory. *Proceedings of the International Society of Sugarcane Technologists* 26, pp. 1622-1628.
9. Pedrosa, P.R. (1965). Manual para el Laboratorio Azucarero. Ed. Universitaria, pp. 117-150.
10. Rein, P. (2007). Cane sugar engineering. Ed. Bartens, Berlin, Germany.

11. Thai, C.; Doherty, W. (2011) The composition of sugarcane juices derived from burnt cane and whole green cane crop. *In Bruce, Robin (Ed.) 33rd Annual Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists 2011, Curran Associates, Inc., Mackay, Qld., pp.368.*
12. Thai, C.; Doherty, W. (2012). Characterisation of sugarcane juice particles that influence the clarification process. *In Bruce, Robin (Ed.) Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, Cairns.*
13. Zossi, B.S y col (2010). Influencia de compuestos azúcares y no azúcares en la calidad industrial de caña de azúcar en Tucumán (Argentina). Parte 1: caña limpia y despuntada. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán* 87 (1).
14. Zossi, B.S y col (2011). Influencia de compuestos azúcares y no azúcares en la calidad industrial de caña de azúcar en Tucumán (Argentina). Parte 2: caña verde y quemada. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán* 88 (1), pp. 13-21.