

PERDIDAS DE SACAROSA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PANELA*

Hugo R. García B.**

I. INTRODUCCIÓN

Varios estudios se han realizado acerca del efecto que tiene el retardo de la molienda de la caña, luego de haberse cortado, en la fabricación de azúcar, pero no en la fabricación de panela. También existen estudios que tratan sobre la eficiencia de los molinos paneleros, tomando ésta, como la cantidad de jugo que el molino recupera y llevándola a porcentaje con relación al peso inicial de la caña. Este reactor de eficiencia no es muy válido, porque se le están imputando al rendimiento de la máquina ciertas características que son propias de la caña; y es así, como de una caña inmadura con gran cantidad de agua, se puede lograr una mayor extracción que de una caña completamente madura y rica en sacarosa, de la cual se podrán obtener mayores rendimientos de panela, realizando la extracción en el mismo molino y en similares condiciones de molienda.

Las pérdidas de sacarosa en la extracción, limpieza e inversión durante el proceso, además, de las causadas por el apronte pueden ser elevadas, y el reconocimiento de éstas servirá para justificar posteriores estudios para tratar de solucionar los problemas que se presentan en el proceso de elaboración de panela.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MADUREZ.

La caña debe cortarse cuando ha llegado a su estado óptimo de madurez; lo cual generalmente

ocurre pasados los 18 meses, dependiendo de las condiciones climáticas. El contenido de sacarosa aumenta con el tiempo y el máximo se obtiene en la madurez; de este punto en adelante se inicia la inversión de sacarosa a glucosa y fructuosa (azúcares reductores); lo cual hace disminuir el rendimiento. Las cañas inmaduras y las sobremaduras proporcionan rendimientos menores que las cañas maduras.

Cada variedad de caña presenta algunos sistemas específicos cuando fisiológicamente está madura; los más comunes a todas las variedades son:

- Los extremos se vuelven más cortos y las hojas más estrechas y toman un color claro amarillento.
- El color de los tallos para la POJ-2878 y POJ-2961 es amarillo al madurar.
- Las variedades con tallos de colores oscuros o grises estos se tornan más claros y desprenden parte de la erosina.

La madurez de la caña depende generalmente de la altura sobre el nivel del mar y de la temperatura, además del fotoperíodo y de la oscilación de la temperatura de la región donde se cultiva la caña.

2.2. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA MADURACIÓN.

Existen dos métodos para determinar la maduración, uno consiste en fijar previamente la edad de corte y cuando llega la fecha, se procede a la cosecha sin considerar ningún otro factor,

*Contribución del Programa de Ingeniería de Procesos Agropecuarios (División de Ingeniería Agrícola) del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA.
** Ingeniero Agrónomo, del Programa de Ingeniería de Procesos Agrícolas. Apartado Aéreo 151123 Bogotá, D.E.

y otro es el empleo del refractómetro de campo, el cual indica el porcentaje de sólidos solubles totales contenidos en el jugo de la caña (Brix).

La concentración de sacarosa en la caña comienza de abajo hacia arriba y se toman muestras del sexto o séptimo entrenudo del tercio superior (B) y del tercio inferior (A).

Si $0,95 < B/A < 1$ la caña está madura

$B/A \geq 1$ la caña está sobremadura

$B/A < 0,95$ la caña está inmadura

No hay literatura que evalúe en kilogramos de sacarosa, las pérdidas por madurez o sobremadurez, comparándolas con cañas molidas completamente maduras.

2.3. DETERMINACIÓN DE PERDIDAS POR EXTRACCIÓN.

Izquierdo (1964), encontró en 1961, trabajando con dos trapiches, que al repasar el bagazo y estudiando las posibles variaciones de la composición de las cañas molidas, se dejaba de extraer 204 y 125 kilogramos de jugo por tonelada de caña. Si estos datos se transforman a panela y se aplica un 15% de rendimiento, se obtiene que la panela dejada de producir por este concepto en Caldas, Valle y Cauca sería de 136.320 toneladas para el primer trapiche y 83.307 toneladas para el segundo, o sea que los paneleros de esas zonas dejaron de recibir en dos años un total de 88 o de 55 millones de pesos respectivamente, cuando el precio promedio de un kilogramo de panela era de \$0,66.

2.4. ALMACENAMIENTO DE LA CAÑA (Apronte).

En la gran mayoría de los trapiches, la caña es arrumada durante varios días esperando a ser molida; ésta una vez cortada inicia su descomposición, la cual es mayor en los climas cálidos y secos; por lo tanto, para evitar las pérdidas que tal circunstancia trae consigo, éstas deberán molerse dentro de las 24 o máximo a las 36 horas después de ser cortadas. La descomposición será mayor cuanto mayor sea el tiempo entre el corte y el beneficio y más cortos sean los trozos de caña. Si los arrumes se hacen a la sombra, la descomposición es más lenta.

La descomposición trae consigo el avinagramiento de las cañas lo cual hará que la producción de panela sea menor y de mala calidad.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA.

El ensayo se realizó en la finca Villa Paulina, localizada en el municipio de Piedecuesta (Santander del Sur), a una altura de 1.100 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio anual de 23.5°C y una humedad relativa de 75%. En el ensayo se determinó:

- La madurez de la caña que se estaca comercialmente.
- Pérdidas en peso de la caña durante el miento.
- Pérdidas de sacarosa durante el de la caña antes de ser molida.
- Pérdidas de sacarosa en la extracción en el molino.
- Pérdidas de sacarosa en la cachaza.
- Pérdidas a lo largo del proceso por inversión.

La caña utilizada tenía una edad de 14 meses y se tomaron muestras al azar de aquella que se estaba utilizando para la molienda.

La madurez se determinó por medio del metro de campo, tomando 15 sitios al lote de una hectárea, y en cada sitio lecturas en dos cañas diferentes. Las jugos se tomaron en la parte media del tercio inferior (A) y en la parte media del tercio superior (B) cada caña.

La caña se molió en un trapiche Pesara 1 con una capacidad de molienda de 20.000 kilogramos en 24 horas de jornada continua, este molino era accionado por una rueda hidráulica. Y no estaba trabajando con su capacidad máxima por falta de suficiente energía.

La hornilla constaba de 1 pozuelo, 3 pailas, 1 cachacera y 1 melacera.

La producción en panela en dicho trapiche era de unas 18-20 cargas en 24 horas; cada carga pesaba en promedio 90 kilogramos y constaba de 192 panelas con un peso promedio de 465 g por panela.

Durante el ensayo se molieron 9.839 de caña, los cuales se repartieron en la siguiente manera: 5.350 kilogramos se molieron tan pronto llegaron del lote al trapiche y se dejó en las gavonetas en que se trajo del campo, caña que a los 5 días pesó 4.489 kilogramos.

Tanto los 5.350 kilogramos de caña como inmediatamente los 4.489 que se molieron cinco días después del corte, se dividieron en dos lotes respectivamente. Esto se debió principalmente a que la capacidad del pozuelo, representaba aproximadamente la mitad en kilogramos de las cantidades anotadas anteriormente.

Las muestras para la determinación de los azúcares de los componentes se tomaron en cada lote respectivo y se analizaron con tres repeticiones. Se tomaron muestras:

- Del jugo que salió del molino.
- Cuando se iba a pasar jugo del pozuelo al caldero.
- Al pasar jugo de la 1a. a 2a. y de ésta a la 3a. panela

Además, se tomó una muestra en la cachaza y se anotó su peso en kilogramos.

La cachaza se va separando de los jugos a medida que flota sobre la superficie de éstos en el caldero; para retirarla se utiliza un remellón y como sale con gran cantidad de jugo, éste se deja decantar en la cachacera en la cual se repara por ser de mayor densidad que la cachaza, este jugo se agrega al que viene del pozuelo sin clarificar del siguiente punto.

La caña se pesó tan pronto se bajó de las vagonetas en una báscula de 500 kilogramos, a la cual se le acondicionó un aditamento de madera para poder pesar un mayor volumen de caña.

Después de molerse la caña, se pesó el jugo y el bagazo, el primero se recibió en baldes plásticos y se pesó en una balanza de 10 kilogramos. El bagazo se pesó en una balanza de tipo reloj, con capacidad de 100 kilogramos.

Para determinar las pérdidas en peso en la caña, se pesaron seis muestras de 50 kilogramos cada una y se colocaron por separado en las condiciones similares a la de molienda.

El contenido de azúcares totales tanto en bagazo húmedo como en jugo se determinó por medio del método de Felhing, así: primero se halló el contenido de azúcares invertidos

iniciales, que se encuentra en el jugo, mieles de las diferentes pailas, panela y bagazo; después se hidrolizó la muestra por medio de ácido clorhídrico y se hallaron nuevamente los azúcares invertidos totales y por diferencia con los azúcares iniciales se encontró el contenido de sacarosa, multiplicando los azúcares invertidos por 0,95.

Este método también se utilizó para determinar el contenido de sacarosa en la cachaza.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MADUREZ DE LA CAÑA.

Se encontró que la madurez del lote no era la óptima que se podía esperar de éste, ya que el promedio de A/B era solamente 0,81, cuando la madurez para ordenar el corte de un lote debe estar entre 0,95 y además, la madurez del lote no era uniforme, ya que se encontraron cañas completamente maduras y otras que solo tenían 0,50 de madurez.

Es muy difícil cuantificar las pérdidas de sacarosa en la caña inmadura o sobremadura, debido a la gran cantidad de variables involucradas. La Tabla 1 muestra los datos de madurez obtenidos durante el ensayo.

Tanto en la caña inmadura como en la sobremadura, la presencia de azúcares invertidos (glucosa y fructuosa) es mayor que en la caña con madurez óptima. En las inmaduras, porque hasta ahora la planta está formando la sacarosa a partir de sus sustancias constitutivas; y en las sobremaduras porque la caña al completar su período de desarrollo, inicia su descomposición, invirtiéndose la sacarosa.

Si la cantidad de azúcares invertidos es alta, se presentan problemas para lograr el punto de cristalización de la sacarosa y por tanto se disminuye la dureza de la panela, en consecuencia el color de la panela es oscuro por la cantidad exagerada de cal que hay que agregar para obtener una panela de dureza aceptable. Los mayores costos de caña completamente madura a una inmadura, vienen dados por el mayor tiempo que debe permanecer el cultivo en el lote y la amortización de intereses por dicha permanencia; pero al costear por unidad de panela producida, los costos son más bajos que en la inmadura.

Por lo tanto las pérdidas de sacarosa por causa de la inmadurez, vienen dados por la mayor cantidad de caña cortada, transportada, molida y procesada para obtener una determinada cantidad de panela de inferior calidad.

4.2. PERDIDAS DE PESO DURANTE EL APRONTE.

Se encontró que las pérdidas en base a peso, debidas al apronte, fueron del 4% y 7,48% para caña con 3 y 5 días de cortadas, respectivamente. En el Tabla 2 se encuentran los datos correspondientes al peso inicial de la caña y el peso a los días de apronte.

4.3. PÉRDIDAS DE SACAROSA OCASIONADAS POR EL APRONTE.

En el ensayo se evaluó el comportamiento de la caña y sus subproductos, moliéndola después de 1, 3 y 5 días de ser cortada; sin embargo los datos correspondientes al día 3 no se obtuvieron al presentarse una falla en el molino cuando se estaba moliendo la caña correspondiente a ese día; por lo tanto solo se evaluó la pérdida de peso ese día.

Se encontró que el porcentaje de sacarosa en la caña aumenta con los días de apronte pasando de 12,38% a 12,58%. Esto se debe a que mientras las pérdidas de peso de la caña son del 7,48% las pérdidas de sacarosa son del 6%, o sea que al presentarse mayor disminución del contenido de humedad se produce tías concentración de la sacarosa presente en la caña.

TABLA 2. Balance

Muestra	% sólidos tercio basal	% sólidos tercio superior	madurez
No			

1-1	19.95	13.5	0.69
1-2	21.0	12.5	0.60
2-1	22.0	17.3	0.79
2-2	24.5	16.7	0.68
3-1	21.2	10.5	0.50
3-2	19.6	13.0	0.66
4-1	23.5	21.0	0.89
4-2	23.7	20.0	0.84
5-1	23.0	21.0	0.91
5-2	22.5	19.5	0.87
6-1	22.7	21.5	0.95
6-2	21.5	18.0	0.84
7-1	21.0	21.5	1.02
7-2	22.0	21.1	0.96
8-1	22.0	21.0	0.95
8-2	20.0	19.5	0.98
9-1	20.0	20.0	1.00
9-2	21.5	20.5	0.95
10-1	21.5	19.7	0.91
10-2	21.5	19.0	0.88
11-1	19.0	17.5	0.92
11-2	21.0	19.5	0.92
12-1	22.0	17.8	0.81
12-2	22.0	19.0	0.86
13-1	21.5	20.0	0.94
13-2	23.0	19.0	0.82
14-1	22.0	18.5	0.84
14-2	23.5	16.5	0.70
15-1	22.5	18.5	0.82
15-2	21.7	18.0	0.83

Días de apronte	Caña		Sacarosa		Azúcares Reductores	
	1	5	1	5	1	5
Caña sac. Y azúcar Inv. El día de corte (kg)	5310	4850	657.3 (12.38%)	600.0 (12.38%)	30.94 (0.58%)*	28.13 (0.58%)*
Caña sac. Y azúcar Inv. El día de la molienda (kg)	5310	4489	657.3 (12.38%)	564.4 (12.38%)	30.94 (0.58%)*	70.62 (1.57%)*
Variación en % por apronte	0	-7.48	o	6.0	0	251.0
Jugo, sac y azúcar Inv. Extraídos en Kg	3108	2509	497.0 (15.99%)	404.8 (16.13%)	18.38 (0.60%)*	40.92 (1.60%)*
Jugo, sac y azúcar Inv. Extraídos en	58.09	55.89	75.61	71.72	59.4	57.94

%						
Bagazo, sac y azúcar Inv.			160.3	159.6	12.55	29.7
Extraídos en Kg	2202	1980	(7.15%)	(8.06%)	(0.56%)	(1.50%)
Bagazo, sac y azúcar Inv.						
Extraídos en %	41.47	44.11	24.38	28.28	40.64	42.06
Cachaza, sac y azúcar Inv.			19.57	16.93	+ 0.84	3.69
Extraídos en Kg	184.3	180.8	(10.62%)	(9.36%)	(0.45%)*	(2.04%)
Cachaza, sac y azúcar Inv.						
Extraídos en %	3.47	4.02	2.98	3.0	2.71	5.23
Panela, sac y azúcar Inv.			448.87	365.093	43.10	57.33
Extraídos en Kg	556.94	451.04	(80.61%)	(80.93%)	(7.74%)	(12.71%)
Panela, sac y azúcar Inv.						
Extraídos en %	10.49	10.04	68.29	64.68		

4.4. EXTRACCIÓN.

Se encontró que la extracción en peso de jugo fue del 58,09% para caña recién cortada y 55,89% para caña molida después de cinco días de cortada.

Esto significa que a medida que transcurren los días de apronte la extracción con base en peso, disminuye, posiblemente por la reducción del contenido de humedad de la caña. En cuanto a la extracción de sacarosa, fue de 75,61% con un día y 71.72% con cinco días de corte.

La disminución de sacarosa viene dada por el desdoblamiento de ésta a azúcares invertidos, los cuales aumentaban de 0,58%-, a 1,5% en el análisis de j caña de 1 y 5 días de aprontada aumentándose en un 251%.

La sacarosa que queda en el bagazo fue 24,38% y 28.28%, respectivamente para 1 y 5 días.

4.5. LIMPIEZA.

Durante la limpieza o descachazado, se elimina la mayor parte de las impurezas, pero con éstas se queda bastante sacarosa. Se encontró que por cada 100 gramos de cachaza habían 10,62 y 9,38 gramos de sacarosa para 1 y 5 días después de cortada, respectivamente.

En la composición de la cachaza la sacarosa disminuía al aumentar los días de apronte por la mayor cantidad de azúcares invertidos presentes en esta, sin embargo, con relación a la sacarosa contenida por la caña el día de molienda, el porcentaje se elevaba.

Con relación al jugo y a los contenidos de sacarosa de éste en la cachaza se quedaba el 3,94% y 4.18% para uno y cinco días de apronte, respectivamente. Como se observa, las pérdidas de sacarosa en la cachaza eran altas y más si se considera que en este momento está finalizando el proceso y por tanto los costos son bastante altos, es decir la caña se ha cortado, transportado y molido.

4.6. EVAPORACIÓN Y CONCENTRACIÓN.

Durante esta fase del proceso los jugos pasaban de un 18% de sólidos totales a un 90%, evaporándose un 75 a 76% del agua contenida en éstos. Durante esta etapa del proceso parte de la sacarosa existente en el jugo se invierte convirtiéndose en azúcares reductores (glucosa y fructuosa) dependiendo de la temperatura y del pH del jugo.

Durante el estudio los jugos entraron con 18,38 y 40,92 kilogramos de azúcares reductores para 1 y 5 días, respectivamente. En la cachaza se quedaban 0,84 y 3,69 kilogramos para cada caso y en la panela salían 43,10 y 57,33 kilogramos, respectivamente, o sea que durante el proceso se formaban 23,8 y 20,50 kilogramos; estos azúcares invertidos provenían de 22,61 y 19,1 kilogramos de sacarosa.

Para la caña de 5 días es posible que se haya formado una menor cantidad de azúcares invertidos porque durante la clarificación el pailero agregó (en base a su experiencia) para los jugos de caña de 5 días 1,22 gramos de cal por kilogramo de jugo; mientras para la caña de 1 día solo agregó 0,59 gramos de cal por kilogramo de jugo.

Esta sacarosa invertida no se considera pérdida física pero sí interviene en la calidad final de la panela la cual es más baja a medida que haya mayor cantidad de azúcares invertidos.

La sacarosa invertida con relación a la inicial procesada fue del 3,43 y 1,95% para 1 y 5 días, respectivamente.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El apronte de la caña afecta el contenido de sacarosa de la caña, aumenta las pérdidas en la extracción y limpieza y disminuye los rendimientos y calidad de la panela. Las pérdidas de sacarosa causadas por el apronte son un 10% más altas que cuando no se realiza éste. Se recomienda por lo tanto moler la caña durante las 24 horas siguientes al corte.

- Es necesario realizar estudios que permitan evaluar las pérdidas causadas por la falta de madurez de la caña.

- En la extracción se suceden las mayores pérdidas de sacarosa durante el proceso (24-28%). Se recomienda, siempre que se vaya a evaluar la eficiencia de los molinos paneleros, tener en cuenta la capacidad, eficiencia de extracción de sacarosa y la potencia consumida, así como características de la caña tales como contenido de fibra y riqueza de sacarosa.

La evaluación en base a cantidad de jugo recuperado es un parámetro que solo sirve de comparación, pero no brinda datos que permitan medir la eficiencia de diferentes molinos que procesan cañas de diferentes características.

- Durante la limpieza se pierde un 3% de la sacarosa de la caña y un 4% de la sacarosa de jugo, por eso se recomienda realizar investigaciones para disminuir las pérdidas causadas en esta etapa del proceso.

- La inversión de sacarosa durante la evaporación no se considera pérdida física, sino pérdida de calidad ya que al aumentar los azúcares reductores existentes en el jugo se está disminuyendo la calidad final del producto.

6. RESUMEN

Las pérdidas de sacarosa en la industria panelera obedecen a diferentes causas, tanto en las prácticas culturales antes del proceso, como en la elaboración en sí de la panela. Es así como debido al almacenamiento de la caña (apronte) durante 5 días, se pierde un 7.48% del peso de la caña y un 10% de la sacarosa contenida por ésta.

Durante el proceso, las pérdidas de sacarosa se presentan en la extracción, limpieza y clarificación del jugo y por la inversión a azúcares reductores durante la evaporación y concentración. Estas pérdidas que se presentan en el proceso son cercanas al 30% con relación a la sacarosa total contenida por la caña.

7. SUMMARY

Sucrose losses within the process of unrefined brown sugar (panela) production.

Sucrose losses in the industry of unrefined brown sugar paste (panela) are due to a number of different situations, before and within the process as well. When sugar cañe is stored for a period of 5 days it loses approximately 7.48% of its own weight and about 10% of the total sucrose content. During the process, sucrose losses take place in the extraction of the juice and its cleaning and also in the inversion to a reduced sugar when water evaporation and sugar concentration are occurring. These losses are about 30% of the total sucrose content.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AYALDE, VARÓN GUILLERMO y OTROS. Caña de azúcar, Manual de Asistencia Técnica No. 9. ICA. Palmira. 1973.
2. I.I.T. Estudio sobre problemas de calidad y almacenamiento de la industria panelera en Colombia. Informe de I.I.T. al INA Junio 20 de 1961. Bogotá.
3. I.I.T. La industria panelera en Colombia. Estudio sobre mejoramiento. 1964. Bogotá.
4. IZQUIERDO, V. Caña trapiches y panela en el Valle, Cauca y Caldas. Asocaña. Depto de Investigaciones Económicas. Cali, 1964.
5. RAMOS N., G. Curso de Caña de Azúcar. Mimeografiados. Bogotá, 1967.