

Artículo original

# Medición in situ de los valores de las principales variables asociadas al proceso de fabricación de miel y panela de caña de azúcar (*Saccharum* spp. híbrido)

In situ measurement of the main variable values associated to the elaboration process of sugar non centrifugal (syrup and sugar brown) from sugar cane (*Saccharum* spp híbrido).

Pérez -Mosquera Alfonso<sup>1</sup>, Ablan -Bortone Elvira<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Inpadeca, Ingenio Panelero Ana Débora C.A, Flor de Patria, Estado Trujillo, Venezuela

<sup>2</sup> Facultad de Farmacia y Bioanálisis; Departamento Ciencia de Alimentos; Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Recibido enero 2009 - Aceptado mayo 2009

## RESUMEN

Con el propósito de uniformizar el proceso de fabricación de miel y panela de caña de azúcar (*Saccharum* spp. híbrido) se midieron las variables temperatura, sólidos solubles totales (Grados Brix) y pH, durante su elaboración en un Central panelero tradicional. De esta manera, fue posible conocer los rangos de los valores de dichas variables en cada etapa de la fabricación. Esta tarea constituye por un lado, un primer paso necesario en el logro del control de la regularidad de las características del producto final, dado que el conocimiento generado apunta a mejorar el desempeño del Central en cuanto a los procesos realizados, y a su vez, estaría asociada a la posibilidad de formar rápidamente a operarios no necesariamente familiarizados con la fabricación.

## PALABRAS CLAVE

Panela, miel de caña, estandarización, proceso

## ABSTRACT

In order to standardize the production of syrup and sugar non centrifugal (brown cane sugar) some variables, temperature, total soluble solids (Brix degrees) and pH were measured during the actual manufacture process. In this way, it was possible to determine the range of values taken by these variables during each stage of the production. On one hand, this proposal constitutes a necessary first step to achieve standardized final product. At the moment the brown cane sugar production is typified by its empirical character and there is a lack of official regulations

in Venezuela. On the other hand, this knowledge aims to improve the local industrial processes and would be related to the possibility of fast training of inexperienced workers.

## KEY WORDS

Brown cane sugar, sugar non centrifugal, process.

## INTRODUCCIÓN

La panela o papelón, como se le conoce en Venezuela, forma parte del conjunto de los azúcares sin refinar. En este sentido, desde el punto de vista alimentario suele jugar el papel de sustituto del azúcar refinado. Los trapiches o ingenios paneleros, lugares localizados en el medio rural y donde tradicionalmente se produce la panela, siguen siendo en nuestro país un vestigio del pasado, lo cual se manifiesta entre otros aspectos, por la disminución de la importancia del consumo de panela: de 17,1 Kg./persona/año en 1949 a aproximadamente 0,4 Kg./persona/año, 50 años más tarde [1]. Esta caída a lo largo del tiempo, es la consecuencia de múltiples factores: precios relativos, subsidios al azúcar refinado, principal bien sustituto de este rubro, mayor adaptación del azúcar refinado a los cambios de consumo alimentario entre la Venezuela rural y la urbana, entre otros, a pesar de que nutricionalmente hablando, la panela es un producto superior, debido al contenido de otros nutrientes distintos a la sacarosa (glucosa, fructosa, minerales y trazas de vitaminas). Sin embargo, puede esperarse, que las tendencias mundiales hacia el consumo de alimentos naturales y/o poco industrializados, favorezcan el resurgimiento de este edulcorante [2].

La información suministrada anteriormente, se basa en las Hojas de Balance de Alimentos elaboradas por el Instituto Nacional de Nutrición, sin embargo, la situación pudiera ser esperanzadora al hacer notar, que como Venezuela no exporta panela “la producción obtenida (105.000-150.000 toneladas) se consume totalmente en el país, con un consumo per cápita que va entre 3,75 a 5,36; diferenciado por hábitos y preferencias regionales, tal como es el caso de los habitantes del Táchira, cuyo consumo promedio se ubica alrededor de 12 Kg./persona/año en el medio urbano y 18 Kg./persona/año, en el medio rural” [3].

En el mundo, cerca de 30 países la producen, siendo la India, Colombia y Pakistán los que aportan el 85,9% a la producción mundial [4]. Comúnmente, se denomina “panela” en Perú y Chile, “chancaca” en México y Guatemala, “piloncillo” en Costa Rica. En la India y en muchas partes de Asia se le llama “jaggery” o a veces “gur” o “gul” [5].

Colombia es el segundo productor de panela a nivel mundial y el de mayor consumo per cápita, agrupa a los productores primarios y secundarios en asociaciones, como es la Federación Nacional de Productores de Panela (FEDEPANELA), lo cual representa una fortaleza, dado que desde allí se promueve el mejoramiento continuo de esta agroindustria. A través de esta asociación se ha realizado, por ejemplo, una Guía sobre la producción de la materia prima y algunos aspectos relacionados directamente con la transformación de la misma. Venezuela tiene algunas organizaciones que agrupan a los productores que elaboran este bien (COMIXPAQUE, CAÑACOR, ASOCAMATCA, Cooperativa San Antonio de Padua, entre otras) y muy pocas (FONACIT, UNET, FUNDACITE, Redes Socialistas de Innovación Productiva de Panela, INIA, IUT Los Andes, ULA, IUTE, UNEFM) que apoyan la realización de un proceso de producción y comercialización eficiente como es el caso de ese país. Este es uno de los tantos inconvenientes que en Venezuela limita a esta agroindustria, además de los que a continuación se mencionan:

- Utilización de tecnología agrícola e industrial rudimentaria.
- Falta de financiamiento indispensable para mejorar la infraestructura física y el proceso productivo.
- Limitada existencia de garantías sobre la disponibilidad y calidad de la materia prima.
- Mal manejo agronómico del cultivo.
- Variedades de caña, que debido a su antigüedad, están en un proceso de degradación natural y las cuales no son específicas para la producción de panela.

- Falta de norma o reglamento técnico de este producto.

Por el contrario, países vecinos como Colombia y Ecuador disponen de una norma, con lo cual están claramente especificadas las características del producto. Si bien en Venezuela existen criterios técnicos, producto del trabajo de organismos como INIA Táchira, CIEPE y UNET, la poca difusión de este referencial tecnológico contribuye con la generalización del fraude, como es la elaboración de panela por caramelización de azúcar refinado obtenido a precio regulado.

En nuestro país, además, el proceso está sostenido por la experiencia del Maestro Panelero, dado que sin su participación, la labor del Central Panelero simplemente se detiene, debido a que no se hacen mediciones de las variables que controlan el procedimiento de obtención. Sin embargo, diversos estudios se han realizado acerca del proceso de la elaboración de la panela. Por ejemplo, se han determinado los parámetros que permiten efectuar un control de calidad en la elaboración de panelas [6]. Hernández y Amaya [3] realizaron un estudio a nivel de planta piloto a fin de evaluar el efecto de dos variedades de caña, del lavado de la caña previo a la extracción del jugo, y de la temperatura de punteo sobre la calidad de la panela granulada. También se han dado a conocer algunos avances tecnológicos en el proceso de producción de panela de buena calidad [7], así como la descripción de las fases operativas en la transformación de la caña panelera [8]. Entre los factores más importantes asociados al proceso, están el pH y el método de encalado (agregado de cal para la corrección de pH), la velocidad de calentamiento y la temperatura de punteo. Este último factor puede ser utilizado como un indicador del momento en el cual se debe detener el calentamiento e iniciar la etapa de batido [3]. Existen discrepancias en torno al valor deseable de esta temperatura, estas divergencias se deben posiblemente a que la temperatura de ebullición, y por lo tanto la de punteo, dependen de la altura sobre el nivel del mar del sitio donde se ubique la fábrica de panela, razón por la que se ha indicado la necesidad de estudiar en las zonas productoras de panela, el efecto de la temperatura de punteo sobre la calidad del producto final [3]. En este trabajo se determinaron in situ los valores operacionales de tres de las principales variables que rigen el proceso: temperatura de calentamiento, concentración de sólidos solubles y pH.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Central Panelero “Ana

Débora”, propiedad de la Familia Pérez, el cual está ubicado en la localidad de Flor de Patria, municipio Pampan, del estado Trujillo, específicamente en el Km. 7 vía Peraza, durante el lapso julio a septiembre del 2.008.

En primer término, se identificó cada fase del proceso desde el apronte hasta el empackado (Fig. 1). Las mediciones se realizaron cuando el procedimiento se uniformizó, es decir, cuando a lo largo del proceso se mantuvieron las condiciones en el tiempo, lo cual se logra una vez obtenido el primer punto de la zafra.

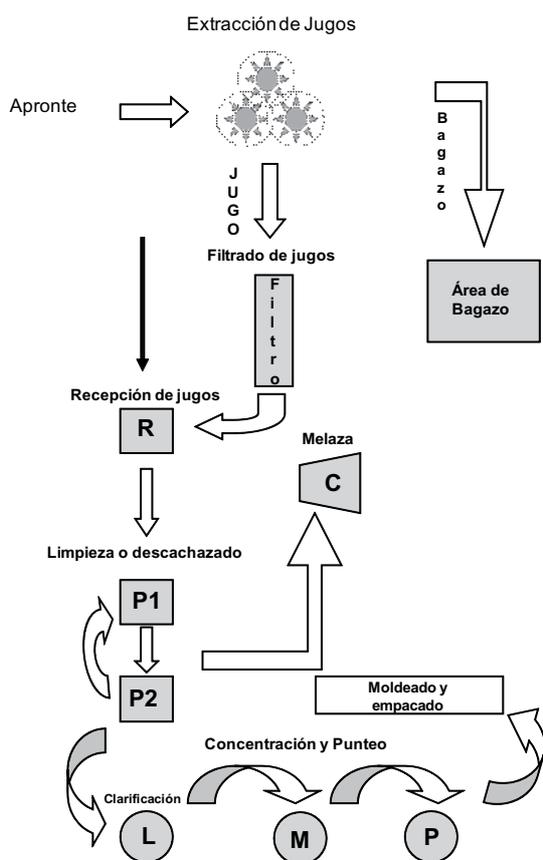


Figura 1. Identificación de las fases del proceso de elaboración de panela

Este Central Panelero, posee siete pails o fondos donde ocurre la fase de evaporación, los cuales fueron identificados de la siguiente manera:

- C = Fondo cachacero (depósito de cachaza)
- R = Fondo receptor (depósito donde llegan los jugos extraídos)
- P1 = Fondo de Pre-Limpieza 1 (Limpieza de cachaza negra)
- P2 = Fondo de Pre-Limpieza 2 (Limpieza de cachaza negra)

- L = Fondo de limpieza (Limpieza de cachaza blanca)
- M = Fondo melador (Lugar donde cambian los jugos a mieles)
- P = Fondo de punteo (Lugar donde las mieles llegan a punto de panela)

En cada uno de ellos se realizó la medición de las tres variables ya indicadas.

#### Temperatura:

Para abordar esta variable, se practicó el siguiente procedimiento durante tres ciclos de producción:

- Se realizó la lectura de las temperaturas empleando un termómetro de rayos infrarrojos en todo el proceso, considerando un tiempo de 2 minutos entre cada una de las mediciones.
- Posteriormente, se registró el valor de la temperatura observada para cada uno de los fondos identificados.
- Se anotaron observaciones si las hubiere.

#### Sólidos solubles totales (Grados Brix):

Para abordar esta variable, se efectuó el siguiente procedimiento durante tres ciclos de producción:

- Se tomaron muestras de jugos y mieles, a las cuales se les realizaron las determinaciones de sólidos solubles totales (°Brix) con un refractómetro portátil, marca Kyowa durante todo el proceso, considerando un tiempo de 2 minutos entre cada una de las muestras tomadas.
- Posteriormente, se registró el valor de los sólidos solubles totales de la muestra observada para cada uno de los fondos identificados.

#### pH:

Para abordar esta variable, se procedió de la manera que se indica a continuación, durante tres ciclos de producción:

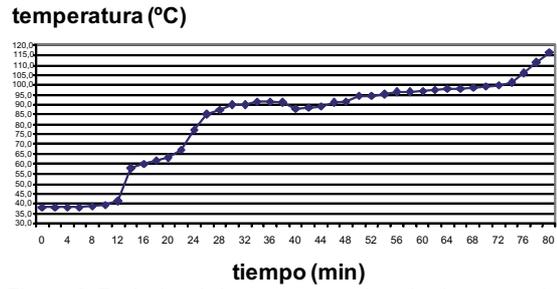
- Se tomaron muestras de jugos y mieles, a las cuales se les realizó las mediciones de pH durante todo el proceso con un pHmeter de mesa Hanna 211, considerando un tiempo de 5 minutos entre cada una de las muestras tomadas.
- Posteriormente, se registró el nivel de pH de la muestra observada para cada uno de los fondos identificados.

Las variaciones en las mediciones durante las tres ciclos de producción fueron despreciables, razón por la cual los valores señalados en las tablas se refieren únicamente al promedio de los tres valores en cada una de las variables indicadas.

**RESULTADOS**

Se logró la medición in situ de tres de las principales variables en el proceso de fabricación de miel y panela de caña de azúcar: temperatura, sólidos solubles totales (grados Brix) y pH.

En la Fig. 2, se pueden evidenciar dos cambios vertiginosos de temperatura, específicamente, en el minuto 12 y en el minuto 22, además se observó que la tendencia de la temperatura fue creciente con respecto al tiempo. En la Tabla 1, se indican las principales observaciones de lo que va ocurriendo a lo largo del proceso.



**Figura 2.** Evolución de la temperatura de todo el proceso de elaboración de panela y miel de caña de azúcar

**TABLA 1**  
Evolución de la temperatura en todo el proceso de elaboración de miel y panela de caña de azúcar

Tiempo (min)	Temperatura(°C)/Fondos						Observaciones	
	R	P1	P2	L	M	P		
0	37,8						Comienzo de llenado de fondo (R), con el jugo de caña de azúcar	
2	38,0							
4	38,0							
6	38,1							
8	38,5							
10	39,2							
12	41,2						Se abre válvula de llenado del fondo de P1	
14		58,0						
16		60,0						
18		61,5						
20		63,0						
22		67,1					Se limpia el fondo P2 y se retorna al fondo P1	
24		77,0						Se limpia el fondo P1 y se coloca la cachaza negra en C
26		85,0					Se agrega la cal para controlar el pH	
28		87,2						
30		90,1						
32		90,1						
34		89,5						
36		89,0						La baja de temperatura en este punto se debe a que se disminuye la llama de los quemadores de gas para obtener el punto
38		88,0						
40			88,1					Se llena el fondo (P2) con el jugo de (P1)
42			88,5					
44			89,1					
46			91,2					
48			91,8					
50				94,1			Se llena la mitad de L con jugo proveniente de P2	
52				94,3			Se limpia el jugo y los restos van hacia el fondo C	
54				95,1				
56				96,2				
58					96,5		Se llena 1/2 M con jugo de L y se completa el fondo L	
60					97,0			
62					97,5			Los jugos ya están a punto de miel, no se cristalizan.
64					98,0			
66						98,3	Se llena 1/2 fondo P y se agrega aceite para evitar la elevación de los jugos	
68						98,4	Se completa el fondo hasta obtener la cantidad deseada para el punto	
70						99,1		
72						99,4		
74						101,3		
76						106,2		
78						111,3		
80						116,0	La miel llega al punto de panela se retira de los fondos ya que lo que se desea obtener es panela sólida en bloques	

R = Fondo receptor; P1 = Fondo de Pre-Limpieza 1; P2 = Fondo de Pre-Limpieza 2;  
L = Fondo de limpieza; M = Fondo melador; P = Fondo de punteo

La Tabla 2 y la Fig. 3 muestran que el contenido de sólidos solubles totales (°Brix) se duplicó en los primeros 50 minutos, aunque ese contenido se triplica a partir de ese valor en los 30 minutos siguientes, lo cual es un indicador del aumento de la tasa de evaporación en este lapso. La Fig. 4 muestra el cambio en el pH al momento de agregar el carbonato de calcio (cal común).

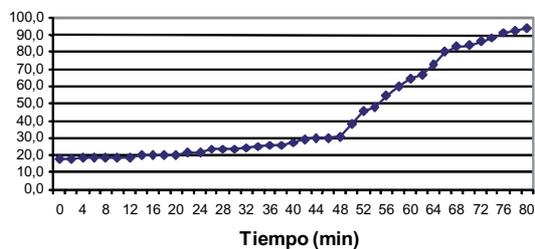
**TABLA 2**

Evolución de los sólidos solubles totales en el proceso de elaboración de miel y panela de caña de azúcar

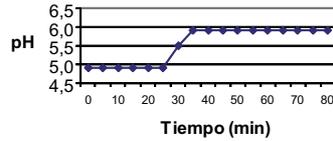
Tiempo (min)	Sólidos solubles totales (°Brix)/Fondos					
	R	P1	P2	L	M	P
0	18,0					
2	18,0					
4	18,1					
6	18,1					
8	18,2					
10	18,3					
12	18,3					
14		19,6				
16		19,6				
18		19,8				
20		19,8				
22		21,2				
24		21,2				
26		23,2				
28		23,4				
30		23,8				
32		24,4				
34		24,8				
36		25,6				
38		26,0				
40			27,0			
42			29,2			
44			29,8			
46			30,2			
48			31,2			
50				38,2		
52				45,4		
54				47,8		
56				54,4		
58					60,2	
60					64,8	
62					66,6	
64					72,6	
66						
68						83,2
70						84,0
72						86,2
74						88,4
76						91,2
78						92,6
80						93,8

R = Fondo recibidor; P1 = Fondo de Pre-Limpieza 1; P2 = Fondo de Pre-Limpieza 2; L = Fondo de limpieza; M = Fondo melador; P = Fondo de punteo

**Sólidos solubles totales (°Brix)**



**Figura 3.** Evolución de los sólidos solubles totales de todo el proceso de elaboración de panela y miel de caña de azúcar



**Figura 4.** Evolución de pH durante el proceso de elaboración de panela y miel de caña de azúcar

**DISCUSIÓN**

El primer cambio abrupto de temperatura, específicamente en el minuto 12, ocurre porque en este momento el jugo de caña de azúcar pasa del fondo R al P1, el cual se encuentra a una distancia menor de la cámara de combustión y en el minuto 22, porque se realiza la pre-limpieza de P2 a P1. La tendencia creciente de la curva de temperatura es congruente con el aumento de la temperatura de ebullición del producto debido a la concentración en sólidos, como consecuencia de la evaporación del agua. Estudios previos, recomiendan que la temperatura se eleve a 1, 2°C / minuto, a fin de que el efecto combinado de temperatura, tiempo de clarificación y el floculante usado, permitan la aglutinación de las impurezas [2,9].

Las mediciones efectuadas permiten distinguir dos claras etapas en el proceso. Una primera, desde la extracción del jugo hasta su paso por el fondo de prelimpieza 2 y una segunda, que corresponde a la evaporación propiamente dicha y que ocurre en los fondos señalados por L, M y P.

Partiendo del jugo de caña, el objetivo de la primera etapa es la limpieza del jugo, retirando impurezas, tanto por filtración (sólidos indeseables contenidos en el jugo, tales como lodo, arenilla, bagacillo, restos de hojas), como por floculación (aquellas que se encuentran en suspensión). De esta forma, se obtiene la denominada cachaza negra, que posteriormente, luego de su cocción, formará la melaza, subproducto importante en alimentación animal. Es de hacer notar, que en otras partes del país, las partículas en suspensión son retiradas por el agregado de mucílagos vegetales que actúan como aglomerante [9]. En esta etapa, que dura aproximadamente 48 minutos, el contenido de sólidos solubles totales llega a 32° Brix y la temperatura oscila entre 88 y 92 °C. También en esta etapa cuando la temperatura alcanza los 85° C tiene lugar la corrección de acidez, la cual debería llevarse a 6,0-6,2 por cuanto es necesario, no solo elevar el valor inicial ( pHinic = 4,9), a fin de conservar estable la molécula de sacarosa y limitar la aparición de azúcares reductores, sino además,

contrarrestar el efecto que sobre la inversión química de la sacarosa tiene el aumento de la temperatura. La proporción de carbonato de calcio a añadir varía según que el producto a obtener, sea miel o panela, así como según el pH inicial del jugo. En una segunda etapa, de más corta duración, ocurre la evaporación propiamente dicha en un evaporador triple efecto a presión atmosférica. En el primero de ellos (fondo clarificador), se retiran las pocas impurezas restantes que forman la denominada cachaza blanca. Su formación está asociada a las reacciones de coagulación-floculación que tienen lugar durante la clarificación [3]. En el segundo efecto (fondo melador), se retira el producto si lo que se desea obtener es la miel de caña, la cual se logra cuando la temperatura oscila entre 97 y 98 °C y se alcanza un contenido de sólidos solubles totales de 70° Brix. Seguidamente, en el tercer evaporador tiene lugar la fase final del proceso (fondo de punteo, o paila punteadora o concentradora), el producto pasa los 100 °C (temperatura aproximada de 116°C), logrando una concentración de sólidos solubles totales de 94 °Brix. Es importante aclarar que la temperatura de punteo depende del tipo de panela a producir, en el caso de la panela granulada es superior. En el trapiche evaluado el producto final es panela en bloque. En el último evaporador se agrega aceite vegetal, como antiespumante y antiadherente, el cual tiene como función principal contribuir a la homogeneización de la miel, elevar su tensión superficial, además de evitar el quemado y rebosamiento de la misma. A nivel de planta piloto se ha llegado hasta 128° C, logrando una concentración final de 95,92° Brix [3, 10].

## CONCLUSIONES

- Fue posible medir in situ tres de las principales variables que controlan el proceso de elaboración de panela y miel de caña de azúcar: temperatura, concentración de sólidos solubles totales (° Brix) y pH. Esto permitió determinar que para la obtención de miel de caña de azúcar se necesita alcanzar en el fondo melador (M) 70 °Brix, el cual se logra a una temperatura que oscila entre 97-98 °C. Mientras que para la obtención de panela se requiere alcanzar en el fondo de Punteo (P) 94 ° Brix, que se logra a una temperatura de 116 °C.

- En cuanto a la variable del pH, se ajustó al agregar el carbonato de calcio (de 4,9 hasta un valor cercano al ideal, 6)

- La medición de las principales variables del proceso de fabricación de miel o panela de caña de azúcar constituye un avance significativo, no solo

para la empresa INPADECA, sino también, para otros Centrales paneleros ubicados a la misma altura sobre el nivel del mar. De esta manera, el proceso deja de hacerse con una metodología de ensayo-error y se le otorga un carácter técnico que permite una mejor realización del mismo. Entre otras ventajas, esto significa una mayor independencia al contar con las especificaciones necesarias para emprender la elaboración de este producto.

## RECOMENDACIONES

- Para la obtención de mieles se pudieran realizar ensayos sin corregir el pH con carbonato de calcio, aprovechando el valor de pH inicial del jugo que favorece la inversión química de la sacarosa. Sin embargo, si es necesario el empleo de carbonato de calcio, este debe ser de tipo alimenticio para no contaminar la panela y obtener un producto inocuo con miras al mejoramiento del proceso y poder cumplir con las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF).

- Se hace necesario realizar pruebas de estabilidad (vida útil en anaquel) para las mieles obtenidas a 70 °Brix, utilizando diferentes tipos de envase

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen, muy especialmente, a la Profesora Marisa Guerra (USB) sus invaluable aportes a este trabajo, al Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ) por haberlo hecho posible y a los árbitros por haber enriquecido esta publicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Calvani F. 51 años de trayectoria energética y nutricional en Venezuela 1949-1999. Ed. Fundación Polar (Caracas); 2003. p. 469

[2] Mujica M V, Guerra M, Soto N. Efecto de la variedad, lavado de caña y temperatura de punteo sobre la calidad de la panela granulada. *Interciencia* 2008; 33(8):598-603

[3] Hernández, E, Amaya F. Caracterización de la Cadena Agroalimentaria Caña Panelera. Publicación Divulgativa del .INIA Táchira, Bramón, estado Táchira, Venezuela, 2009

[4] González-Rojas MC. Sistema agroalimentario localizado de trapiches paneleros en Santander de Quilicha, Departamento del Cauca, CIAT, Colombia URL: <http://www.condensan.org/e-foros>, revisado el 22/03/2008

[5] Espinal CF, Martínez HJ, Ortiz L., Acevedo

X, Beltrán LS. La cadena agroindustrial de la panela en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005 (Documento de trabajo No. 103) URL: <http://www.agrocadenas.gov.co> revisado el 25/03/2008

[6] Guerra M. Importancia del control de calidad en la elaboración de panelas. Universidad Simón Bolívar; 2008

[7] Hernández E. Avances tecnológicos en el proceso de producción de panela de buena calidad.

Manual Agropecuario, INIA, Táchira; 1998, p. 30

[8] Hernández E. Producción e Investigación de caña panelera en Trujillo, Fonaiap; 2000

[9] Lira M, Guerra M, Toro IJ, Gómez T, Gómez E et al. Manual para la producción de panela en bloque y granulada, Fundación CIEPE, San Felipe, 2007

[10] Osorio G Manual: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM-en la Producción de Caña y Panela, Corpoica-MANA-FAO, Antioquia, Colombia, 2007