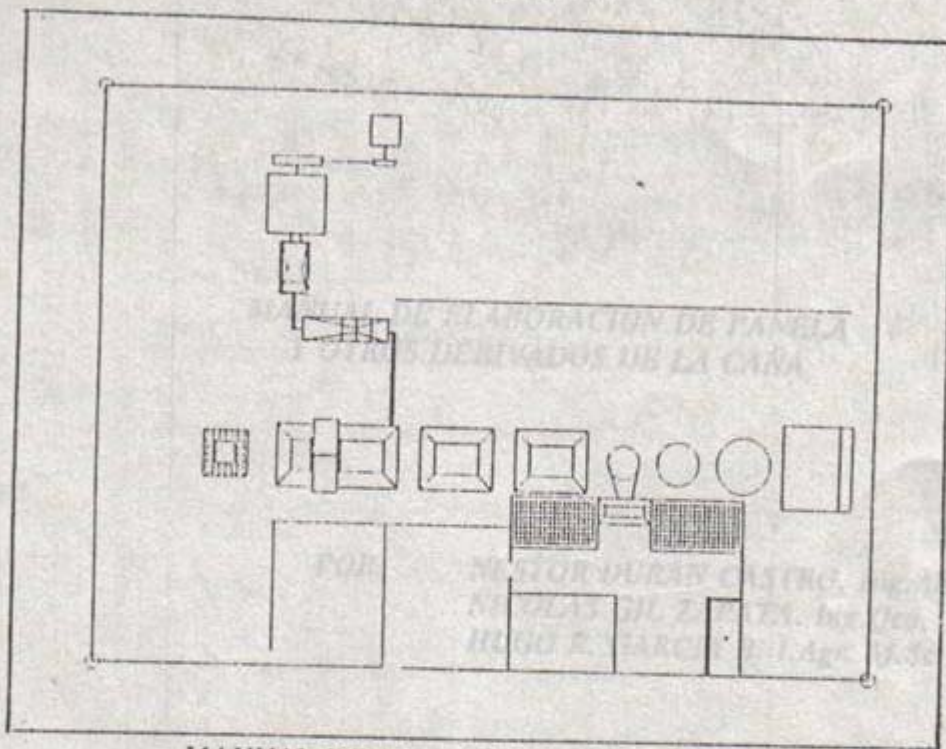


C I M P A
CONVENIO DE INVESTIGACION Y DIVULGACION PARA EL
MEJORAMIENTO DE LA INDUSTRIA PANELERA
ICA - HOLANDA



MANUAL DE ELABORACION DE PANELA
Y OTROS DERIVADOS DE LA CAÑA

BARBOSA, (S.S) JULIO DE 1992

COLOMBIA

C I M P A
CONVENIO DE INVESTIGACION Y DIVULGACION PARA EL
MEJORAMIENTO DE LA INDUSTRIA PANELERA
ICA - HOLANDA

MANUAL DE ELABORACION DE PANELA
Y OTROS DERIVADOS DE LA CAÑA

BARBOSA, (S.S) JULIO DE 1992

COLOMBIA

CIMPA
CONVENIO DE INVESTIGACION Y DIVULGACION PARA EL
MEJORAMIENTO DE LA INDUSTRIA PANELERA
ICA - HOLANDA

MANUAL DE ELABORACION DE PANELA
Y OTROS DERIVADOS DE LA CAÑA

POR: NESTOR DURAN CASTRO. Ing. Alim.
NICOLAS GIL ZAPATA. Ing. Qco.
HUGO R. GARCIA B. I. Agr. M. Sc.

BARBOSA, (S.S) JULIO DE 1992

COLOMBIA

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1.PROBLEMÁTICA NACIONAL DE LA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN PANELERA.	1
2.DESCRIPCIÓN DE LA ELABORACIÓN DE LA PANELA.	4
3.CAÑA DE AZÚCAR MATERIA PRIMA EN LA ELABORACIÓN DE PANELA.	9
4.PRELIMPIEZA DE LOS JUGOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR.	31
5.CLARIFICACIÓN EVAPORACIÓN Y CONCENTRACIÓN DE LOS JUGOS DE CAÑA.	39
6.PUNTEO Y BATIDO EN LA ELABORACIÓN DE LA PANELA.	72
7.MOLDEO Y FORMAS DE PRESENTACIÓN DE LA PANELA.	83
8.EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO DE LA PANELA.	98
9.VALOR NUTRICIONAL DE LA PANELA	121
10.USOS ALTERNATIVOS DE PANELA Y MIELES EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.	131
11.POSIBLE UTILIZACIÓN DE LA CACHAZA COMO MATERIA PRIMA PARA EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE LEVADURAS.	160
ANEXO 1	170
ANEXO 2	171
ANEXO 3	173

LISTA DE TABLAS

Pág.	
	TABLA 3.1.Composición química de la caña de azúcar. 13
	TABLA 3.2.Composición promedio de la caña para las regiones de Cundinamarca y Hoya del Río Suárez. 14
	TABLA 3.3.Composición de la fibra de la caña. 22
	TABLA 3.4.Composición físico-química del jugo de una mezcla de variedades de cañas sin clarificar. 26
	TABLA 3.5.Composición físico-química del bagazo para una extracción de peso del 50%. 28
	TABLA 5.1.Composición química de los mucílagos usados en elaboración de la panela. 47
	TABLA 5.2.Composición física del balso y cadillo. 48
	TABLA 5.3.Composición físico-química de cachazas y melotes de la Hoya del Río Suárez. 55
	TABLA 5.4.Resultados físico-químicos de panelas de diferentes regiones del país. 70
	TABLA 6.1.Elevación del punto de ebullición (a 760 mm de presión) para mieles o jarabes de acuerdo con su Brix y su pureza. 74
	TABLA 7.1.Dimensiones de los parales y travesaños de las gaveras para panela cuadrada de 125, 250, 500 y 1000 g. 85

Pág.

TABLA 7.2. Dimensiones de los paralelos y travesaños de las gaveras para panela rectangular de 125, 250, 500 y 1000 g.	87
TABLA 7.3. Dimensiones de las gaveras para panela redonda de 125, 250, 500 y 1000 gramos.	89
TABLA 7.4. Dimensiones de la base, paralelos y travesaños de la gavera para panela en forma de pastilla con cresta redonda de 125, 250, 500 y 1000 gramos.	91
TABLA 8.1. Ecuaciones del contenido de humedad de equilibrio en panela, para varias temperaturas y humedad relativa variable entre 60 y 90%.	100
TABLA 8.2. Costo del empaquetado de una carga de panela utilizando diferentes materiales.	107
TABLA 9.1. Límite inferior, superior y promedio, en los diferentes parámetros analizados en las muestras de panela obtenidas en la Región de la Hoya del Río Suárez.	122
TABLA 9.2. Análisis comparativo del azúcar refinado, moscabado y panela (Laboratorio Instituto Amboisse de Francia).	124
TABLA 9.3. Contenido de nutrientes de la panela, azúcar, miel de abejas, miel de caña, chocolate en pastilla y café tostado y molido.	127
TABLA 9.4. Comparación de nutrientes del agua de panela, chocolate con azúcar, café negro, coca cola,	

gaseosas y cerveza. 129

Pág.

TABLA 10.1.Composición físico-química del bocadillo de guayaba con panela y con azúcar.	136
TABLA 10.2.Resultados análisis microbiológico de bocadillo elaborado con panela.	137
TABLA 10.3.Características de frutas en almibar de mieles de caña.	146
TABLA 10.4.Acidos aprobados en la industria alimenticia y su poder de inversión.	148
TABLA 10.5.Resultados de análisis físico-químicos sobre la gaseosa obtenida.	150
TABLA 10.6.Aporte nutricional (%) de la gaseosa producida con miel de caña con respecto a la recomendación ponderada diaria para la población colombiana.	150
TABLA 10.7.Formulación para la elaboración de dulces, duro y blando en base de panela.	157
TABLA 10.8.Resultados análisis físico-químicos de los dulces.	157
TABLA 10.9.Resultados de los análisis bromatológicos de los dulces duro y blando, elaborados con panela.	157
TABLA 10.10.Análisis microbiológicos de los dulces duro y blando elaborados con panela.	158

LISTA DE FIGURAS

Pág.		
	FIGURA 2.1.Diagrama de proceso de elaboración de panela.	5
	FIGURA 3.1.Estructura y configuración de la sacarosa.	15
	FIGURA 3.2.Refractómetro de laboratorio, de campo y densímetro.	20
	FIGURA 4.1.Vista isométrica, techo y frente lateral, respectivamente del prelimpiador uno.	33
	FIGURA 4.2.Vista de techo, corte A-A' y vista de frente del prelimpiador dos.	34
	FIGURA 4.3.Ubicación de los prelimpiadores.	35
	FIGURA 5.1.Prototipo trapiche CIMPA, Hoya del Río Suárez.	41
	FIGURA 5.2.Flujo paralelo, contracorriente y combinado.	43
	FIGURA 5.3.Tipo de cachaceras.	56
	FIGURA 6.1.Batido de panela en el eje cafetero y Antioquia.	76
	FIGURA 6.2.Batea utilizada en Antioquia.	77
	FIGURA 6.3.Batea utilizada en la Hoya del Río Suárez.	79
	FIGURA 6.4.Vista en planta del cuarto de batido y moldeo, para la elaboración de panela.	80
	FIGURA 6.5.Vista frontal y lateral del cuarto de batido.	81
	FIGURA 7.1.Vista superior, frontal y lateral respectivamente, de los parales y	

travesaños para la panela cuadrada.	85
Pág.	
FIGURA 7.2.Vista superior, frontal y lateral respectivamente, de los paraleles y travesaños para la panela rectangular.	87
FIGURA 7.3.Perspectiva (vista isométrica), de la gavera para panela redonda de 500 gramos.	88
FIGURA 7.4.Vista superior, frontal y lateral de la gavera para panela redonda. (Las dos últimas vistas están en corte).	88
FIGURA 7.5.Vista superior, frontal y lateral respectivamente, de la base, los paraleles y travesaños para elaborar panela en forma de pastilla con cresta redonda.	90
FIGURA 7.6.Perspectiva (vista isométrica) de la gavera para panela tipo pastilla con cresta redonda de 500 gramos.	92
FIGURA 7.7.Vista superior, frontal y lateral respectivamente, de la base, los paraleles y travesaños para elaborar panela en forma de pastilla con cresta triangular.	94
FIGURA 7.8.Formas del producto terminado.	95
FIGURA 7.9.Producción de panela en forma de pastilla.	95
FIGURA 8.1.Isotermas de humedad de equilibrio para panela.	101
FIGURA 8.2.Empaque de panela en rusque.	106

FIGURA 8.3.Aspecto de la panela empacada en rusque, almacenada durante 45 días.	108
FIGURA 8.4.Aspecto de la panela empacada en cartón, almacenada durante 45 días.	109
Pág.	
FIGURA 8.5.Composición del cartón corrugado con el que se fabrica las cajas de cartón.	115
FIGURA 8.6.Propiedades básicas de las cajas de cartón. Resistencia al aplastamiento vertical, horizontal (2) y al rasgado (3).	115
FIGURA 10.1.Diagrama de flujo para la producción de bocadillos de frutas edulcoradas con panela.	135
FIGURA 10.2.Diagrama de flujo para la elaboración de mermeladas.	139
FIGURA 10.3.Diagrama de flujo para la elaboración de dulces.	144
FIGURA 10.4.Diagrama de flujo para la elaboración de frutas en mieles de caña o panela.	145
FIGURA 10.5.Diagrama de flujo de obtención de gaseosas a partir de miel de caña.	149

1. PROBLEMATICA NACIONAL DE LA CALIDAD EN LA PRODUCCION PANELERA

Los diagnósticos realizados por CIMPA sobre los factores de calidad y presentación en las zonas paneleras de Tolima, Risaralda, Caldas, Quindio, Antioquia, Cundinamarca, Putumayo, Nariño, Boyacá y Santander (Hoya del Río Suárez) en los años de 1.986 y 1.987 permitieron identificar algunos de los limitantes tecnológicos que afectaban la capacidad de la panela para mantenerse entre los alimentos de importancia de la población colombiana, de recuperar mercados perdidos y de lograr colocarse en un buen lugar entre los productos de exportación.

1.1. Prelimpieza

No se disponía de un sistema retenedor de bagazo, bagacillo, hojas, lodos y otro tipo de impurezas presentes en el jugo, por lo cual el proceso de clarificación requería de mayor tiempo, gran cantidad de clarificantes vegetales y la limpieza de los jugos era incompleta requiriéndose el uso de blanqueadores y colorantes.

En algunos trapiches existía un tanque de almacenamiento o pozuelo en el que se alcanzaba a realizar cierta prelimpieza de los jugos, pero la capa de impurezas flotantes formada se destruía al pasar los jugos a la paila recibidora. En algunos casos, por falta de limpieza del pozuelo los jugos iniciaban su degradación microbiana en este implemento.

1.2. Proceso

Las cantidad de mucílago vegetal adicionada a los jugos en la mayoría de los casos era insuficiente. Esto combinado con gradientes elevados de temperatura durante la clarificación y mal manejo de los jugos, hacían que estos

presentaran coloraciones oscuras y gran cantidad de impurezas en suspensión. El manejo dado a la cal era inadecuado y la calidad de la misma no se controlaba.

1.3. Colorantes y decolorantes

Debido a las exigencias de color existentes en el mercado y a la producción de jugos oscuros y turbios en el proceso de elaboración de panela, se generalizaron los productos químicos de uso prohibido, con el fin de mejorar la apariencia de la panela, como el hidrosulfito de sodio, en dosis de 1 Kg por tonelada de panela y en gran parte del país en mayores concentraciones y colorantes para uso en textiles como las anilinas, en dosis de 6 g por 100 Kg de panela, en promedio.

1.4. Instalaciones físicas del trapiche

En la mayoría de los casos no reunían las condiciones higiénico-sanitarias requeridas para la producción de un alimento. El principal problema radica en la forma de pensar y en los conceptos que tienen los paneleros sobre la higiene y sobre lo que es producir un alimento. En este aspecto la contribución de las autoridades sanitarias del país ha sido mínima. Por ejemplo al no disponerse de un área de batido, moldeo y empaque de la panela, caracterizada como tal, el producto adquiere impurezas e insectos, además de la contaminación producida por personas extrañas al proceso y por animales domésticos, que afectan su comercialización e influyen en su presentación final.

En la mayor parte de los trapiches del país las instalaciones sanitarias y el tratamiento de afluentes era ineficiente, cuando no inexistente totalmente. El agua de lavado de las gaveras, por ejemplo, presentó altos índices

de fermentación y contaminación, siendo caldo de cultivo para el desarrollo de microorganismos que contaminan el producto.

1.5. Formas de presentación de la panela

La panela se presentaba solo en dos formas cuadrada y redonda. El peso predominante era inferior a 500 g, no se conocían parámetros de densidad para el diseño de los moldes. Tampoco se ofrecían otras alternativas en su presentación, quedando en desventaja frente a otros edulcorantes fáciles de dosificar y utilizar.

1.6. Empaque y almacenamiento

Los empaques comúnmente utilizados eran: la hoja de caña y de plátano, costales de fique y bolsas de papel. La función de éstos era exclusivamente contener, ya que ni exhibían ni protegían al producto disminuyendo la vida útil de la panela.

El diagnóstico anterior permitió establecer un orden de prioridades en el trabajo de CIMPA, en lo relacionado con mejoramiento de calidad del producto y alternativas de nuevos usos de la panela, especialmente en la rama de alimentos.

Las condiciones de producción han variado muy poco durante el tiempo que lleva trabajando el CIMPA (6 años). Sin embargo, existe un paquete tecnológico que puede contribuir en gran parte a la solución de los problemas mencionados anteriormente, el cual ha sido ajustado y validado en la mayor parte de las regiones paneleras del país y el cual se ha instalado, parcial o totalmente en un número significativo de trapiches.

Los prelimpiadores, por mencionar un solo ejemplo, se encuentran instalados en cerca de tres mil trapiches, han reducido el consumo de blanqueadores en más del 50% (cerca de 500 toneladas por año) ahorrándole a los productores de panela más de 1.000 millones de pesos anualmente.

Parte de los resultados obtenidos en este período de trabajo se encuentran consignados en el presente manual.

2. DESCRIPCION DE LA ELABORACION DE LA PANELA

La materia prima para la elaboración de panela es la caña de azúcar, planta que se siembra en diferentes regiones del país y que gracias a las condiciones climáticas del mismo se puede cosechar durante todo el año.

Es necesario al iniciar el cultivo tener en cuenta las variedades que más se adapten a la zona, de acuerdo al tipo de suelo y condiciones climáticas para así obtener los mayores rendimientos por hectárea.

El beneficio en si, comienza con el corte de la caña, hay dos formas de realizar esta tarea una es por parejo que es el mas usado y recomendado, la otra por entresaque o desguíe. En el primer caso el corte es general, mientras en el segundo sólo se cortan los tallos maduros dejando los tiernos en el lote.

Una vez cortada la caña debe ser alzada y transportada al molino, generalmente en mulas debido a las condiciones topográficas de las zonas paneleras.

El apronte o almacenamiento de caña previo a la iniciación de la molienda, se hace con el objeto de mantener abastecido de caña el molino. En algunas regiones es superior a cinco días. La caña debe permanecer almacenada el menor tiempo posible, pues se ha observado que aprontes prolongados

influyen tanto en la cantidad de panela recuperada como en la calidad de la misma, por la dificultad de la limpieza y por la aceleración de la inversión de la sacarosa.

En la Figura 2.1 se presenta un diagrama del proceso de elaboración de la panela. Una vez iniciada la molienda la caña pasa a través del molino en el cual por presión física se le extrae el jugo, obteniéndose además el bagazo. La cantidad de jugo a obtener depende de las condiciones de operación del molino.

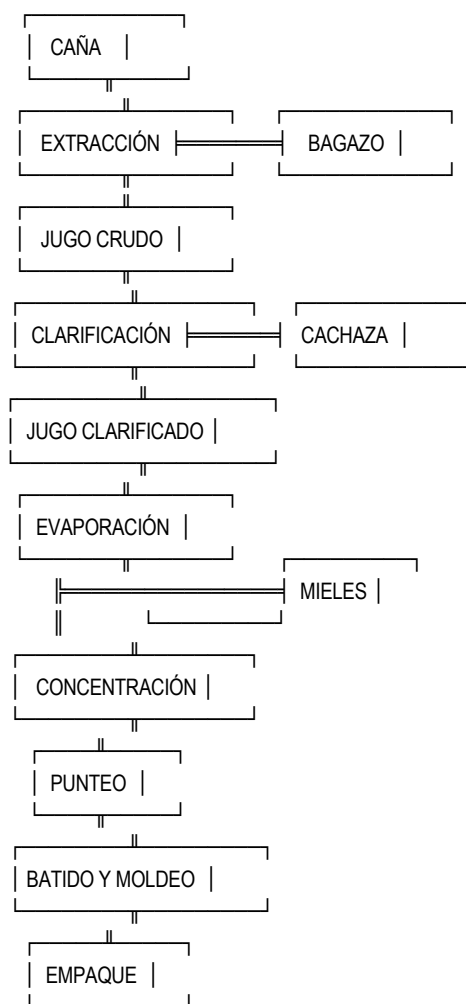


FIGURA 2.1. Diagrama del proceso de elaboración de panela

El bagazo obtenido se denomina "bagazo verde" y su humedad depende del grado de extracción del molino, fluctuando entre 50 y 60%. Este bagazo se lleva a las bagaceras donde se almacena hasta alcanzar una humedad inferior al 30%, valor necesario en la mayoría de las cámaras de combustión de las hornillas para poder utilizarlo.

El bagazo adicionalmente se puede hidrolizar y usarse como fuente de fibra en nutrición animal.

El jugo recuperado se conoce como jugo crudo o sin clarificar y es pasado a través de sistemas de prelimpieza, con el fin de retener la mayor cantidad de impurezas y así facilitar el proceso de clarificación. Este jugo pasa a un tanque de almacenamiento o directamente a la paila recibidora.

Posteriormente se adicionan los agentes clarificantes siendo los más conocidos los mucílagos vegetales obtenidos de la maceración de las cortezas de balso, cadillo y guásimo. La etapa de clarificación debe realizarse bajo ciertas condiciones de tiempo y temperatura y de su eficiencia depende en gran parte la calidad del producto terminado. En esta fase del proceso se obtiene la cachaza, subproducto utilizado en la alimentación animal.

Terminada la clarificación, se inicia la evaporación del agua aumentando de esta manera la concentración de azúcares en los jugos. Durante esta etapa se adiciona cal con el fin de evitar la hidrólisis de la sacarosa y mejorar el "grano" y dureza de la panela. Cuando los jugos alcanzan un contenido de sólidos solubles cercano a los 70EB, adquieren el nombre de mieles y se inicia la concentración. En este punto se adiciona aceite de higuerilla, cebo o cera de

laurel que cumplen funciones de lubricante y antiespumante.

La evaporación finaliza cuando se alcanza el punto de panela el cual se logra a temperaturas entre 120 y 125^oC, con un contenido de sólidos solubles de 90 a 92^oBrix.

La panela proveniente de la hornilla se deposita en una batea y por acción del batido intensivo e intermitente se enfría, pierde su capacidad de adherencia y adquiere la textura necesaria para el moldeo.

El moldeo se realiza panela por panela, mediante moldes individuales o en lotes de 80 a 200 panelas en las denominadas gaveras, en los cuales la panela solidifica adquiriendo su forma definitiva. Las panelas pueden ser redondas, cuadradas, en pastillas, etc. y de diferentes pesos.

El producto frío se pasa al empaque existiendo gran variedad de ellos, los más comunes son la hoja seca de caña y la caja de cartón.

2.1. Balance de masa

A continuación se describen los pasos para el cálculo del rendimiento de panela por tonelada de caña.

Datos de entrada.

Peso Caña: 1000 Kg
Extracción (Ep): 60%
S.S. jugo: 18^oBrix.

S.S. miel: 75EBrix

S.S. panela: 92EBrix.

Cachaza (% respecto a caña) = 3%.

1- Cálculo de la cantidad de jugo a obtener:

$$E_p = \text{Peso jugo} / \text{peso caña}$$

$$\text{Peso jugo} = 0.60 * 1000 = 600 \text{ Kg de jugo sin clarificar.}$$

2- Cálculo de la cantidad de bagazo a obtener:

$$\text{Peso bagazo} = \text{Peso caña} - \text{Peso jugo}$$

$$\text{Peso bagazo} = 1000 - 600 = 400 \text{ Kg de bagazo.}$$

3- Cálculo de la cantidad de jugo clarificado.

$$\text{Peso jugo clarificado} = \text{Peso jugo crudo} - \text{peso cachaza}$$

$$\text{Peso jugo clarificado (p.j.c.)} = 600 - 1000 * 3 / 100 = 570 \text{ Kg}$$

4- Cálculo de la cantidad de panela a obtener:

$$P.j.c. * E_{Brix} \text{ jugo clarificado} = \text{Peso panela} * E_{Brix} \text{ panela}$$

$$\text{Peso panela} = p.j.c. * E_{Brix} \text{ jugo clarificado} / E_{Brix} \text{ panela}$$

$$\text{Peso panela} = 570 \cdot 18 / 92 = 111.5 \text{ Kg de panela}$$

5- Rendimiento

$$\text{Rendimiento}(\%) = \text{Peso panela} / \text{Peso caña}$$

$$\text{Rendimiento}(\%) = 111.5 \text{ Kg} / 1000 \text{ Kg} = 11.5\%$$

3. CAÑA DE AZUCAR: MATERIA PRIMA EN LA ELABORACION DE PANELA

Es una gramínea del género Saccharum, originaria de Nueva Guinea, traída por Cristobal Colón a territorio americano hacia 1.502 y cultivada en zonas tropicales y subtropicales.

Su forma es erecta con tallos de 2 a 5 metros de altura y entrenudos pronunciados sobre los cuales se insertan las hojas, su reproducción es agámica y sus raíces muy ramificadas.

El tallo es cilíndrico con diámetro variable de 2 a 4 cm y dividido en nudos, las hojas son delgadas y están colocadas alternadamente. Consta de una parte exterior formada por la corteza, comúnmente cubierta de una capa de cera de grosor variable que contiene el material colorante, seguidamente se encuentra la porción interna constituida por el parénquima y paquetes fibrovasculares dispuestos longitudinalmente, terminando en hojas o yemas.

Su crecimiento y desarrollo depende de ciertos factores como luminosidad, temperatura, precipitación de lluvias, vientos y variedades.

3.1 Factores que afectan el desarrollo de la caña.

3.1.1. Luminosidad

La cantidad de luz está directamente relacionada con la síntesis de clorofila, a mayor brillo solar se aumenta la acti-

vidad fotosintética y por lo tanto hay incremento en la producción de caña (9).

3.1.2. Temperatura

Es importante para el desarrollo de la caña, síntesis y acumulación de sacarosa. Oscilaciones de temperatura entre el día y la noche superiores a 8°C favorecen significativamente este proceso. Las condiciones ideales son de 25 a 27°C de temperatura con límites permisibles de 20-30°C.

3.1.3. Precipitación de lluvias

El agua es también un elemento muy importante para el cultivo, pues además de ser básica para la síntesis de azúcares es medio de transporte y turgencia.

3.1.4. Vientos

Cuando son muy fuertes pueden causar graves daños físicos al cultivo, si además son calientes y secos aumentan la transpiración de la planta y resecan el suelo.

3.1.5. Variedades

Las variedades de caña para panela deben reunir ciertas características básicas para ser consideradas como buenas, estas pueden resumirse así (9):

- Alto tonelaje
- Resistencia a plagas y enfermedades
- Buena adaptación a diferentes ecologías
- Producción de jugos fáciles de clarificar y con altos contenidos de sacarosa
- Buen porcentaje de extracción en el molino
- Resistencia a sequías al igual que al fenómeno de inversión después del corte

Las variedades de caña panelera más cultivadas a nivel nacional son:

A. PR-61632

Presenta buena adaptación a diferentes condiciones ecológicas, crecimiento lento, producción promedio por hectárea elevada, buen porcentaje de extracción de jugos y producción de panela de excelente calidad. Cuando alcanza el índice de madurez los azúcares formados permanecen estables por un período hasta de 4 meses. Resistente a carbón, roya y mosaico, buen comportamiento ante raquitismo y otros complejos fungos.

B. POJ-2878

Se obtienen jugos de buena calidad con producciones promedios por hectárea y rendimientos en panela aceptables. Es resistente a carbón, roya y mosaico pero susceptible a raya clorótica y raquitismo.

C. Co 421

Buena calidad de jugos especialmente en cuanto a color al igual que adaptación a diferentes condiciones ecológicas, producción promedio por hectárea alta, fácil extracción pero con bajos contenidos de sacarosa, susceptible a carbón y mancha de ojo, medianamente susceptible al mosaico y resistente a la roya.

D. RAGNAR

Presenta maduración temprana, fácil extracción y producción de caña por hectárea alta. Los jugos tienen altos contenidos de sacarosa pero su comportamiento es inestable a diversos ambientes. Es susceptible a carbón y roya.

E. PR 1141

Sus límites de adaptación son reducidos, no tolera acidez y es exigente en suelos ricos en materia orgánica, fósforo y potasio. Buenas condiciones de cultivo fácil extracción de jugos, alta producción de caña y panela.

F- H 507209

Buen rendimiento en caña y panela y buena calidad de jugos. Alta susceptibilidad a roya y carbón y resistencia a mosaico.

3.2. Composición de la caña

La caña está constituida principalmente por agua, fibra y sólidos solubles (azúcares, especialmente). Tiene otros compuestos, que por las cantidades en que aparecen se consideran elementos menores. Tal es el caso de los minerales, proteínas, ceras, grasas y ácidos que pueden estar en forma libre o combinada. En la Tabla 3.1 aparece la composición química promedio de la caña de azúcar de Luisiana, según Spencer y Meade (48). En la Tabla 3.2 aparece la composición de la caña para panela, en Cundinamarca y la Hoya del Río Suárez, según Pérez y Ramírez (44) y CIMPA, respectivamente.

Entre los sólidos solubles de la caña sobresale la sacarosa como azúcar principal; los otros azúcares que se encuentran en concentraciones sustanciales son la glucosa y la fructuosa, conocidos como azúcares reductores o invertidos. Los azúcares se clasifican químicamente como carbohidratos y se caracterizan por ser compuestos de carbono combinados con oxígeno e hidrógeno en las proporciones que se requieren para formar moléculas de agua.

TABLA 3.1. Composición química promedio de la caña de azúcar.

C O M P O N E N T E S	C A N T I D A D (%)
Agua	74,50
Fibra:	
Celulosa	5,50
Pentosanas	2,00
Arabán	0,50
Lignina, leñoso, etc	2,00
Total Fibra	10,00
Azúcares:	
Sacarosa (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)	12,50
Glucosa (C ₆ H ₁₂ O ₆)	0,90
Fructuosa (C ₆ H ₁₂ O ₆)	0,60
Total Azúcares	14,00
Cenizas:	
Sílice (SiO ₂)	0,25
Potasa (KOH)	0,12
Soda (NaOH)	0,01
Cal (CaO)	0,02
Magnesio (MgO)	0,01
Acido Fosfórico (H ₃ PO ₄)	0,07
Acido Sulfúrico (H ₂ SO ₄)	0,02
Hierro (Fe) Trazas	
Cloro (Cl) Trazas	

Total Cenizas 0,50

Compuestos nitrogenados:		
Albúminas	0,12	
Amidas (Asparraguina)	0,07	
Aminoácidos (Aspártico)	0,20	
Acido Nítrico		0,01

Total Compuestos nitrogenados 0,40

Acidos y grasas:	
Grasa y cera	0,20
Pectina y gomas	0,20
Acidos libres	0,08
Acidos combinados	0,12

Total Acidos y grasas 0,60

TABLA 3.2. Composición promedio de la caña para las regiones de Cundinamarca y Hoya del Río Suarez.

-VARIABLE	VALOR PROMEDIO (%)	
	Cundinamarca	H.R.S.
Sacarosa	11,92	16,01
Azúcares reductores	1,27	1,65
Proteína	0,32	
Nitrógeno	0,06	
Fibra	14,62	12,06
Grasa	0,34	
Cenizas	0,45	
Humedad	70,94	70,18
Otros compuestos	0,08	0,10

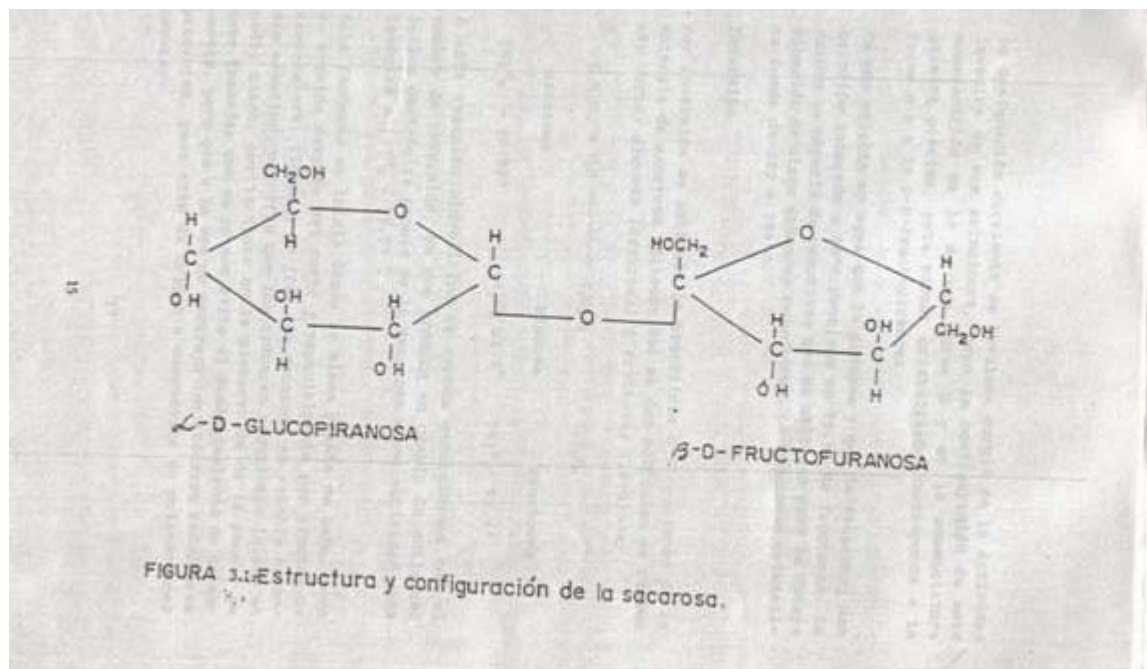
Estructuralmente son compuestos de 5 a 6 átomos de carbono formados por una, dos o más moléculas de carbohidratos denominándose mono-sacáridos (formados por una molécula), disacáridos (formados por la condensación de 2 monosacáridos), oligosacáridos (más de dos) y polisacáridos

que son compuestos polimerizados tales como el almidón y la celulosa.

3.2.1. Sacarosa

Es un disacárido producido por la condensación de glucosa y fructuosa. Tiene como fórmula empírica $C_{12}H_{22}O_{11}$ y peso molecular de 342,30 g/gmol. Su estructura y configuración estereoquímica cuya representación espacial puede verse en la Figura 3.1, son las de α -D-glucopiranosil- β -D-Fructofuranosido.

Los cristales tienen una densidad de 1,5879 g/cc a 15°C y muestran actividad óptica a lo largo de 2 de sus 3 ejes. Su temperatura de fusión es de 188°C pero se han reportado valores de 160-180°C producto del efecto de las trazas de impurezas sobre la sacarosa.



En solución este azúcar es dextrogiro con una rotación específica de $[\alpha]_D^{20} + 66.53^\circ$ a una concentración de 26 g por 100 cc de agua. Es muy soluble en agua como casi todos los azúcares. Una solución saturada a 20°C contiene 67,09% por peso. No reduce los iones de cobre o de otros metales en soluciones alcalinas tales como las de Fehling, ya que ni el grupo reductor de aldosa ni el de cetosa está libre en la molécula del disacárido (Figura 3.1).

3.2.2. Glucosa (Dextrosa)

Monosacárido de fórmula empírica $C_6H_{12}O_6$ y peso molecular de 180,16 g/gmol. Su estructura recibe la designación química de D-Glucopiranososa. Es una aldohexosa y se puede cristalizar del agua en las 2 formas en que se presenta: α y β , las cuales están en equilibrio en solución a temperaturas inferiores a 50°C. La α -D- Glucosa es la forma más estable y cristaliza en forma de monohidrato $C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$.

La glucosa anhidra forma cristales romboides que tienen un punto de fusión de 146°C mientras que el hidrato funde a 83°C. Es menos soluble en agua que la sacarosa; las soluciones saturadas contienen 49,4% a 23°C y 54,6% a 30°C en peso de azúcar anhidro.

Son fácilmente interconvertibles las formas α y β de la glucosa y sus soluciones muestran el mismo fenómeno de mutarrotación que la mayoría de las hexosas y pentosas simples.

3.2.3. Fructuosa (Levulosa)

Tiene la misma fórmula empírica y peso molecular de la

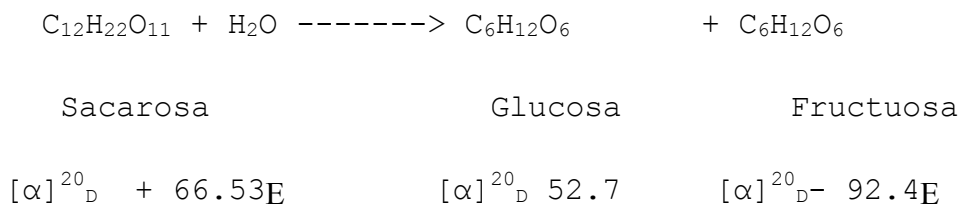
glucosa pero es una cetohehexosa, con el oxígeno fijado en el carbono 2 en lugar de estar en el carbono 1.

Su designación corriente de levulosa surgió de la actividad levógira de sus soluciones, pero la configuración de este monosacárido es la de una forma D y en la nomenclatura química precisa, este azúcar cristalizado corresponde a la forma α o a la β -D-Fructopiranososa.

Es más soluble en agua que la glucosa y que la sacarosa, una solución saturada a 20°C contiene un 78,9% de fructuosa. La oxidan la mayoría de reactivos que se utilizan para la determinación de otros azúcares reductores. La fructuosa cristalina funde de 102 a 104°C.

Inversión

Por inversión se entiende la hidrólisis o rompimiento de la molécula de sacarosa (disacárido) en dos moléculas de cadena más corta: glucosa (dextrosa) y fructuosa (levulosa).



A esta reacción hidrolítica se conoce generalmente con el nombre de inversión, ya que produce un cambio de actividad óptica dextrógira propia de la sacarosa a una actividad neta levógira a $[\alpha]^{20}_D - 39.7E$.

Este fenómeno se inicia desde la misma planta de caña, pero se acentúa después del corte y especialmente por efectos de temperatura, tiempo y pH (24). La sacarosa es estable en medio alcalino, mientras que los azúcares reductores lo son

en medio ácido, por lo tanto en la elaboración de la panela se debe trabajar con un pH que evite el desdoblamiento de la sacarosa, pero que a la vez no destruya los azúcares reductores presentes, pues esto da origen a compuestos de coloraciones oscuras.

La sacarosa se sintetiza en la caña de abajo hacia arriba y su contenido aumenta con el tiempo hasta alcanzar su óptimo de madurez. Una vez madura la caña se inicia la inversión de la sacarosa a glucosa y fructuosa (azúcares reductores).

La madurez se puede determinar de dos formas. La primera fijando previamente la edad de corte y cuando llegue la fecha, se procede a la cosecha sin considerar ningún otro factor, el segundo método requiere el uso del refractómetro de campo y para su determinación se deben tomar muestras del sexto o séptimo entrenudo del tercio superior (B) y del tercio inferior (A) y; si:

$0,95 < B/A < 1,0$	caña madura
$B/A > 1,0$	caña sobremadura
$B/A < 0,95$	caña inmadura

Cañas inmaduras y sobremaduras dan rendimientos menores e influyen negativamente en la calidad de la panela.

3.2.4. Polisacáridos

Están constituidos principalmente por el almidón que se encuentra en el protoplasma de las hojas y en el extremo de los tallos de la caña. Su presencia disminuye la facilidad de clarificación de guarapos.

Determinación de los sólidos solubles

La determinación de los sólidos solubles se hace aprovechando dos propiedades físicas de la solución como son el Índice de refracción y la Densidad.

El índice de refracción mide la capacidad de desviación de un rayo de luz cuando pasa a través de la solución azucarada, varía con la temperatura la longitud de onda de la luz y con la cantidad de sólidos en suspensión.

La otra propiedad física es la densidad la cual varía con la concentración de sólidos solubles en la solución de jugo.

Los aparatos usados para la medida derivan su nombre de la propiedad medida: refráctometro, areómetro Brix y densímetro. La mayor parte de los refráctometros de laboratorio tienen las dos escalas: índice de refracción y grados Brix y miden desde 0 hasta 100^{EB} (Figura 3.2).

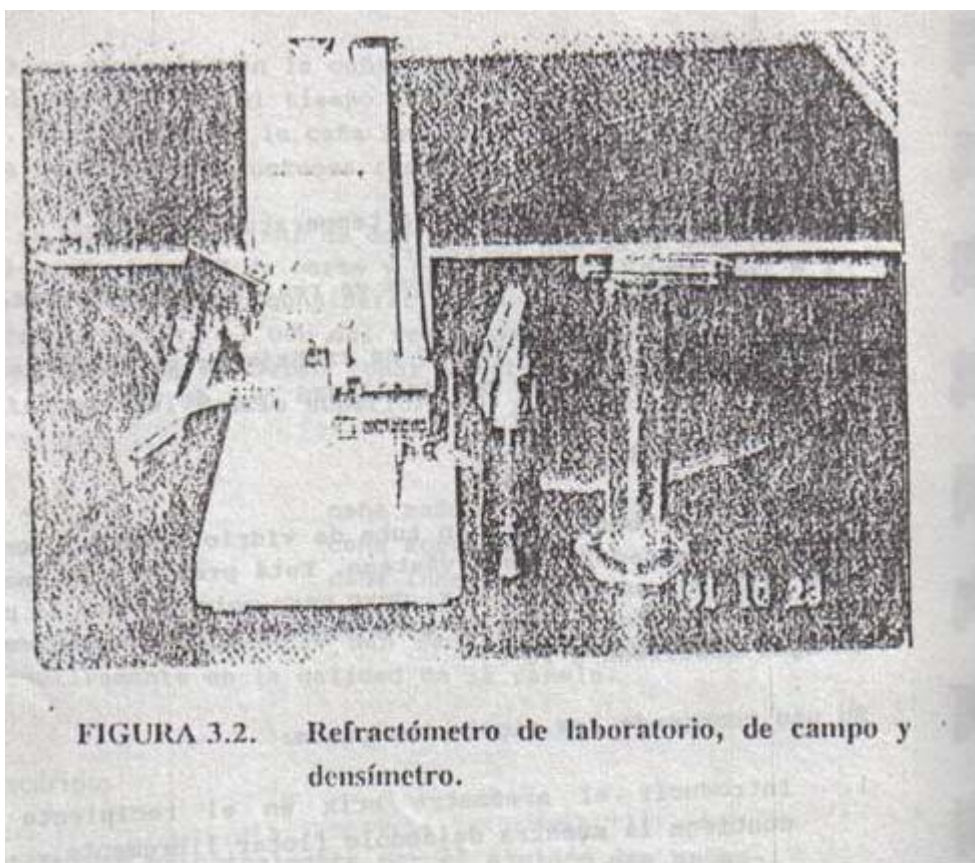
Los portátiles o de trabajo de campo, generalmente solo la del Brix. En el caso de los portátiles, aunque hay algunos con escala de 0 a 90^{EB}, en la mayor parte de los casos la escala se ha fraccionado y existen aparatos para medir concentraciones de 0 a 32^{EB}, de 28 a 62^{EB} y la última de 58 a 90^{EB} usada para medir sólidos solubles en mieles.

En el caso en que se disponga de solo del refráctometro de escala de 0 a 32^{EB}, para hacer lecturas de sólidos solubles superiores a dicha escala, se puede hacer mediante diluciones peso a peso de la solución a medir con agua, teniendo en cuenta el factor de dilución.

El areómetro Brix, tiene solo una escala graduada en grados

Brix, se consiguen escalas de 0 a 90^{EB} hasta otros que no cubren más de 6^{EB} con graduaciones en centésimas.

En cuanto a los densímetros, los hay con en escala en g/cc y con escala equivalente en grados Brix, la cual se divide en sectores similares a la de los refráctómetros. En el Anexo 1 se encuentra una tabla de equivalencia entre la densidad, los grados Brix y los grados Beaumé que es otra escala usada frecuentemente en la industria azucarera.



Uso del refractómetro de campo

Para usar el refractómetro se coloca una gota de jugo, miel o en general de la muestra que se vaya a hacer la determinación y se realiza su lectura. Los aparatos vienen de fábrica para mediciones a 20 ó 27°C, según la temperatura del lugar y si la lectura se hace bajo condiciones diferentes, se debe corregir de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$EBT = 1,001276*EB + 0,076468*T$$

Donde:

EBT= Grados Brix corregidos a temperatura de 20°C

EB = Grados Brix sin corregir.

T = Temp. del lugar en el que se realizo la lectura(°C).

La ecuación es válida cuando se trabaja en el rango de 20 a 27 °C, con un rango de confiabilidad (R₂) de 0,999

Uso del areómetro brix

Este aparato consiste en un tubo de vidrio cerrado, con una parte mas delgada llamada vástago. Está provisto de una escala graduada en grados Brix, cuyo cero coincide con la parte inferior del menisco cuando se encuentra flotando libremente en agua destilada a 20°C.

Su uso comprende los siguientes pasos:

1. Introducir el areómetro brix en el recipiente que contiene la muestra dejándolo flotar libremente.
2. Tomar la lectura, considerando el menisco inferior.
3. Realizar la corrección por temperatura.

3.2.5. Fibra

Este material en la caña está constituido principalmente por celulosa, pentosanas, lignina y cenizas. Su composición fue determinada experimentalmente por de Armas y González pertenecientes al Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (15) y aparece en la Tabla 3.3.

TABLA 3.3. Composición de la fibra de la caña.

C O M P O N E N T E S	%
Celulosa	45,00
Pentosanas	25,80
Lignina	22,30
Cenizas	3,50

Como composición elemental de la fibra se puede tomar carbón 47,0%, hidrógeno 6,5%, oxígeno 44,0% y cenizas 2,5%.

3.2.6. Otros compuestos

Entre estos se encuentran los ácidos orgánicos, No-Azúcares nitrogenados, Lípidos, material colorante, también conocido como No-Azúcares coloreados y minerales. El porcentaje de este tipo de compuestos es muy bajo, en general está por el orden del 1.0% del total (27).

3.2.6.1. Acidos Orgánicos

Los ácidos orgánicos identificados en el jugo de la caña son los siguientes: Acotínico, Málico, Oxálico, Cítrico, Succínico y Fumárico. De estos el Acotínico es el que se encuentra en mayor proporción al encontrarse acumulado aparentemente debido a su acción amortiguadora de pH con el propósito de regular la acidez de la savia.

3.2.6.2. No Azúcares Nitrogenados

Los más importantes son las proteínas que son sustancias complejas de alto peso molecular y los aminoácidos que son las unidades que constituyen la proteína.

En el jugo de caña se han identificado las siguientes proteínas: albúminas, nucleínas y peptonas. Los principales aminoácidos presentes en el jugo de la caña son: Acido Aspártico, Glutámico y Alanina.

El nitrógeno total presente en la caña varía entre 0,036 y 0,05%, encontrándose la mayor parte en las hojas y puntas del tallo (cogollo) de la caña.

3.2.6.3. Lípidos

Los Lípidos de la caña de azúcar corresponden a las grasas y ceras de la misma, son constituyentes indeseables en el jugo, siendo parcialmente eliminados en la clarificación. El contenido de lípidos totales de la caña en base seca es de 0,69% en las hojas, 0,38% en los tallos, 0,54% en las raíces y 2,01% en las semillas.

3.2.6.4. No Azúcares coloreados

No azúcares coloreados existentes originalmente en la caña.

Son los responsables del color del jugo y provienen de las sustancias de la caña que ya tenían color. Se clasifican en cuatro grupos:

- Clorofilas
- Xantofilas
- Carotenos
- Antocianinas

Los tres primeros son insolubles en soluciones azucaradas y pueden ser removidos durante la clarificación. Las Clorofilas son responsables del color verde y las Xantofilas y Carotenos de las coloraciones amarillas. Las Antocianinas son solubles en soluciones azucaradas y producen tonalidades azules, rojas o violetas dependiendo del pH del jugo.

No azúcares de la caña que pueden desarrollar color.

Son aquellos que por su reacción o combinación con otras sustancias forman material colorante. Se pueden clasificar en dos grupos: Polifenoles y amino-compuestos.

Los Polifenoles reaccionan con el hierro y el oxígeno para dar origen a compuestos de color oscuro, especialmente en soluciones alcalinas.

Los amino-compuestos reaccionan con los azúcares reductores presentes formando compuestos coloreados.

3.2.6.5. No azúcares inorgánicos

Se conocen comúnmente como minerales y su concentración en el jugo varía dependiendo del tipo de suelo, fertilización y variedad de caña. Los principales son:

- Sílice, SiO_2
- Potasio, K_2O
- Soda, Na_2O
- Cal, CaO
- Magnesio, MgO
- Hierro, Fe_2O_3
- Acido Fosfórico, P_2O_5
- Acido Sulfúrico, S_2O_3
- Cloro, Cl

3.3. Extracción

Es el paso de la caña a través del molino, obteniéndose un jugo o guarapo crudo como producto principal y bagazo húmedo (verde) usado como combustible para la hornilla.

La forma mas usual de expresarla es como extracción en peso (E_p) concepto que relaciona la cantidad de jugo recuperado en el molino (P_j) con respecto al peso de caña (P_c) y se expresa así:

$$E_p = P_j/P_c * 100$$

El porcentaje de extracción en peso depende de las condiciones de operación del molino y tiene efectos marcados sobre la calidad y cantidad de jugo que se obtiene. El

promedio nacional es del 51%, y para la Hoya del Río Suárez del 54%; sin embargo éstos valores son bajos, disminuyendo la rentabilidad del proceso.

El nivel de extracción en peso, combinado con el Brix de los jugos afecta directamente la cantidad de panela producida.

Para la misma extracción en peso la variación de un grado Brix del jugo puede originar cambios entre 4 y 7 Kg de panela por tonelada de caña. De la misma manera para jugos con igual Brix, la cantidad de jugo crudo cambia en 10 Kg por tonelada de caña por punto de extracción, lo cual origina una variación entre 1,8 y 2,4 Kg por cada punto que se cambie la extracción en peso.

En términos generales con una extracción en peso del 60 al 65% se obtienen buenos resultados en jugo y panela desde los puntos de vista cuantitativo y cualitativo. Porcentajes superiores puede afectar la calidad de los jugos debido al aumento de pectinas, gomas, ceras, grasas etc que dificultan el proceso de clarificación y genera coloraciones indeseables en los jugos.

3.3.1. Jugo sin clarificar

Es el obtenido directamente del molino. Físico-químicamente es un dispersoide compuesto por materiales en todos los tamaños, desde partículas gruesas hasta iones y coloides. El material grueso consiste principalmente en tierra, partículas de bagazo y cera, que se pueden separar con el uso de los sistemas de prelimpieza diseñados por CIMPA.

Los coloides en el jugo incluyen tanto los derivados del suelo como los de la caña y están constituidos principalmente por partículas de tierra, ceras, grasas, proteínas, vitaminas, gomas, pectinas, taninos y material colorante. Su porcentaje es pequeño y fluctúa entre 0.05 a 0.3% .

Las dispersiones iónicas y moleculares, corresponden básicamente a azúcares (sacarosa y reductores) y los constituyentes minerales (calcio, fósforo, potasio, sodio, magnesio, hierro, etc). Determinaciones analíticas realizadas por CIMPA en el jugo sin clarificar dan los promedios que aparecen en la Tabla 3.4.

TABLA 3.4. Composición fisico-química del jugo de una mezcla de variedades de cañas sin clarificar.

PARAMETROS	VALOR	Desv. std(%)
Sólidos Solubles, EB	21,65	114
Sacarosa, Pol	18,36	170
Azúcares Reductores, %	2,06	115
pH	5,36	19
Fosfatos P ₂ O ₅ , p.p.m.	459,00	
Indice de Atenuación, U.I.(42 m)	18855,00	
Turbiedad (Abs a 720 nm)	2,60	

Los valores de sólidos solubles, pol, azúcares reductores y pH presentados en la Tabla anterior, corresponden al promedio de 280 muestras de jugo sin clarificar. La desviación estándar del pH de los jugos evaluados indica

bajas diferencias en los resultados, no siendo este el caso de los sólidos solubles, sacarosa y azúcares reductores en donde existe gran variación entre las muestras analizadas.

Los sólidos solubles (S.S.) que corresponden a los azúcares totales (sacarosa, azúcares reductores y otros carbohidratos) fluctúan entre 15 y 24 \bar{E} Brix. Resultados inferiores a 17 \bar{E} B afectan notablemente el rendimiento de caña a panela y la eficiencia de la hornilla.

El porcentaje de sacarosa (Pol) y azúcares reductores influyen directamente en la calidad de la panela. Es importante que el porcentaje de azúcares reductores presentes en el jugo sea el más bajo posible, pues cuando se tienen porcentajes superiores al 1%, se incrementa el nivel de inversión de la sacarosa pues este depende tanto de la temperatura, tiempo y pH como de la cantidad inicial de azúcares reductores.

Un factor que da una idea de la calidad de jugo a procesar es la pureza que se define como la relación entre el porcentaje Pol y el porcentaje de sólidos solubles. Si su valor es cercano a uno, el contenido de azúcares reductores del jugo es bajo y casi todos los sólidos solubles son sacarosa..

El promedio de pH es típico de las zonas paneleras, siendo necesario aumentar su valor para disminuir la inversión de la sacarosa.

Los fosfatos, que se expresan en partes por millón (p.p.m.) de P₂O₅, son buenos si se tiene en cuenta que el mínimo para producir panela de buena calidad es 250 p.p.m.

El Índice de Atenuación parámetro que se determina para establecer el color de los jugos, así como la turbiedad que indica el contenido de impurezas de los mismos, son altos como es de esperarse y disminuyen en la medida que los jugos son sometidos a procesos de limpieza.

3.3.2. Bagazo

Es el remanente de los tallos de la caña de azúcar después de extraerse el jugo azucarado que ésta contiene. El uso tradicional y más difundido de este material es la generación de calor mediante su combustión en las hornillas paneleras.

Cuando sale del molino recibe el nombre de Bagazo Verde y su humedad promedio es del 55%. Su composición fisicoquímica para una extracción del 50% aparece en la siguiente Tabla 3.5. determinada por Pérez y Ramírez (44).

La parte designada como fibra está compuesta de la fracción sólida orgánica insoluble en agua, presente originalmente en el tallo de la caña de azúcar y que se caracteriza por su marcada heterogeneidad desde el punto de vista químico-morfológico. Esta fracción es la aportante de los elementos estructurales que hacen del bagazo una materia prima adecuada para la fabricación de celulosa, papel, tableros, furfural, alimentación animal, abonos orgánicos etc.

TABLA 3.5. Composición fisico-química del bagazo para una extracción en peso del 50%.

COMPONENTES	%
Sacarosa	6.77
Azúcares Reductores	1.38
Proteína	0.64
Fibra	31.85
Grasa	0.53
Cenizas	0.68

- 3.3.2.1. Secado Natural del bagazo

En la mayoría de los trapiches para que el bagazo se pueda usar como combustible, se requiere que sea sometido a un proceso de secado el cual generalmente se realiza en forma natural almacenándolo en cobertizos llamados bagaceras (38).

El tiempo requerido para que el bagazo esté en condiciones óptimas de humedad (menos del 30%) para su uso en hornillas tradicionales, varía entre 20 y 40 días y depende de algunos factores como son: altura del arrume, condiciones climáticas del sitio, humedad con la que sale el bagazo del molino y características de construcción de la bagacera.

Las bagaceras se deben diseñar de tal forma que aprovechen al máximo la energía solar, como también las corrientes de aire para facilitar la ventilación y así lograr un secado más ágil y homogéneo. Es importante anotar que la humedad del bagazo suministrado a la hornilla es un factor muy importante en la eficiencia de la misma.

Se recomienda que el techo de las bagaceras sea transparente, usando vidrio estructural o plástico de invernaderos. Además se deben dejar espacios entre los arrumes para aumentar el área de contacto del bagazo con el aire para ayudar al desprendimiento y remoción de la humedad.

Las bagaceras se deben ubicar en forma tal que se facilite el transporte del bagazo desde el molino a la bagacera y de ésta a la hornilla, para bajar los costos de producción y disminuir el esfuerzo físico de los obreros.

En las hornillas diseñadas por CIMPA se puede quemar bagazo con contenidos de humedad entre el 40 y 48% de humedad. En

estos casos el área de las bagaceras se disminuye significativamente pues se puede mezclar bagazo seco con el recién salido del molino, con lo cual la cantidad a almacenar es mucho menor. Así mismo, cuando el nivel de extracción en peso es superior al 65% y por tanto la humedad del bagazo cercana al 48%, cuando sale del molino, este material se puede usar directamente en la hornilla.

Con lo mencionado anteriormente no solo se bajan los costos de producción, sino que se puede aumentar el número de moliendas al año, pues se elimina el cuello de botella que originaba el secado del bagazo.

4. PRELIMPIEZA DE LOS JUGOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Es la eliminación por medios físicos de las impurezas con las que sale el jugo de caña del molino. Algunos trapiches tienen como sistema de prelimpieza el tradicional pozuelo, que es un tanque de tamaño variable ubicado a la salida del molino.

Estos pozuelos, que eliminan muy pocas impurezas, favorecen la degradación microbiana causando pérdidas de sacarosa por inversión, las cuales traen como consecuencia disminución de la calidad y el rendimiento de la panela.

Por esta razón CIMPA, diseñó unos implementos denominados Prelimpiadores, cuya función es retener las impurezas dispersas en el jugo constituidas principalmente por restos de bagazo, bagacillo, caña, tierra, material flotante, lodos y agentes precursores de calor. Manejados adecuadamente no presentan los problemas de degradación propios de la utilización del pozuelo.

El proceso de elaboración de la panela no se altera y la prelimpieza se efectúa a temperatura ambiente y en forma continua.

4.1. Principios de diseño y funcionamiento.

El funcionamiento de los prelimpiadores se basa en la separación del material extraño del jugo, por la diferencia de la densidad existente entre las impurezas y el mismo.

Al separarlas en frío y antes de iniciar el proceso, se evita que las sustancias precursoras de color, por efecto

del calor, se liberen en el jugo logrando su acción negativa sobre la presentación de la panela.

En las Figuras 4.1. y 4.2. se observan los planos correspondientes a los prelimpiadores modelos 1 y 2. El prelimpiador 1 tiene como función recibir el jugo del molino y remover las impurezas de mayor tamaño y diferencia de densidad, respecto al jugo, que son las que se separan más rápidamente. Por ese motivo su altura, útil y total, es mayor que la del prelimpiador 2. Así mismo su longitud es menor para evitar la degradación del jugo por tiempos de residencia prolongados, originados en los depósitos muy grandes.

El prelimpiador 2 remueve las impurezas con densidad más cercana a la del jugo, que son más difíciles de separar, tales como lodos y partículas pequeñas. Su menor altura se compensa con una mayor longitud, para lograr una mayor permanencia del jugo en el implemento sin aumentar su volumen.

Los prelimpiadores actúan así: el jugo llega del molino al prelimpiador 1 y las impurezas gruesas y pesadas se separan rápidamente del jugo, el cual pasa por debajo de una tabla retenedora de impurezas flotantes para dirigirse al prelimpiador 2. Este tiene tablas o láminas retenedoras para las impurezas flotantes y para las pesadas que van por el fondo arrastradas por el jugo.

En el prelimpiador 1 la diferencia entre la altura del nivel del jugo y la altura total debe ser mayor a 15 cm para evitar su saturación rápida y el desborde de las impurezas.

4.2. Ubicación

El mejor sitio para instalar los prelimpiadores es a la

salida del jugo del molino, reemplazando el pozuelo tradicional y conduciendo los jugos a la paila recibidora de la hornilla, como se acostumbra en la Hoya del Río Suárez o al tanque de almacenamiento como sucede en otras regiones del país (Figura 4.3).

4.3. Construcción

Los prelimpiadores se pueden construir en ladrillo, lámina de hierro (cold rolled y galvanizada) lámina de acero, madera y fibra de vidrio entre otros materiales.

En los de ladrillo éste se pega en estampa o espaldera y se pañetan o frisan en cemento. Las paredes internas se deben pulir para evitar filtración de jugos y acumulación de residuos. El enchape interno, se puede hacer preferiblemente con azulejos o baldosín que dan mejor presentación e higiene al facilitar la limpieza y garantizan mayor duración al prelimpiador.

Los de lámina Cold Rolled se deben recubrir con una pintura anticorrosiva.

Las dimensiones varían de acuerdo con la capacidad del molino pudiéndose establecer cuatro tamaños:

1. Tracción animal y capacidad de molienda inferior a media tonelada de caña por hora se utiliza solo el prelimpiador 1 con las siguientes dimensiones:

Largo: 0,80 m

Alto : 0,35 m

Ancho: 0,15 m

2. En trapiches con molinos con capacidad entre 0,50 y 1,0 toneladas de caña por hora, cuando la caña viene limpia se utiliza el prelimpiador 1 con las siguientes dimen-

siones:

Largo: 1,00 m
Alto : 0,50 m
Ancho: 0,30 m

En el caso de cañas con alto contenido de impurezas se debe utilizar también el prelimpiador número 2 con las dimensiones que se indican en el numeral 3 para este prelimpiador.

3. En trapiches con capacidad de molienda entre 1,0 y 2,0 t/h se requiere el prelimpiador 1 de las dimensiones del numeral anterior y el prelimpiador 2 con las siguientes:

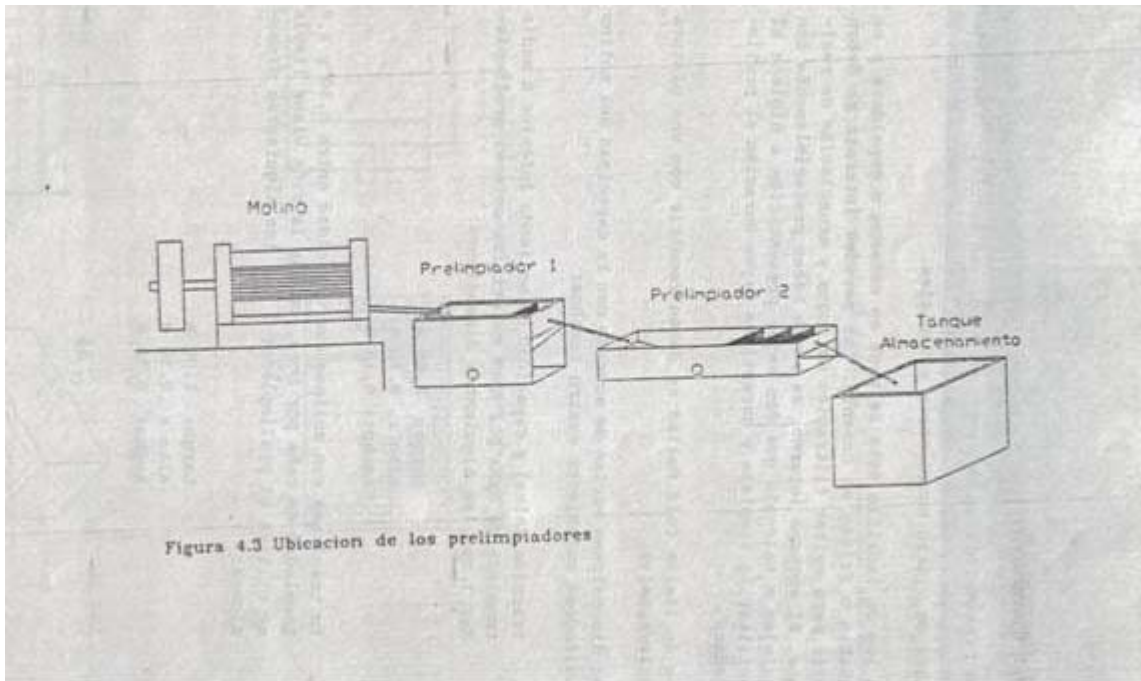
Largo: 1,75 m
Alto : 0,30 m
Ancho: 0,30 m

4. En trapiches con capacidad superior a las 2,0 toneladas de caña por hora se debe aumentar el ancho del prelimpiador 1 en 10 cm por cada 500 Kg de caña adicionales o colocar un tercer prelimpiador de las mismas dimensiones del segundo.

4.4. Limpieza y mantenimiento

Durante la molienda las impurezas que flotan se deben retirar varias veces al día y este material puede pasarse nuevamente por el molino, con el fin de recuperar parte del jugo retenido. Cada vez que se haga esta operación se pueden añadir dos cucharadas de cal, para disminuir los riesgos de fermentación de los jugos.

Cada 12 horas máximo se deben retirar los tapones para lavar los prelimpiadores. Primero se retira el tapón del jugo



residual y el jugo se recibe en un balde limpio y se deposita en la paila recibidora.

Posteriormente, se retiran los tapones de limpieza. Se lavan totalmente los prelimpiadores con abundante agua limpia para que salga el lodo, arena y residuos de la molienda. Luego se deben rociar las paredes internas con una lechada de cal para evitar su deterioro por la fermentación de los residuos.

Las anteriores recomendaciones deben complementarse con las siguientes instrucciones:

-Las tablas retenedoras de impurezas no deben moverse de su

sitio.

- Se debe cubrir la parte superior de los prelimpiadores para evitar la caída del bagazo y residuos del molino.
- Durante su uso, los orificios de limpieza deben estar bien cerrados.

Cuando los prelimpiadores se construyen de acuerdo a los planos elaborados por CIMPA, se hacen los ajustes necesarios y se cumplen las observaciones sobre su mantenimiento, se retira del jugo cerca del 92% de las impurezas presentes.

4.5. Ventajas de la construcción de los prelimpiadores

La construcción de los prelimpiadores y su uso en la limpieza del jugo de la caña tiene las siguientes ventajas:

- Retira gran cantidad de impurezas
- Facilita la clarificación
- Reduce la cantidad de clarificante vegetal usada.
- Los jugos prelimpiados y clarificados quedan transparentes y brillantes.
- Evita la formación de costras e incrustaciones en las pailas.
- Reduce o elimina la utilización de blanqueadores como clarol: sin el uso de los prelimpiadores, en la Hoya del Río Suárez, se utiliza 1 kg de clarol para producir 10 cargas de panela; con su uso, se reduce a 0,43 kg de clarol para la misma producción.
- Se disminuyen los costos de producción y se incrementa la rentabilidad.
- El costo de construcción es bajo comparativamente con los beneficios obtenidos.
- Se produce panela natural de alto valor nutricional, carente de aditivos.

5. CLARIFICACION EVAPORACION Y CONCENTRACION DE LOS JUGOS DE CAÑA

5.1. Hornilla panelera

Las etapas de clarificación, evaporación y concentración se llevan a cabo en la hornilla u horno, donde se suministra el calor necesario para evaporar más del 90% del agua presente en el jugo y así obtener el producto conocido como panela.

5.1.1. Partes de la hornilla panelera

La hornilla panelera consta de la cámara de combustión (muy rudimentaria en hornillas tradicionales), ducto de humos, chimenea y área de transferencia de calor (Figura 5.1). A continuación se describe en forma breve cada una de ellas (38).

En la cámara de combustión se lleva a cabo el proceso de ignición entre el bagazo y el aire. Está conformada por el cenicero, la puerta de alimentación y la parrilla.

El ducto de humos es también llamado conducto o camino de gases. Su función es llevar los gases de combustión a la chimenea transfiriendo parte del calor a los jugos a través de las pailas.

La chimenea es la parte empalmada con el ducto de humos. Tiene forma trapezoidal y sus dimensiones varían de acuerdo al tamaño de la hornilla. Su función es crear el tiro necesario para la combustión del bagazo y el transporte de los gases a través del ducto.

El área de transferencia de calor esta formada por las pailas que son vasijas o recipientes metálicos generalmente llamados fondos donde se depositan los jugos. Allí se lleva a cabo la transferencia de calor necesaria para la evaporación del agua en el proceso de elaboración de la panela.

El área de transferencia de calor se ha dividido de acuerdo a las etapas de elaboración de panela en las siguientes secciones:

Clarificación

Comprende las pailas recibidora y clarificadora. En ellas se reciben los jugos y se lleva a cabo la limpieza de los mismos.

Evaporación

Comprende las pailas 1, 2, y 4 de la Figura 5.1. En esta área se obtiene el punto de mieles.

Concentración

Se realiza en la paila 3 de la Figura 5.1. y en ella se obtiene el punto de panela.

5.1.2. Manejo de jugos

Existen tres formas de flujo de jugos a través de la hornilla: paralelo, contracorriente y mixto.

En el flujo paralelo los gases circulan en la misma

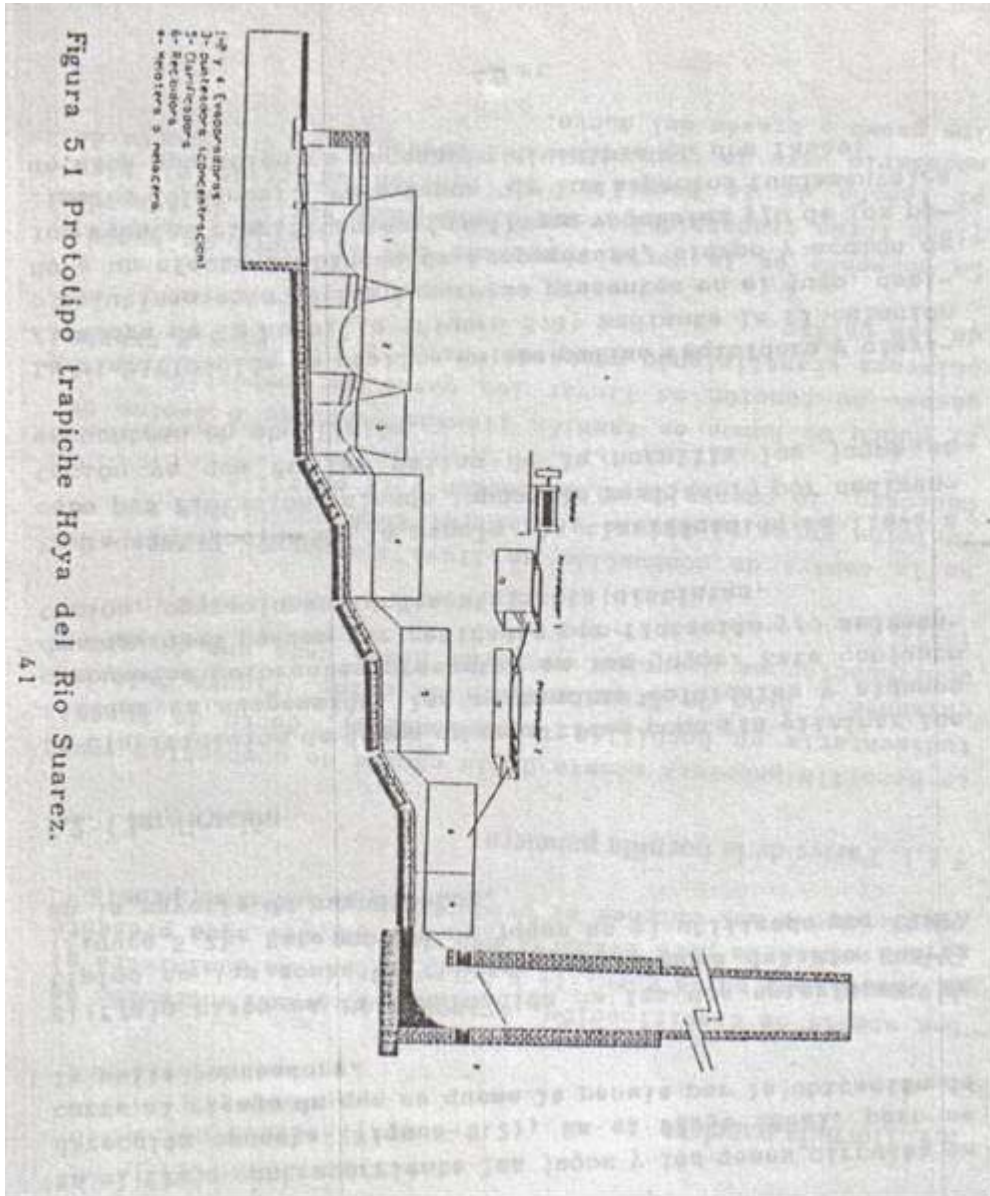


Figura 5.1 Prototipo trapiche Hoya del Rio Suarez.

41

dirección que lo hacen los jugos (Figura 5.2). Es característico de las regiones de Antioquía el Viejo Caldas y Nariño.

Tiene como inconveniente que la clarificación se realiza en una forma muy rápida, obteniéndose jugos opacos y turbios. Además de lo anterior en la sección de evaporación y concentración donde se requieren temperaturas altas, estas son relativamente bajas.

En el flujo contracorriente los jugos y los gases circulan en dirección opuesta (Figura 5.2). Es el flujo ideal, pero se corre el riesgo de que se quemé la panela por la ubicación de la paila punteadora.

El flujo mixto es la combinación de los dos anteriores. Es típico en las zonas de Cundinamarca y Hoya del Río Suárez (Figura 5.2). Este manejo de jugos es el utilizado por CIMPA en la mayoría de sus diseños.

5.2. Clarificación

La clarificación de jugos de caña tiene como fin eliminar los sólidos en suspensión, las sustancias coloidales y algunos compuestos colorantes presentes en los jugos. Este conjunto de impurezas pueden ser retiradas por flotación y/o sedimentación, operaciones fundamentalmente distintas.

En la elaboración de la panela, la clarificación se lleva a cabo por flotación, siendo imposible realizarlo por sedimentación ya que en las pailas de la hornilla los jugos se encuentran en ebullición.

La clarificación se realiza en las pailas recibidora y clarificadora de la hornilla (Figura 5.1) mediante la floculación o aglutinamiento de las impurezas presentes en el jugo, debido a un efecto combinado de temperatura, tiempo y acción de los agentes clarificantes (mucílagos vegetales y/o de los polímeros químicos). Para describir los aspectos fundamentales de ésta operación es necesario dividirla en dos fases:

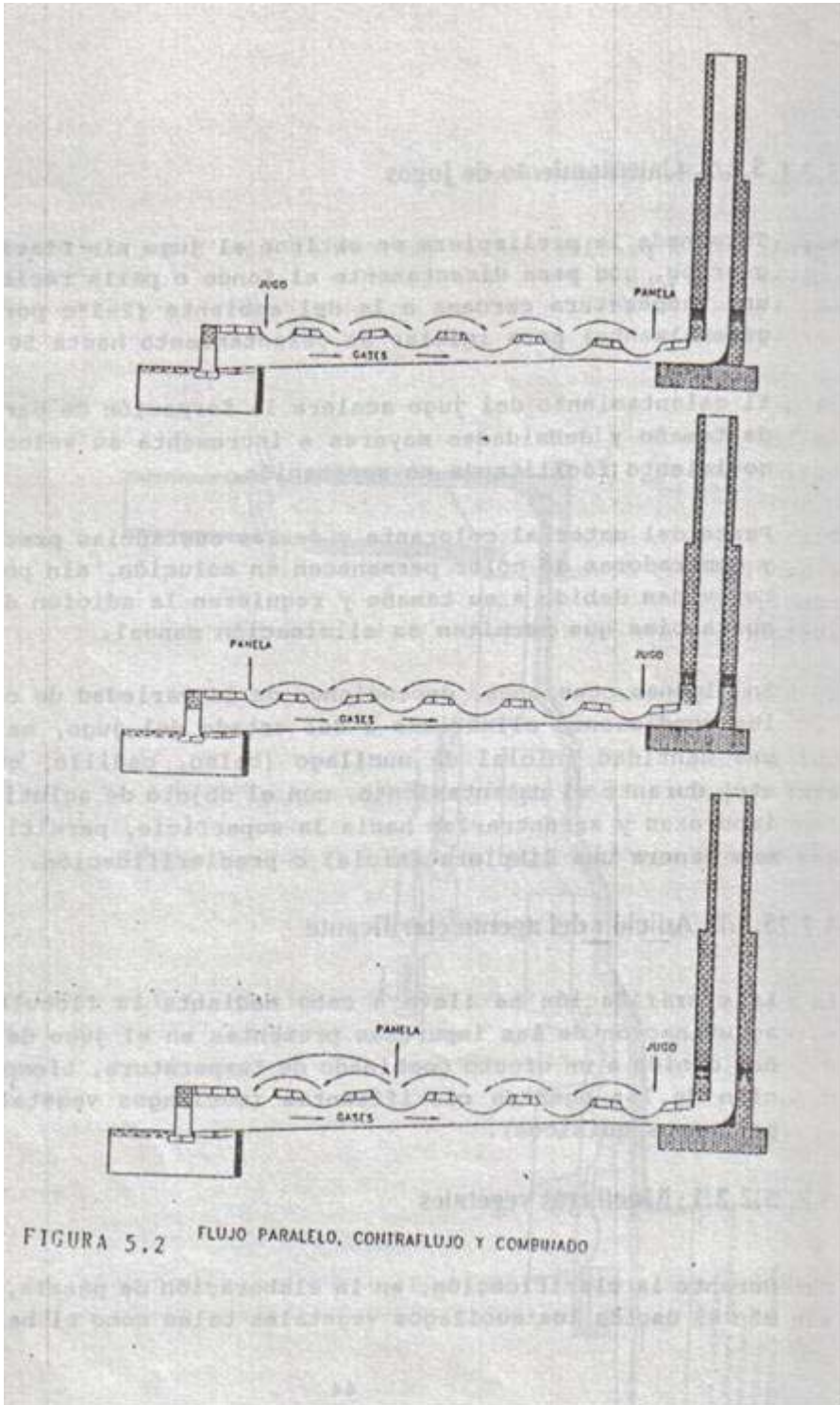


FIGURA 5.2 FLUJO PARALELO, CONTRAFLUJO Y COMBINADO

5.2.1. Calentamiento de jugos

Terminada la prelimpieza se obtiene el jugo sin clarificar o guarapo, que pasa directamente al fondo o paila recibidora a una temperatura cercana a la del ambiente (2-3Ec por encima generalmente) para iniciar su calentamiento hasta 50-55Ec.

El calentamiento del jugo acelera la formación de partículas de tamaño y densidades mayores e incrementa su velocidad de movimiento facilitando su separación.

Parte del material colorante y de las sustancias precursoras y generadoras de color permanecen en solución, sin poder ser removidas debido a su tamaño y requieren la adición de otras sustancias que permitan su eliminación manual.

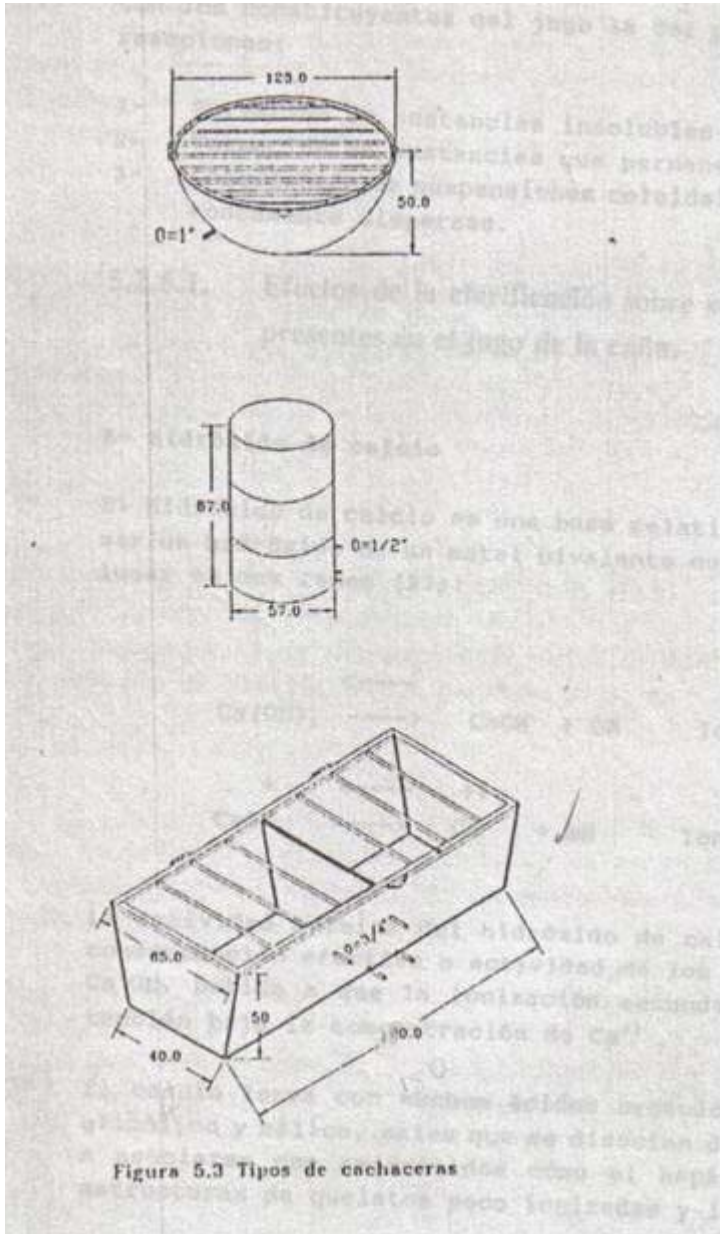
En algunas ocasiones, dependiendo de la variedad de caña, de las condiciones climáticas o del estado del jugo, se agrega una cantidad inicial de mucílago (balso, cadillo, guásimo, etc) durante el calentamiento, con el objeto de aglutinar las impurezas y arrastrarlas hacia la superficie, permitiendo de esa manera una limpieza inicial o preclarificación.

5.2.2. Adición del agente clarificante

La clarificación se lleva a cabo mediante la floculación o aglutinación de las impurezas presentes en el jugo de la caña, debido a un efecto combinado de temperatura, tiempo y acción de los agentes clarificantes (mucílagos vegetales y/o polímeros químicos).

5.2.2.1 Mucílagos vegetales

Durante la clarificación, en la elaboración de panela, es



común el uso de los mucílagos vegetales tales como el balso, el cadillo o el guásimo ya que estos tienen un gran poder floculante y permiten el aglutinamiento de las impurezas facilitando y mejorando el proceso de limpieza de los jugos.

En el país los mucílagos más empleados son los obtenidos de

la maceración del balso, el cadillo y el guásimo. Su uso depende de la disponibilidad y costumbres de la zona. A continuación se darán sus características botánicas (34):

Balso: Es un árbol muy común en los climas templados del país. Esta planta es del orden de las Malvales, de la familia *Sterculiaceae*, sus nombres científicos son *Ochróma lagópus sw*, *Ochróma obtúsa Rowles* y *Tomentosa*.

Se le conoce vulgarmente con varios nombres, siendo algunos de ellos tocuno, ceiba de lana, lano, palo de balsa. Los balsos se conocen por ser troncos lisos, tener ramificaciones en sombrillas, hojas grandes, lobadas, palminervias, secas en color ladrillo.

Cadillo: Se encuentran con este nombre dos plantas diferentes que están clasificadas en latín como *Medicágo Sativa L*, conocida vulgarmente como cadillo de hierba o alfalfa, con frutos muy espinosos y tiene la mayor parte mucilaginoso en el fruto. La segunda planta es de la familia de las Tiliáceas con nombre científico *Triumfétta láppula L*. es conocida vulgarmente como pega-pega, la mayor concentración de mucílago se encuentra en el tallo y es la más utilizada en la industria panelera.

Guásimo: Con nombre científico *Guázuma Ulmifolia Lamark*, es el árbol más frecuente en las llanuras cálidas colombianas. Puesta su corteza en agua, el mucílago en ella encerrado, se desprende en coágulos cristalinos.

Se emplea principalmente en Cundinamarca y en las regiones paneleras que se encuentran por debajo de los 1.200 metros sobre el nivel del mar.

5.2.2.1.1. Características de los mucílagos

El balso, el cadillo y el guásimo tienen la propiedad, ya sea en el tallo, la raíz, las hojas o el fruto de desprender una sustancia babosa al contacto con el agua, cambiando su color y su viscosidad, denominada mucílago.

Los mucílagos se suelen confundir con las gomas y pectinas, diferenciándose de estas solo en las propiedades físicas. Mientras que las gomas se hinchan en el agua para dar dispersiones coloidales gruesas y las pectinas se gelifican; los mucílagos producen coloides muy poco viscosos, que presentan actividad óptica y pueden ser hidrolizados y fermentados.

El mucílago es un producto orgánico de origen vegetal, de peso molecular elevado, superior a 200.000 g/gmol, cuya estructura molecular completa es desconocida. Están conformados por polisacáridos celulósicos que contienen el mismo número de azúcares que las gomas y pectinas.

Se forma en el interior de las plantas durante su crecimiento segregado por pelos, bolsas y conductos. Se encuentra asociado en ocasiones con otras sustancias como los taninos. Se cree que almacena agua, facilita la dispersión y germinación de las semillas, espesa las membranas y sirve de reserva alimenticia.

En la Tablas 5.1. y 5.2. se observan la composición química y física de los mucílagos mas empleados en la industria panelera.

TABLA 5.1. Composición química de los mucílagos usados en elaboración de la panela.

-

CADILLO

- pH 6.8
- Presencia de saponinas (-)
- Presencia de alcaloides (-)
- Presencia de taninos y fenoles (+)
- Presencia de esteroides y triterpenos (+)
- Presencia de compuestos nitrogenados (-)
- Presencia de fructosanos (-)
- Presencia de lactonas (-)
- Presencia de almidones (-)

GUASIMO

- pH 6.5
- Presencia de lactonas (+)
- Presencia de fructosanos (+)

BALSO

- pH 5.9
- Presencia de saponinas (-)
- Presencia de taninos (+)
- Presencia de compuestos nitrogenados (+)
- Presencia de triterpenos (+)
- Presencia de almidones (+)
- Presencia de lactonas (+)
- Presencia de alcaloides (-)
- Presencia de fructosanos (-)
- Presencia de almidones 166 p.p.m.

FUENTE: Información del CIMPA.

TABLA 5.2. Composición física de balso y cadillo.

	BALSO	CADILLO
-Viscosidad	Ligeramente superior a la del agua.	Igual a la agua.
Densidad g/c.c	1.0023 g/c.c prom.	1.0007
Estabilidad	Se fermenta de un día para otro a temperatura amb.	Igual al balso.
Color	Amarillo claro	Verde
Sólidos insolubles	Alto contenido	Bajo contenido

-
Datos obtenidos experimentalmente.

5.2.2.1.2. Extracción y forma de aplicación de los mucílagos

La corteza de las plantas proveedoras del mucílago, una vez son retiradas del árbol, se maceran o machacan con un mazo con el fin de aumentar la extracción del mucílago. Una vez preparada la corteza se deposita en un recipiente con agua y se deja hasta que se forme una baba gelatinosa, como en la Hoya del Río Suárez o; se hace un manojo que desprende el mucílago directamente en el jugo en la paila clarificadora, como se realiza en la mayor parte de las otras regiones.

La cantidad de solución mucilaginoso a emplear depende de la concentración de la misma, de la variedad de caña que se

esté moliendo, de la calidad de los jugos y de las condiciones climáticas de la zona. Esta solución se emplea cuando los jugos han alcanzado una temperatura superior a 50°C, agregando 3/4 partes de la cantidad de solución necesaria. En la Hoya del Río Suárez se utilizan entre 15 y 30 litros de solución por cada 500 litros de jugo.

Cuando los jugos alcanzan una temperatura entre 75 y 82°C las impurezas que flotan, denominadas cachaza negra, se retiran manualmente y se depositan en unos recipientes llamados cachaceras. Retirada la cachaza negra se agrega el mucílago restante y antes de que los jugos alcancen la ebullición se remueve la segunda capa de impurezas o cachaza blanca la cual es más liviana que la anterior. De la adecuada realización del proceso anterior depende en gran parte la calidad de panela a obtener.

La adecuada preparación del mucílago es fundamental ya que si se tiene una solución poco concentrada se estará adicionando gran cantidad de agua a los jugos, aumentando el consumo de bagazo en la hornilla. En algunos trapiches en la preparación del mucílago se sustituye el agua por jugo clarificado siendo ésta una práctica aconsejable.

Es importante anotar que un exceso de mucílago es perjudicial, pues en el batido la panela presentará problemas con el grano al tener una consistencia blanda y babosa.

La corteza de las plantas se debe cambiar cuando al contacto con el agua o con el jugo no produzca una buena cantidad de baba. Es importante anotar que una vez agregado el mucílago y realizada la homogeneización del mismo en el jugo se debe dejar en completo reposo con el fin de evitar que la capa de

cachaza que se está formando se rompa.

El sistema de agregar el balso directamente al jugo ofrece menor homogeneidad de la clarificación pero disminuye el consumo de bagazo en la hornilla. Sin embargo, en épocas de verano fuerte es necesario agregar agua al jugo sin clarificar para que suelte la cachaza totalmente.

Existen algunas formas diferentes de adición de los clarificantes vegetales, de acuerdo con costumbres regionales. Una de ellas es la del Valle del Cauca, donde para remover la cachaza negra se usa guásimo y para la cachaza blanca se emplea cadillo.

Además existen otras plantas o productos vegetales de uso no tan generalizado como la "escoba babosa", el "Juan Blanco", la corteza del fruto del cacao.

5.2.2.2. Polímeros químicos

Existe la alternativa de reemplazar los mucílagos vegetales por compuestos químicos que realizan la misma función, diferenciándose en que no aportan nitrógeno, fósforo agentes colorantes y otros compuestos (Tablas 5.1 y 5.2).

Para comprender la función de los polímeros químicos es necesario conocer la teoría de la coagulación y floculación (11,20).

Coagulación y Floculación: Se llama coagulación-floculación al proceso por el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas, con peso específico superior al de la solución, llamadas floc.

Coagulación: Consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre la sustancia adicionada y la solución que dan como resultado la remoción o desestabilización de las fuerzas que mantienen unidas las partículas. Este proceso comienza en el mismo instante en el que se adicionan los coagulantes a la solución y demora solo fracciones de segundos.

Floculación: Una vez desestabilizadas las partículas coloidales se trasladan dentro del líquido, hacen contacto unas con otras y forman coágulos de mayor tamaño. Este proceso se conoce como floculación y puede ser de dos tipos: Ortocinética y Pericinéctica.

El primero se debe a la energía comunicada al líquido por fuerzas externas (rotores y aspas por ejemplo). La floculación pericinéctica es promovida internamente en el líquido por el movimiento de agitación que las partículas tienen dentro de él (movimiento browniano) y por la gravedad o peso de las partículas al caer.

Coagulantes

Existen dos grupos de coagulantes: los polielectrolitos o ayudantes de coagulación y los coagulantes metálicos.

Polielectrolitos: Son polímeros de alto peso molecular, conformados por uno o varios tipos de monómeros unidos en cadenas lineales o ramificadas.

Las cadenas poliméricas ya se encuentran formadas cuando se agregan a la solución; poseen un gran número de sitios activos por cadena y en todos los casos forman

macromoléculas de tamaño coloidal.

Se clasifican de acuerdo con su carga, según la polaridad de los grupos ionizables, en aniónicos y catiónicos. Aunque también existe la posibilidad de que sean no iónicos o neutros, cuando no poseen grupos ionizables.

Coagulantes metálicos: Los coagulantes metálicos se pueden clasificar en tres grupos: sales de aluminio, sales de hierro y compuestos varios.

Entre las primeras se encuentran, el sulfato de aluminio amoniacal y el aluminato de sodio. El cloruro férrico, el sulfato férrico y el sulfato ferroso hacen parte de las sales de hierro.

Entre los compuestos los más importantes son la cal, el carbonato de sodio, el carbonato de magnesio, aunque también se usa el ácido fosfórico, el fosfato monocálcico, la bentonita, la bauxita calcinada, el óxido de magnesio, el bióxido de azufre y el bióxido de carbono entre otros.

En la industria panelera la cal ocupa un lugar tan importante que merece un numeral aparte.

5.2.2.2.1. Dosis y forma de aplicación

De los polímeros se han evaluado las poliacrilamidas aniónicas catiónicas y no iónicas. De estas solo las primeras, especialmente el Mafloc 975, presentaron resultados comparables a los del balsa en la clarificación.

Los poliacrilamidas aniónicas presentan gran flexibilidad en cuanto a sus condiciones de operación. Se obtienen

resultados de turbiedad en jugos similares con dosis entre 2 y 10 p.p.m. de polímero a jugo, grado de dilución del polímero entre 37 y 2500 cc/g; y pH de clarificación entre 5,4 y 6,4.

El Mafloc 975 se debe disolver en agua o jugo clarificado a una temperatura entre 30 y 40°C para asegurar la dispersión del polímero y la formación de la baba gelatinosa. Se puede preparar en soluciones hasta de 2.000 p.p.m. agregando al jugo el equivalente a la dosis recomendada (2 a 10 p.p.m.).

5.2.3. Factores determinantes para una buena clarificación

Se ha comprobado experimentalmente que hay factores determinantes para lograr una buena clarificación tales como:

Concentración de fósforo: Es necesario que los jugos contengan una cantidad de fósforo no inferior a 250 miligramos por cada litro de jugo (p.p.m), para poder garantizar la eliminación de los compuestos polifenólicos de hierro presentes en el jugo y causantes de las coloraciones oscuras.

Concentración de hierro: Altas concentraciones en los jugos producen panelas de coloraciones muy oscuras. Estas concentraciones dependen básicamente del tipo de suelos y variedad de caña pero son susceptibles de neutralizar y corregir.

Gradiente de temperatura con respecto al tiempo: La clarificación se inicia cuando los jugos llegan a la paila recibidora a la temperatura ambiente y termina cuando se alcanza la ebullición (95°C en la Hoya del Río Suárez). Es recomendable que la temperatura se eleve entre 1 y 1,5°C por

minuto a fin de que el efecto combinado de temperatura, tiempo de clarificación y el floculante usado, permitan la aglutinación de las impurezas.

Grado de acidez del jugo: El valor de pH es uno de los factores más importantes de controlar en el proceso, pues cuando a los jugos les falta cal producen panela "Falta de Grano" (blanda y melcochuda) y en el caso contrario (pH superior a 6,5) oscurece el producto.

La adición de cal disminuye el proceso de inversión o formación de azúcares reductores, es decir, la transformación de una molécula de sacarosa que es un disacárido en 2 azúcares simples: glucosa y fructuosa. El porcentaje máximo de azúcares reductores para obtener una panela de buena calidad, desde el punto de vista de la dureza, no debe exceder el 8 a 10%.

En la práctica es deseable que la formación de la capa sobrenadante de impurezas sea lo más completa posible para obtener una cachaza densa y un jugo claro, brillante y transparente.

Aquí finaliza el proceso de clarificación y de su eficiencia depende en gran parte el color y calidad final de la panela.

5.2.4. Cachaceras

La cachaza producida es retirada manualmente y almacenada en un tanque, cachacera o filtro donde se le da un tiempo de residencia o reposo (aproximadamente de una hora), con el fin de permitir la formación de tres capas perfectamente separadas, una superior de cachaza, una media de jugo

clarificado y una inferior de espesor muy pequeño formada por lodos precipitados en la cachacera.

El jugo separado se retira a través de un orificio que se debe colocar a unos cinco centímetros del fondo de la cachacera y se deposita en la mayoría de los trapiches en la paila recibidora.

La cachaza en promedio corresponde a un 2,5% al peso de la caña molida y se utiliza en forma fresca como alimento para los animales. En algunos trapiches se lleva a una paila denominada melotera (Figura 5.1) con el fin de concentrarla hasta 40 o 50E Brix, punto de melote, es decir cachaza concentrada que debido a su menor humedad permite un tiempo prolongado de almacenamiento.

El melote, al igual que la cachaza, gracias a su contenido en azúcares, compuestos nitrogenados y elementos minerales, tiene un alto valor nutricional y de allí su importancia en la dieta de bovinos y equinos.

En la Tabla 5.3 se muestra la composición fisico-química de las cachazas y melotes de la Hoya del Río Suárez determinadas por CIMPA. La disminución en el porcentaje de proteínas se debe a la desnaturalización de las mismas, debido al tiempo prolongado de residencia necesario para la producción del melote.

TABLA 5.3. Composición fisico-química de cachazas y melotes de la Hoya del Río Suárez.

-COMPONENTE	CACHAZA	MELOTE
-------------	---------	--------

Sólidos solubles (EBrix)	21,02	41,00
Sacarosa (Pol) %	17,09	30,00
Azuc. Red. (%)	2,52	6,80
Humedad (%)	74,84	46,44
Fósforo (p.p.m.)	338,00	460,00
Densidad (g/cc)	1,10	1,21
pH	4,98	6,30
Cenizas*	5,99	5,33
Proteína*	7,32	5,57
Hierro (p.p.m.)	35,75	92,50

-

* Base materia seca

Los principales tipos de cachaceras utilizados son:

- Cilíndrica
- Casquete esférico
- Prisma invertido

Los tres tipos han dado buenos resultados y su eficiencia está en función del tiempo requerido para la perfecta separación de las distintas capas de cachaza formadas y por tanto mayor recuperación de jugo (Figura 5.3).

La cachacera debe ubicarse entre las pailas clarificadora y recibidora y tener una buena capacidad para permitir tiempos de residencia suficientemente largos para la separación de la cachaza.

5.2.5. Reacciones Fundamentales del Proceso de Clarificación

Con los constituyentes del jugo la cal produce tres tipos de reacciones:

B- Calcio remanente

El jugo de caña contiene muchas sustancias orgánicas e inorgánicas, que tienden a aumentar la solubilidad de los compuestos de calcio. Debido a lo anterior el contenido de calcio en el jugo aumenta, siendo este aumento independiente del contenido inicial de calcio.

C - Sílice

Probablemente el jugo de caña, se encuentra saturado en sílice; sin embargo, la solubilidad es extremadamente baja. La sílice está presente principalmente como SiO_2 disuelto, SiO_2 coloidal y en suspensión, en forma de silicatos. La mayor parte de la sílice se separa en el proceso de clarificación.

D- Magnesio

El magnesio algunas veces se encuentra en el jugo de la caña en más altas concentraciones que el calcio. El grado en el cual se precipita el magnesio como óxido de magnesio (MgO) en el proceso de clarificación depende del pH.

E- Hierro y Aluminio

En el jugo, el hierro y el aluminio pueden estar en suspensión en grandes cantidades, formando parte de las partículas férricas. Sin embargo, solo en un grado muy limitado se presentan en solución.

F - Potasio, sodio y cloro

Estas sustancias inorgánicas se encuentran en forma iónica, en el jugo de la caña y la mayor parte permanecen en el, sin sufrir ningún cambio durante el proceso de clarificación.

G- Cenizas totales

La precipitación del fosfato, sílice, sulfato, magnesio, hierro y aluminio tienden a reducir el contenido de cenizas. Sin embargo, el incremento en calcio y alguna disminución de los constituyentes orgánicos balancea este efecto, de tal manera que el cambio total es muy pequeño.

5.2.5.2.Efectos de la clarificación sobre las sustancias orgánicas presentes en el jugo de la caña.

A- Compuestos Nitrogenados

El nitrógeno presente en el jugo de la caña se encuentra principalmente formando aminoácidos y amidas y en menor proporción, proteínas. Durante el proceso de clarificación las proteínas son casi completamente precipitadas; en cambio los aminoácidos simples permanecen en solución.

Aminoácidos y Amidas

Entre los aminoácidos presentes en el jugo de la caña se tienen: ácido aspártico, ácido glutámico, valina, alanina, glicina, serina, lisina y leucina. Como se indicó anteriormente, los aminoácidos simples permanecen estables y sin precipitar en el proceso de clarificación.

Los aminoácidos se combinan con los azúcares reductores para dar lugar a la reacción de Maillard o "Pardeante" originando compuestos precursores de color. La glicina es uno de los aminoácidos más activos a este respecto. Además al tener, tanto ácido carboxílico como grupos básicos amino, los aminoácidos son anfotéricos por naturaleza y por eso actúan como estabilizadores de pH.

Entre las amidas presentes en el jugo de la caña se pueden mencionar la glutamina y la esparraguina.

Proteínas

Las proteínas tienen un peso molecular elevado y forman soluciones coloidales; al ser combinaciones complejas de los aminoácidos, tienen el carácter de anfólitos, con características tanto ácidas como básicas. Por lo tanto el comportamiento químico de las proteínas depende en alto grado del pH. Cada proteína tiene un punto isoeléctrico definido en el cual no dominan ni los grupos ácidos ni los básicos. Un gran porcentaje de las proteínas presentes en el jugo de la caña lo constituyen las albúminas.

La albúmina es una proteína que se encuentra en el jugo, tiene su punto isoeléctrico a un pH de 5,5 donde la proteína muestra un mínimo de hidratación y turgencia y donde la solución coloidal tiene la menor estabilidad. La precipitación ocurre más fácilmente a este pH si la proteína se desnaturaliza por el calentamiento.

Se entiende por desnaturalización un cambio molecular interno en el cual la proteína pierde su estructura primaria que la identifica. Debido a que el jugo crudo tiene un pH situado en el nivel del punto isoeléctrico, la albúmina deberá ser efectivamente removida por el calentamiento.

Según Honig, la precipitación de la albúmina, durante la clarificación es ventajosa ya que este material ocluye otros compuestos ayudando así a la separación de las impurezas.

B- Gomas

Las gomas se componen principalmente de pentosanas, polisacáridos que por hidrólisis dan azúcares del grupo de la pentosa. Las pentosanas son sustancias coloidales hidrofílicas que incrementan marcadamente la viscosidad de las soluciones. El contenido de pentosana en el jugo crudo oscila entre 0,02 y 0,05% permaneciendo como tal después del proceso de clarificación.

C- Pectinas

Las pectinas son carbohidratos de composición compleja y al igual que las gomas, son sustancias coloidales hidrofílicas que tienen la propiedad de aumentar considerablemente la viscosidad de las soluciones.

El contenido de pectina en el jugo de la caña no excede el 0,1% y su valor depende en grado considerable de la molienda, ya que se encuentra principalmente, haciendo parte de la pared celular de la caña.

5.2.6. Influencia del tiempo de almacenamiento del Jugo en la Calidad de la Panela.

En jugos almacenados por períodos cortos la calidad de la panela obtenida no se ve afectada, pero en tiempos superiores a 6 horas se presentan problemas de fermentación causando la inversión de la sacarosa.

En ensayos realizados con jugo crudo almacenado por ocho horas, se observa que se necesita una cantidad de cal tres veces superior a la utilizada normalmente, debido al avanzado estado de fermentación del jugo, obteniéndose una panela de baja calidad con un alto porcentaje de azúcares reductores.

Para el mismo período de almacenamiento pero dejando el jugo ya clarificado y encalado, el porcentaje de inversión de la sacarosa fue menor, necesitándose dos cucharadas de cal adicionales, obteniéndose una panela con una calidad superior a la anterior. Se debe en la posible evitar el almacenamiento de jugo por un períodos prolongados de tiempo, en caso de sea necesario lo más aconsejable es clarificarlo y encalarlo.

5.3. Evaporación

Es la etapa que sigue a la clarificación y donde el calor suministrado es aprovechado básicamente en el cambio de fase del agua (liquido a vapor) eliminándose cerca del 90% del agua presente con lo cual se aumenta el contenido inicial de los sólidos solubles (entre 16 y 21EB) Brix hasta el punto de panela, elevándose la temperatura hasta 120Ec en promedio.

La raya, cocha, ceba o botija se divide en la paila número 4 (Figura 5.1.), en dos, tres o cuatro puntos de acuerdo a la capacidad de la hornilla, con el fin de facilitar el manejo de los jugos y la evaporación. El movimiento de jugos una vez dividida la raya depende de las costumbres de la zona.

En esta etapa se realiza el proceso de encalado de los jugos ya sea en adición total inicial, fraccionada o final, así

mismo como los agentes blanqueadores.

5.3.1.Elaboración y usos de la cal en la industria panelera.

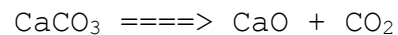
Es indispensable agregar cal cuando el pH de los jugos es inferior a 5,60 con el fin de evitar la inversión de la sacarosa. Esto hace de la cal un aditivo básico en la elaboración de la panela.

5.3.1.1. Fabricación de la cal

El término piedra caliza se aplica en un amplio sentido a muchas formas de carbonato de calcio, cada una con distintas propiedades físicas. La piedra caliza tiene diferentes grados de pureza, pudiendo estar contaminada con arcilla, carbonato de magnesio, arena y otras impurezas. Su color generalmente es amarillento, grisáceo o blanco, después de su calcinación el producto es casi siempre blanco (27,48).

La piedra caliza debe ser dura para evitar su pulverización durante el transporte y en la calcinación; pero no demasiado, porque en una piedra muy dura se dificulta su calcinación.

La obtención de la cal tiene como materia prima el Carbonato de calcio el cual al calentarse tiende a disociarse en cal viva y Dióxido de carbono de acuerdo con la reacción expresada por la ecuación:



No hay uniformidad de conceptos sobre la temperatura correcta de un horno de cal, la cual depende de la relación entre tamaños de la piedra de cal y del coque.

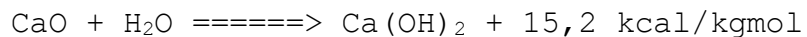
La descomposición del carbonato de calcio es una reacción endotérmica, absorbiendo 42,5 kcal/kgmol.

Una cal quemada apropiadamente, es aquella que ha sido calentada solo ligeramente arriba de su temperatura de descomposición y que se ha mantenido a esa temperatura el tiempo suficiente para obtener una calcinación completa. Es de peso ligero, muy porosa y fácilmente hidratable. Los terrones son solo ligeramente diferentes en forma y tamaño a la cal original y se apagan fácilmente, debido a que el espacio interatómico permite que las moléculas de agua penetren sin dificultad.

La calcinación a altas temperaturas y por un largo período de tiempo da por resultado una reagrupación de los átomos y en el límite produce una cal muerta.

5.3.1.1.1. Apagado de la cal

La formación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a partir de CaO es una reacción exotérmica en donde hay desprendimiento de calor,



Cuando en los trapiches se utiliza una cal que ha permanecido demasiado tiempo en el horno es decir una cal recocida o cal muerta, pierde parte de su poder de hidratación, lo que hace que se disuelva en forma lenta en el jugo, ocasionando de pronto que se agregue un exceso de cal al jugo para alcanzar el pH deseado.

5.3.1.1.2. Calidad de la cal

Para determinar la calidad de la cal se deben realizar algunos análisis de laboratorio, siendo los más importantes, la determinación del porcentaje de CaO aprovechable, prueba de asentamiento, insolubles en ácido clorhídrico, humedad, porcentaje de azufre y de algunas otras impurezas. El porcentaje de CaO aprovechable en una cal de primera clase debe estar entre 85 y 90%. Sin embargo los porcentajes de impurezas y de CaO aprovechable no son suficientes para clasificar una cal de un modo completo.

En muchos trapiches se ha observado un incremento gradual en el pH del jugo alcalinizado y el asentamiento de materiales lodosos en el agua de panela, lo cual puede explicarse por la disolución gradual de las partículas de cal no apagada. Este fenómeno es una indicación de que se está usando cal sobrecalcinada o muerta, cuyas partículas se hidratan muy lentamente. El apagado completo de la cal muerta toma mucho tiempo, o en otras palabras, la propiedad de la cal llamada "apagamiento" en este caso es muy baja.

5.3.1.2. Usos de la cal en la industria panelera

El principal efecto del uso de la cal en el proceso de elaboración de panela es la elevación del pH de los jugos o mieles, evitando la inversión de la sacarosa, por ser este disacárido más estable en medio alcalino.

La cal también se puede usar como floculante, es decir, como un auxiliar de clarificación. Esta propiedad es utilizada en los procesos azucareros, para llevar a cabo el proceso de sedimentación o decantación.

En la elaboración de la panela, al agregar cal en frío,

según estudios realizados en CIMPA, la acción de los floculantes vegetales es mayor ya que estos actúan mejor cuando el pH de los jugos es cercano a 5,8.

El inconveniente que se presenta al encalar en frío, es que se forma una cachaza menos densa y más difícil de retirar de la paila. Además se incrementa el tiempo de separación del jugo en la cachacera al tener este una densidad más cercana a la cachaza.

La alcalinización del jugo en caliente da por resultado la separación de más compuestos nitrogenados que la alcalinización en frío. Los aminoácidos presentes en el jugo de la caña, pueden llegar a reaccionar con los azúcares reductores en la reacción conocida como de "Maillard", dando origen a compuestos de color incluso mas oscuros que los producidos por un exceso de adición de cal al jugo. Por esta razón es deseable eliminar la mayor cantidad de estos aminoácidos en el proceso de clarificación.

Según Honig al encalar un jugo en frío y otro en caliente, se observa que aparentemente se necesita menos cantidad de cal en el proceso de alcalinización en caliente para alcanzar un mismo valor de pH. Esto se ha verificado en los trapiches.

La inversión de la sacarosa es función de la temperatura, el pH y el tiempo de residencia de los jugos en la hornilla. A partir de 100°C la inversión se acelera notablemente, por lo que se debe procurar mantener los jugos el menor tiempo posible a esa temperatura.

Basados en este hecho, se hace aconsejable realizar el proceso de encalado en el fondo número 1, cuando el jugo ha alcanzado un porcentaje de sólidos solubles superior a 40%

o máximo en el momento de iniciarse el proceso de concentración, punto en el cual la miel todavía puede recibir la cal.

5.3.1.2.1. Dosis y forma de aplicación de la cal

La cantidad de cal que se utiliza en el proceso de elaboración de panela es muy variable y depende principalmente de la pureza de la misma (porcentaje de calcio) y del pH de los jugos crudos. Por regla general los jugos son de carácter ácido con valores de pH entre 5,0 y 5,5. El pH ideal para lograr una panela de buena calidad debe ser lo más cercano a 5,8, siendo necesario adicionar cal para alcanzar este valor.

Usualmente solo se añade la suficiente cantidad de cal para neutralizar la acción de los ácidos orgánicos contenidos originalmente en los jugos. Un exceso de cal es perjudicial pues cuando se encala a pH superiores a 6,0 se presenta un marcado obscurecimiento de la panela.

El encalado se puede hacer directamente en los jugos o en forma de lechada de cal, es decir una suspensión de cal apagada en agua en concentraciones de 12-15 grados Baumé (100 a 150 gramos de cal por litro de agua). Existen tres formas principales de aplicación de la cal: inicial, fraccionada y final, dependiendo tanto de las condiciones del jugo que se esté procesando, como de la forma de trabajo del relimpiador.

Adición inicial: En esta forma de aplicación se adiciona la cantidad total de cal a emplear en la raya o cocha a procesar ya sea en jugo frío o en jugo recién clarificado.

Adición Fraccionada: Se agrega la mitad de la cal a emplear en la raya o cocha en jugo crudo o recién clarificado; y el resto al final cuando los jugos alcanzan cerca de 65EB.

Adición final: La cal se adiciona totalmente cuando los jugos alcanzan una concentración de 65EB. En este caso la cal solo sirve para evitar la inversión de la sacarosa y mejorar el grano o dureza de la panela

5.3.2. Blanqueadores

Son sustancias decolorantes utilizadas para eliminar las coloraciones oscuras del jugo de la caña. En el proceso de elaboración de panela se adiciona el producto comercialmente conocido como clarol, de efectos tóxicos especialmente en la población infantil.

Este aditivo que químicamente se denomina Hidrosulfito, Hiposulfito o Metabisulfito de sodio, está constituido por los elementos Sodio y Azufre. Con el primero, no se presentan problemas dado que el organismo está en capacidad de metabolizarlo o asimilarlo. El azufre por su parte tiene límites máximos de permisibilidad establecidos, es decir, cantidades o concentraciones que no deben sobrepasarse para evitar toxicidad por acumulación.

Dichos límites han sido determinados por las máximas entidades en control de aditivos que son la F.D.A (Administración de drogas y alimentos), O.M.S (Organización mundial de la salud) y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación) en 0,7 mg de dióxido de azufre (SO₂) por kilogramo de peso corporal persona por día (20).

Como la panela no es la única fuente de SO₂ en la dieta resulta preocupante el consumo de este alimento cuando se han empleado altas dosis de clarol en su fabricación.

Además del aspecto toxicológico, el empleo de este compuesto como mejorador de color, no se justifica, dado que su acción no es permanente. Su efecto es fuertemente reductor pero susceptible a reoxidarse durante el almacenamiento por contacto con el aire produciendo con el tiempo coloraciones más oscuras y verdosas de poca aceptación en el mercado (46).

Las coloraciones oscuras de los jugos son causadas por deficiencias de fósforo en los mismos. Durante mucho tiempo se ha reconocido la efectividad de los fosfatos en la eliminación de agentes precursores de color.

Se ha comprobado que para una buena clarificación el jugo debe tener una concentración de fosfatos superior a 250 p.p.m (250 mg/l de jugo o guarapo). Estudios realizados por CIMPA, en jugos provenientes de las 5 variedades de caña más utilizados para la elaboración de panela (POJ 2878, POJ 2714, PR 61632, H 507209, Co 421), mostraron que en el mejor de los casos su contenido escasamente llegaba a 177 p.p.m.

Para elevar el nivel de fósforo CIMPA desarrolló investigaciones con el Fosfato Monocálcico y el Acido Fosfórico obteniéndose los mejores resultados usando dosis de 250 a 300 ppm en el primer caso y con ácido fosfórico de 50 - 100 ppm.

Desde el punto de vista técnico los dos productos funcionan bien pero económicamente resulta más conveniente el ácido fosfórico por sus menores costos. Así mismo se llegó a la conclusión que la panela tiene un color *sui generis* que no

se justifica modificar por medios artificiales que le hacen perder su carácter de producto natural. Además las sustancias generadoras de color se pueden remover en un grado suficiente, mediante los prelimpiadores y en la clarificación tradicional en la mayor parte de los casos, cuando se realizan en forma adecuada.

5.4. Concentración

Es la fase final del proceso, se presenta a temperaturas superiores a los 100°C, se realiza en la paila punteadora o concentradora, paila número 3 (Figura 5.1.). En esta parte se adicionan el agente antiespumante y colorantes en el caso que se utilicen.

La concentración es la etapa mas crítica desde el punto de vista del grano de la panela, pues al registrarse allí las mayores temperaturas de proceso (entre 100 y 125°C) la inversión se acelera en forma tal que el porcentaje de azúcares reductores iniciales, cuando menos se duplica durante la concentración. Por lo tanto es aconsejable realizar esta etapa en el menor tiempo posible y asegurarse de que las mieles tengan un pH de 5,8.

El "Punto" de panela se obtiene entre 118 y 125°C, con un porcentaje de sólidos solubles entre 88 y 94 °Brix determinándose por la consistencia, color y densidad de las mieles. La temperatura final de punteo depende, en orden de importancia, del Brix de las mieles, de la altura sobre el nivel del mar del trapiche y de la pureza de las mieles.

Debe tenerse bastante precisión al obtener el "Punto" ya que si se saca a muy alta temperatura se presentará una caramelización de los azúcares con su consecuente obscurecimiento. En caso contrario se dificultará la

solidificación.

En la Tabla 5.4. se reportan los resultados fisico-químicos promedios realizados por CIMPA, a panelas producidas en diferentes regiones del país.

Los resultados mostrados en la Tabla, no son representativos de cada zona pues en algunos casos corresponden solamente a muestras de 2 ó 3 trapiches, por lo cual la información presentada no puede ser tomada como base para evaluar la calidad zonal de la panela producida.

TABLA 5.4. Resultados fisico-químicos de panelas de diferentes regiones del país.

pH	FOSFATOS. IA		TURBIEDAD		PESO	ppm	U.I	Abs.	g	REGION	Brix.		AZUCARES REDUCT.		POL		HUMEDAD.	
	EB	%	%	%														
										Tolima	91,5	9,6	75,5	9,8	6,0	651	14.411	
.34	470																	
Viejo																		
Caldas	93,4	6,8	86,0	5,0	6,2	403	12.805	.29	436									
Antioq.	94,0	14,5	77,3	5,6		614	14.328	.36	510									
Nariño	89,0	8,6	74,0	8,5		1.047	15.831											
Putum.	91,2	18,7	69,7	8,3	5,7	746	16.094	.29										
Cund.	91,4	16,0	75,5	8,4	5,9	551	14.585	.31										
H.R.S.	91,7	12,4	76,3	8,5	6,2	762	11.642	.65	395									

5.4.1. Adición de grasas o ceras

Cumplen dos funciones en el proceso de elaboración de panela, la primera es de antiespumante para evitar que los jugos durante la ebullición rebosen la altura de la falca de la paila. En este caso su adición se debe realizar en las pailas con Brix bajo y colocadas en sitios de la hornilla con temperatura elevada (primera y segunda generalmente).

La segunda función es de lubricación, en este caso su adición se hace en la paila concentradora o punteadora a temperaturas entre 100 y 102°C y no superiores pues la miel

ya no las "recibe". El aceite evita que la miel se adhiera a las paredes de la paila evitando su caramelización y quemado.

Los lubricantes y antiespumantes más utilizados son el aceite de higuerilla, el cebo animal, la cera de laurel y la manteca vegetal. En caso de necesidad se puede usar aceite vegetal, pero mezclado con cualquiera de los anteriores porque solo no ofrece un buen resultado. La cantidad a usar depende como en todos los aditivos mencionados anteriormente de la caña, de la habilidad del operario y de las condiciones en que se fabrique la panela.

5.4.2. Colorantes

El jugo de la caña por naturaleza posee pigmentos que proporcionan coloraciones oscuras como son los compuestos polifenólicos (taninos, lacasa y sales ferrosas), las clorofilas verdes insolubles, la sacaretina amarilla y pequeñas cantidades de compuestos antocianínicos solubles. Este material colorante, Cuando aparece en grandes cantidades y no se elimina en la prelimpieza y clarificación, produce jugos bastante oscuros que hacen que el fabricante de panela por costumbres del consumidor haga uso de las tintas o anilinas para enmascararlas (1).

En la actualidad en algunas zonas del país se utiliza una anilina altamente tóxica denominada comercialmente "El Indio", o naranja L (sal disódica del ácido P-Sulfo Benceno Azo Beta Naftol). Sin embargo su uso ha disminuido significativamente con la introducción y buen manejo de los prelimpiadores y con las campañas de concientización sobre el no uso de estos colorantes realizadas por las entidades del sector oficial y por FEDEPANELA, principalmente.

Llevando estas campañas a ciertos sectores de consumidores y con la colaboración en el control de panela con colorantes por las autoridades de nivel regional, se podría acabar totalmente con el uso de estos productos innecesarios desde el punto de vista de la calidad nutricional.

Lo anterior es posible porque oficialmente el Ministerio de Salud, por resolución número 10.092 de Julio de 1.985, prohíbe el uso de cualquier sustancia colorante en la elaboración de panela.

6. PUNTEO Y BATIDO EN LA ELABORACIÓN DE PANELA

6.1. Punteo

El **punto de panela** se da cuando las mieles adquieren una serie de características que permitan retirarlas de la hornilla y que por las operaciones posteriores del proceso, como batido y moldeo, adquieran la tipificación de la panela.

En los trapiches, por la falta de instrumentos de control, se recurre a la observación de ciertas características físicas que dependen de una gran experiencia del operario para acertarlas y que varían de acuerdo con la región.

Una de las manifestaciones del punto de la panela se da cuando al tomar una muestra de la miel, ésta presenta una estructura cristalina y a la vez de gran fragilidad, que se detecta por un sonido claro al lanzar una pequeña parte de la muestra de miel enfriada, contra la falca metálica de las pailas o el techo de zinc del trapiche. Este mismo tipo de estructura se detecta introduciendo la muestra caliente en agua o tomándola directamente de las pailas con un dedo humedecido y luego evaluando su fragilidad y limpieza de quebrado.

En otras ocasiones las propiedades físicas valoradas son la viscosidad y adherencia de las mieles, que el operario evalúa a "ojo" mediante la velocidad de escurrimiento de estas sobre la falca de la paila o en el mismo remellón o cazo. Otra característica del **punto de panela** muy usada, es la formación de grandes burbujas o películas muy finas y transparentes denominadas "pañuelo".

El **punto de panela** depende principalmente de la concentración de los sólidos solubles (Brix) y de la **pureza** (contenido de sacarosa en relación al Brix) de las mieles.

La **pureza** generalmente se expresa en porcentaje, pero también puede aparecer en forma decimal. Una panela con el mismo Brix será más dura y de mayor finura cuando tenga una pureza o concentración de sacarosa más alta.

En general, el **punto de panela** se obtiene cuando las mieles alcanzan una concentración variable entre 88 y 94^{EB}. La panela moldeada individualmente en "coco" presenta un porcentaje de sólidos solubles 93 y 94^{EB} y en algunos casos superior. La moldeada en gaveras tiene un Brix entre 88 y 91^{EB}.

El contenido de humedad del producto es un valor cercano al inverso del Brix. Como la panela de "coco" presenta mayor concentración de sólidos solubles, en general azúcares, su humedad será menor y por esto es que la gente opina que la panela redonda rinde y endulza más que la cuadrada.

La velocidad de respuesta de los aparatos que determinen el **punto de la panela** debe ser alta, porque los cambios de las características ocurren rápidamente en las mieles en su punto final y éstas se pueden quemar fácilmente. Como la determinación del Brix, a la temperatura de las mieles en las pailas, es un poco complicada y como la determinación de la pureza llevaría demasiado tiempo y es imposible realizarla cuando no se tiene un laboratorio químico, se ha buscado otra propiedad física que relacione las anteriores.

La temperatura de ebullición de las mieles depende de la presión atmosférica del lugar (relacionada con la altura sobre el nivel del mar), del Brix y de la pureza de las mieles. En la Tabla 6.1 se muestra el incremento en el punto de ebullición, con respecto a la del agua, de mieles con

diferente concentración y pureza, a 760 mm de presión, o sea para el nivel del mar.

Los valores de la Tabla 6.1 se pueden agregar, sin cometer un error significativo, al punto de ebullición del agua en el lugar del trapiche para conocer la temperatura de las mieles.

TABLA 6.1. Elevación del punto de ebullición (a 760 mm de presión) para mieles o jarabes de acuerdo con su Brix y su pureza.

Brix	Pureza de las mieles, %							
	100	90	80	70	65	50	45	35
	Elevación del punto de ebullición, Ec							
92	20,5	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	29,0
90	19,0	20,0	21,0	22,5	23,0	24,5	26,0	27,0
85	13,0	14,0	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5
80	9,0	10,0	10,5	11,0	12,0	12,5	13,5	14,0
75	6,5	7,0	7,5	8,0	9,0	9,5	10,0	10,5
70	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,0
65	4,0	4,0	4,5	5,0	5,5	5,5	6,0	6,5
60	3,0	3,0	3,5	4,0	4,0	4,5	5,0	5,0
55	2,0	2,5	3,0	3,0	3,0	3,5	4,0	4,0
50	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5
40	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5
30	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5

FUENTE: Manual de caña CIMPA.

El CIMPA ha encontrado que la temperatura de las mieles varía entre 116 y 122Ec para panela moldeada en gaveras y entre 122 y 126Ec para panela redonda moldeada con "coco". Lo anterior se cumple para lugares con altura sobre el nivel del mar superior a 1.000 metros. Cuando es inferior a este valor, la temperatura de ebullición se aumenta un poco (1 a 3Ec).

6.2. Batido

La batea es el recipiente construido en madera o lámina

metálica en donde se agitan las mieles, una vez han alcanzado el punto de panela y han sido sacadas de la hornilla, con el propósito de cambiarles la textura y estructura y hacerles perder su capacidad de adherencia. Al incorporarle aire a las mieles, los cristales de sacarosa crecen, adquieren porosidad y la panela cuando se enfría adquiere su característica de sólido compacto. Al mismo tiempo, la densidad de las mieles se reduce de cerca de 1,5 a 1,34 g/cc en la panela.

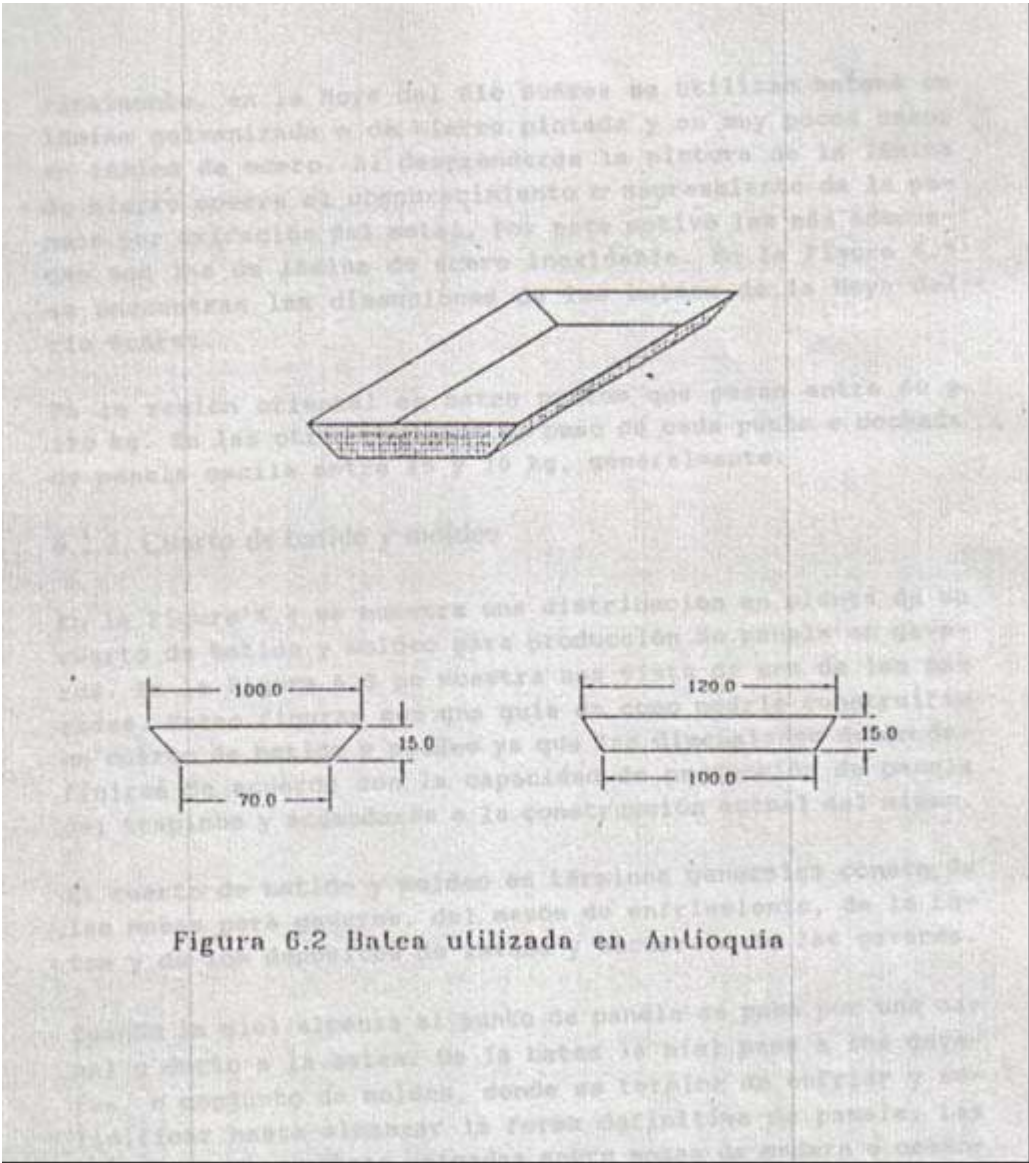


Figura 6.2 Batea utilizada en Antioquia

El batido es una acción de agitado intensivo e intermitente de las mieles, mediante una pala de madera, que demora entre 10 y 15 minutos. Después de una agitación inicial, de unos 3

a 4 minutos, las mieles se dejan en reposo y por el aire incorporado comienzan a subir en la batea hasta casi desbordarse, siendo necesario reiniciar la agitación. Este proceso se repite 2 ó 3 veces y al final, en la mayor parte de los trapiches del país, se agrega agua a las mieles para acabar de "apagarlas". El tiempo de batido y la altura alcanzada por las mieles depende del grano, el cuál básicamente está relacionado con el Brix y la pureza de las mieles.

Como no se tiene control sobre la calidad del agua utilizada, ésta puede ser el inicio del deterioro de la panela en las etapas posteriores de transporte y almacenamiento. Además muchas veces el agua se agrega para evitarse parte del batido y es así como en la mayor parte del occidente del país y en las regiones con ascendencia antioqueña no se usa esta práctica y el contenido de humedad final de la panela en esas regiones es menor (Figura 6.1).

El rehumedecimiento de la panela, además de innecesario causa desperdicio de energía de la hornilla y eleva el contenido de humedad de la panela a niveles superiores al 8%, los cuales limitan el almacenamiento de la panela a tiempos muy cortos, impidiendo de esa forma posibles exportaciones por el desarrollo acelerado de microorganismos.

6.2.1. Bateas y sus dimensiones

La forma y las dimensiones de las bateas varían en las

diferentes zonas paneleras. En Cundinamarca por ejemplo, se usan canoas construidas de troncos de árboles de unos 2 m de largo por 0,4 m de diámetro. En la región oriental, centro de Santander y Santander del Norte, se utilizan grandes cajas de unos 2 m de largo, por 0,7 m de ancho y 0,6 m de alto.

En el occidente del país, eje cafetero y Antioquia se usan bateas bajas, en forma de tronco invertido de pirámide rectangular, de aproximadamente un metro de largo por 0,7 m de ancho y unos 0,15 m de altura (Figura 6.2). Estas bateas se trabajan en juegos de tres pasando las mieles de una a otra durante el batido.

Finalmente, en la Hoya del Río Suárez se utilizan bateas en lámina galvanizada o de hierro pintada y en muy pocos casos en lámina de acero. Al desprenderse la pintura de la lámina de hierro ocurre el obscurecimiento o negreamiento de la panela por oxidación del metal. Por este motivo las más adecuadas son las de lámina de acero inoxidable. En la Figura 6.3 se encuentran las dimensiones de las bateas de la Hoya del río Suárez.

En la región oriental se baten puntos que pesan entre 60 y 120 kg. En las otras regiones el peso de cada punto o cochada de panela oscila entre 45 y 70 kg, generalmente.

6.2.2. Cuarto de batido y moldeo

En la Figura 6.4 se muestra una distribución en planta de un cuarto de batido y moldeo para producción de panela en gaveras. En la Figura 6.5 se muestra una vista de una de las paredes. Estas figuras son una guía de como podría construirse un cuarto de batido y moldeo ya que las dimensiones deben definirse de acuerdo con la capacidad de producción de panela del trapiche y acomodarse a la

construcción actual del mismo.

El cuarto de batido y moldeo en términos generales consta de las mesas para gaveras, del mesón de enfriamiento, de la batea y de los depósitos de lavado y escurrido de las gaveras.

Cuando la miel alcanza el punto de panela se pasa por una canal o ducto a la batea. De la batea la miel pasa a las gaveras, o conjunto de moldes, donde se termina de enfriar y solidificar hasta alcanzar la forma definitiva de panela. Las gaveras se encuentran ubicadas sobre mesas de madera o cemento y ambas se humedecen antes de depositar en ellas las mieles para evitar que la panela se pegue al molde. Con la ayuda de palas de madera el gaverero distribuye la panela en cada uno de los moldes de la gavera y el sobrante lo regresa a la batea.

Cuando la panela alcanza la dureza necesaria se desarman las gaveras y se llevan a un depósito con agua para lavarlas y luego de escurridas quedan listas para la próxima cochada.

Completa la distribución del cuarto de batido y moldeo los tanques para el lavado y escurrido de palas, gaveras y demás utensilios usados en el proceso y una mesa de cemento destinada a las labores de enfriamiento y empaque de la panela.

6.2.2.1. Ventajas del cuarto de elaboración de panela

- Mejora las condiciones higiénico-sanitarias de la panela.
- Evita la entrada de animales, insectos y personas extrañas, al sitio de elaboración, disminuyendo las posibilidades de contaminación y pérdida del producto.
- Mejora las condiciones de trabajo.
- Eleva la calidad de la panela.
- Da a los trapiches un carácter de fábrica de alimentos con sitio especial para su elaboración, mejorando la

categoría de las mismas.

- Los costos de construcción, por kg de panela, son mínimos comparados con las ventajas que se pueden obtener.
- Facilita la consecución de mano de obra.
- Valoriza el trapiche.
- Requiere para su construcción una tecnología fácilmente disponible para cualquier constructor.
- El costo total incluidos materiales y mano de obra es bajo comparado con los beneficios que presta.

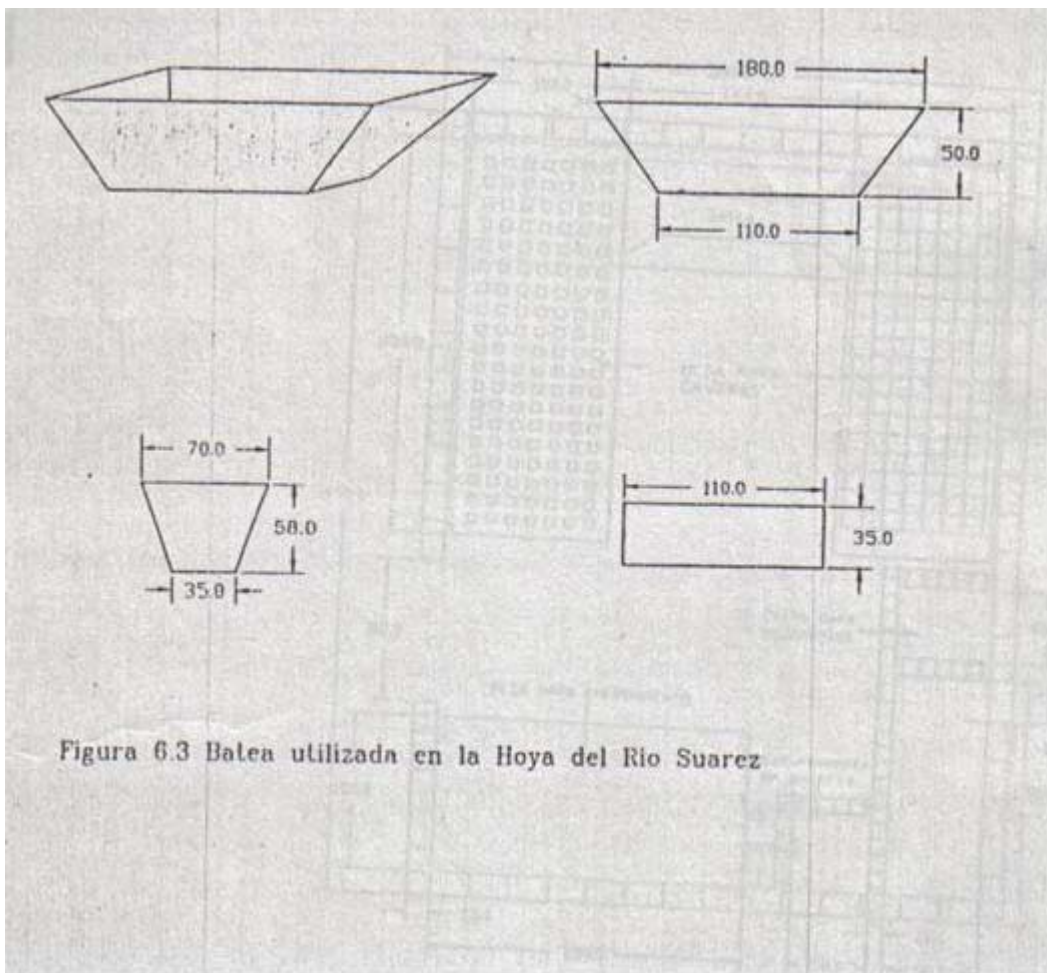


Figura 6.3 Batea utilizada en la Hoya del Río Suarez

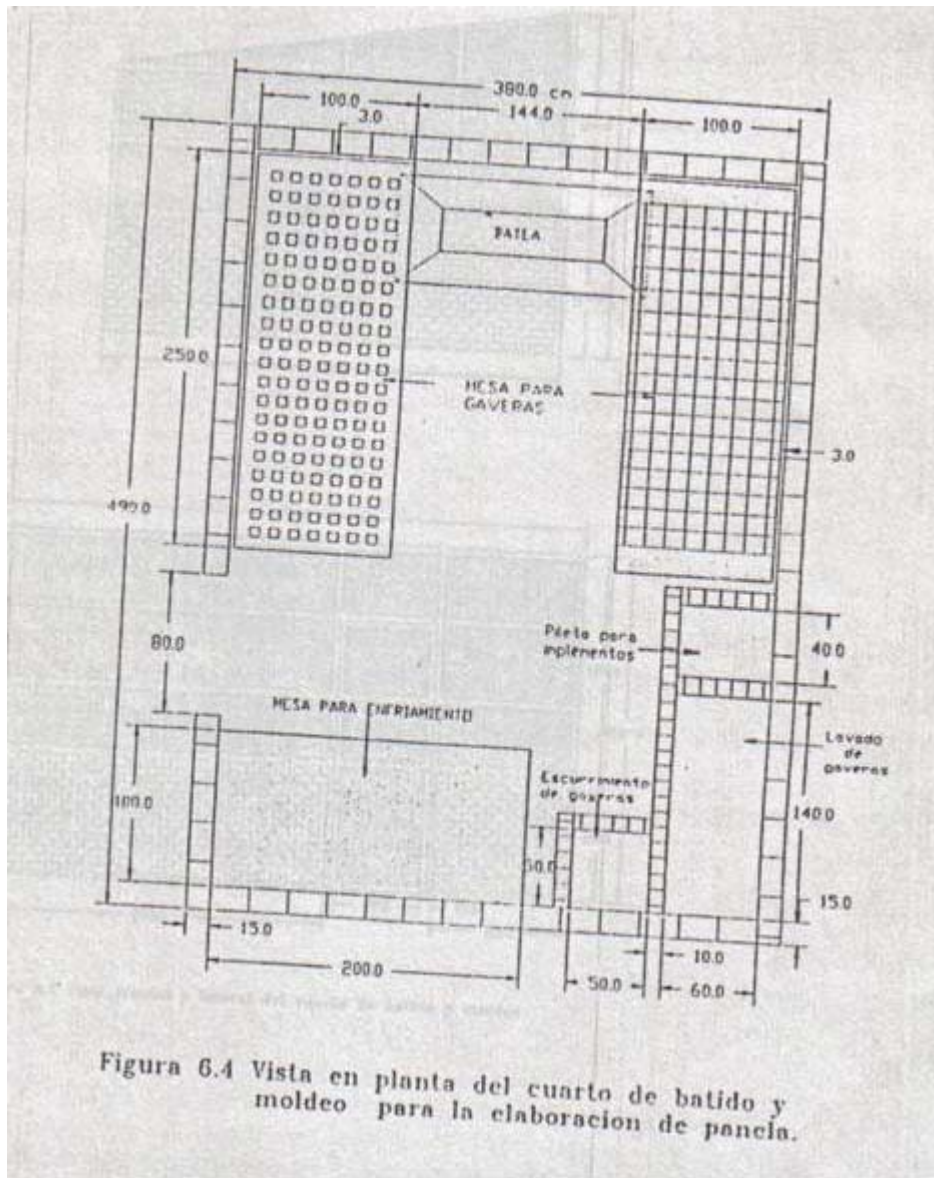


Figura 6.4 Vista en planta del cuarto de batido y moldeo para la elaboracion de panca.

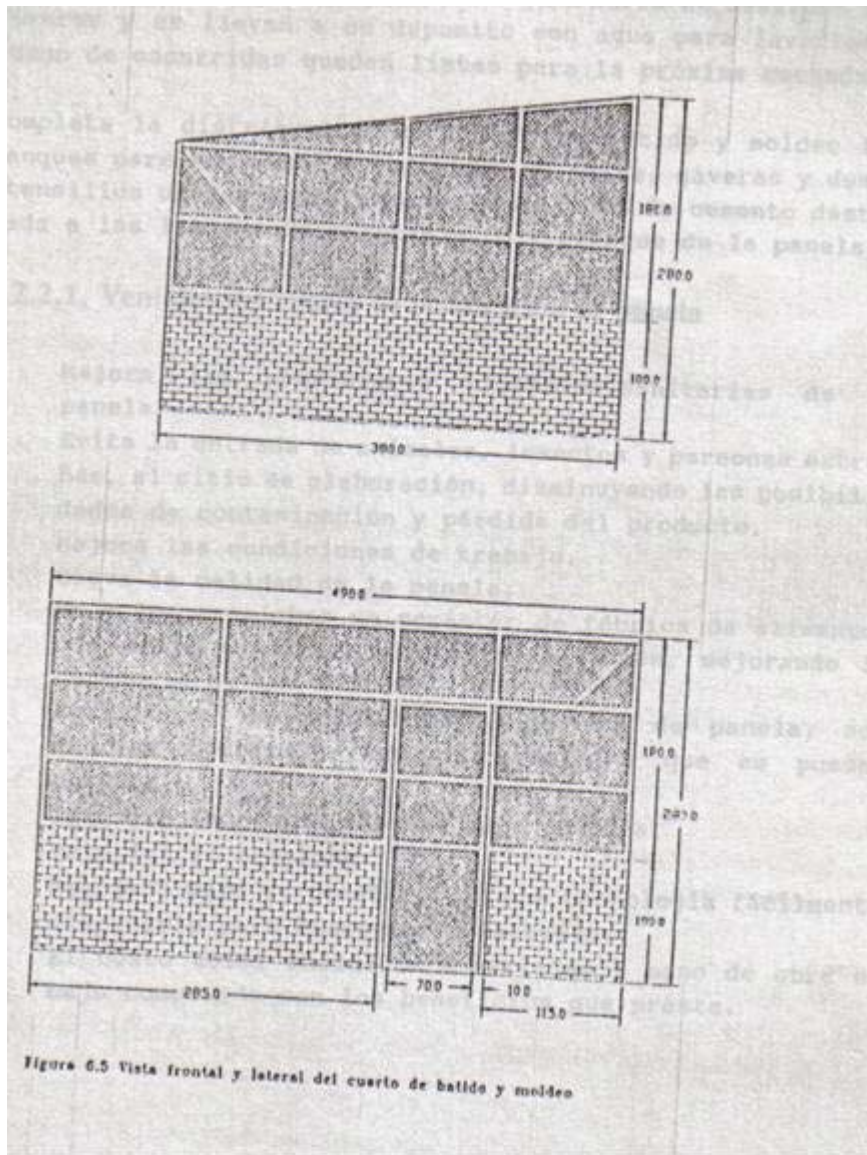


Figura 6.5 Vista frontal y lateral del cuarto de batido y moldeo

7. MOLDEO Y FORMAS DE PRESENTACIÓN DE LA PANE

LA.

Las dimensiones, tamaño y forma de presentación y empaque de la panela muestran variaciones considerables, aún en un mismo trapiche. Actualmente se comercializan cuatro formas de panela: redonda, cuadrada, rectangular y también

granulada o en polvo.

La panela redonda se produce principalmente en los departamentos del Valle del Cauca, Viejo Caldas, Antioquia y Tolima. La panela cuadrada y rectangular en la Hoya del Río Suárez (Boyacá y Santander), Cundinamarca, Nariño, Huila, Norte de Santander y Meta.

La irregularidad de los tamaños de las panelas y de su peso, dificulta la comercialización nacional e internacional, disminuye la capacidad de negociación de los productores, engaña a los consumidores y complica la aplicación de los patrones de calidad y la utilización adecuada de empaques de cartón, los cuales se han diseñado para la panela cuadrada.

La norma ICONTEC 1311 (Anexo 3), en el paragrafo 3.1 dice: "La panela debe comercializarse en unidades de 125, 250, 500 y 1.000 gramos, más o menos el 5%, en presentaciones cuadrada, rectangular, redonda, granulada, en polvo o en cualquier otra forma, de acuerdo con las exigencias del mercado". El CIMPA considerando la importancia de la diversidad de presentación del producto, pensando en el agrado de los consumidores, en igualar pesos y tamaños de la panela y con ello facilitar empaques adecuados y unificados presenta las medidas y planos de cinco tipos de gaveras.

Para determinar las medidas de los moldes, el CIMPA evaluó panelas procedentes de todas las regiones del país y determinó su densidad. Se encontró que la densidad de la panela variaba entre 1,25 y 1,38 g/cc con un promedio de 1,34 g/cc, presentando una desviación con respecto al promedio dentro del 5% definido en la Norma. De acuerdo con lo anterior, las gaveras presentadas a continuación tienen unas dimensiones establecidas con una densidad de 1,34 g/cc.

7.1. Gavera para panela cuadrada

Su nombre se debe a que dos de sus tres dimensiones (anchura y longitud) son iguales. En la Figura 7.1 se muestra la forma de los paraleles y travesaños de un tramo de gavera cuadrada en sus respectivas vistas: superior, frontal y lateral. En el momento de armar la gavera los paraleles se colocan en forma paralela a la longitud del mesón de moldeo y los travesaños perpendicularmente a estos.

En la Tabla 7.1 se encuentran las medidas correspondientes para panelas de 125, 250, 500 y 1000 gramos. También se encuentra la cantidad de panela por gavera, peso del producto por gaverada y cantidad de paraleles y travesaños necesarios.

En la Figura 7.1 las letras B, E y F identifican el alto, largo y ancho de la panela respectivamente. En esa Figura y en la Tabla 7.1, se puede advertir que la longitud de los paraleles, identificado con la letra "A", es diferente de la longitud de los travesaños, "A*", como consecuencia de la desigualdad sus extremos los cuales se identifican como F y F*. Esta diferencia es con el fin de poder colocar una regla separadora para unir dos tramos de gavera y de esta forma elaborar una mayor cantidad de producto.

Por ejemplo: si se realiza esta operación en una gavera de 125 gramos, ya no se obtiene 81 panelas, sino 90 panelas más la siguiente gaverada, para un total de 171 panelas, o sea nueve panelas más y así sucesivamente.

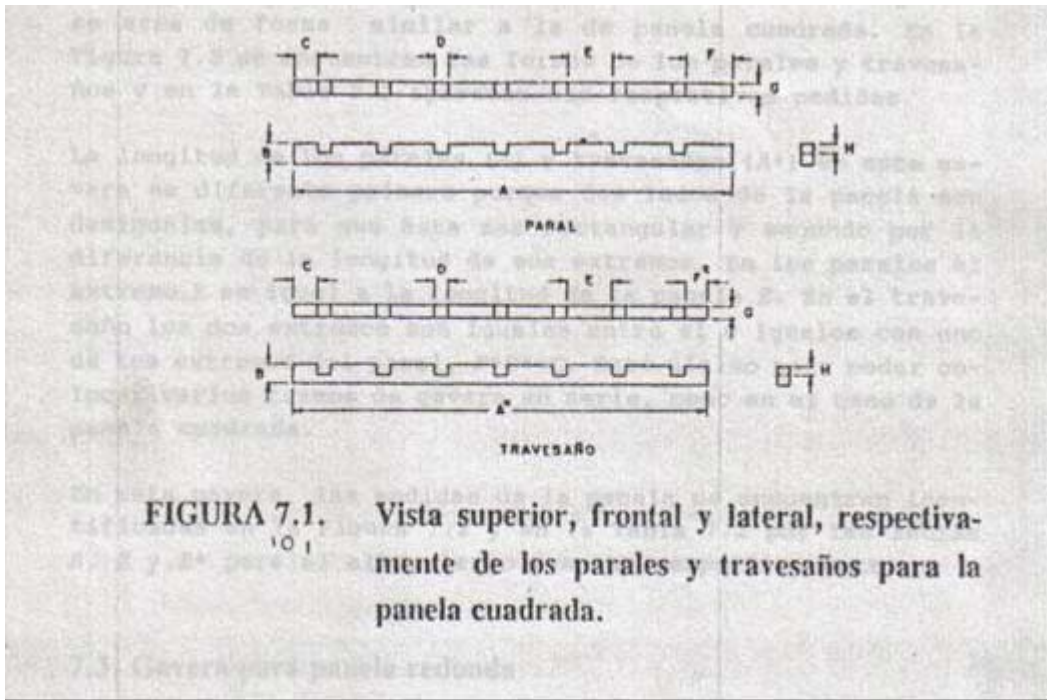


FIGURA 7.1. Vista superior, frontal y lateral, respectivamente de los paraleles y travesaños para la panela cuadrada.

TABLA 7.1. Dimensiones de los paraleles y travesaños de las gaveras para panela cuadrada de 125, 250, 500 y 1000 g.

PARALES	TRAVESAÑOS	PANELA POR GAVERA	MEDIDAS DE LAS GAVERA											
			PESO DE CADA											
PANELA (g)		(cm)	NE	NE	NE	KG								
A	A*	B	C	D	E	F	F*	G	H					
125	98,0	95,0	1,9	4	2,4	7	7	4	2,2	1,0	10	10	81	10,1
250	99,4	95,4	2,9	4	2,6	8	8	4	2,4	1,5	9	9	64	16,0

500	95,0	89,0	3,7	4	3,0	10	10	4	2,7	1,9	7	7	36	18,0
1000	100,0	91,0	4,4	4	3,0	13	13	4	2,7	2,2	6	6	25	25,0

7.2. Gavera para panela rectangular

Las tres medidas de la panela son diferentes. La gavera se arma de forma similar a la de panela cuadrada. En la Figura 7.2 se encuentran las formas de los paralelos y travesaños y en la Tabla 7.2 aparecen sus respectivas medidas.

La longitud de los paralelos (A) y travesaños (A^*) en esta gavera es diferente primero porque dos lados de la panela son desiguales, para que ésta sea rectangular y segundo por la diferencia de la longitud de sus extremos. En los paralelos el extremo F es igual a la longitud de la panela E . En el travesaño los dos extremos son iguales entre sí e iguales con uno de los extremos del paralelo, $F^*C^*=C$. Esto último para poder colocar varios tramos de gavera en serie, como en el caso de la panela cuadrada.

En esta gavera, las medidas de la panela se encuentran identificadas en la Figura 7.2 y en la Tabla 7.2 por las letras B , E y E^* para el alto, largo y ancho respectivamente.

7.3. Gavera para panela redonda

Para el cálculo de ésta gavera, se debe tener en cuenta que esta panela se puntea a una temperatura más alta (alrededor de 124°C) comparada con la cuadrada y rectangular.

En la Figura 7.3, se observa la perspectiva (vista isométrica), de la gavera para obtener 8 panelas. Luego se encuentra la Tabla 7.3, que suministra las medidas necesarias para obtener panelas de 125, 250, 500 y 1.000 gramos, de acuerdo con las cotas que aparecen en la Figura 7.4.

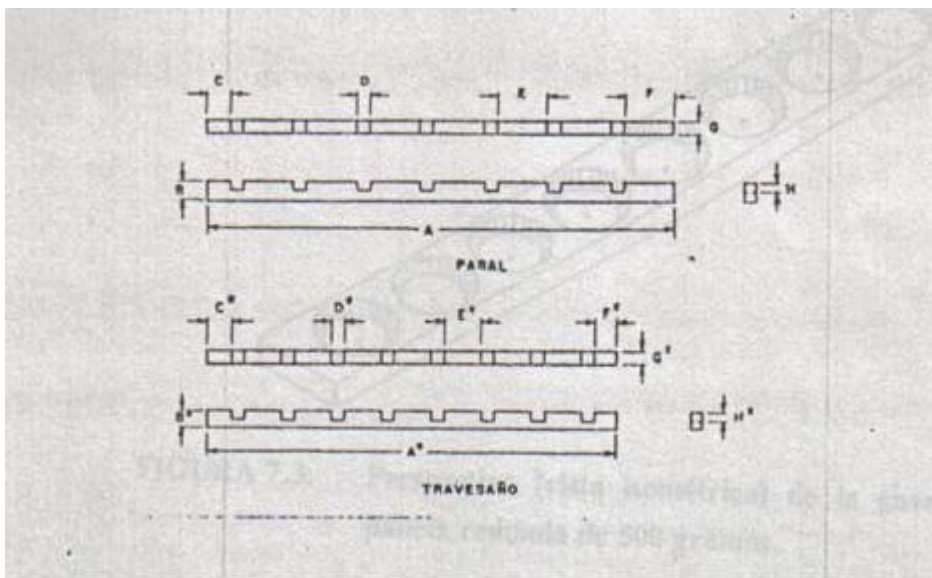


FIGURA 7.2. Vista superior, frontal y lateral, respectivamente de los paralelos y travesaños para la panela rectangular.

TABLA 7.2. Dimensiones de los parales y travesaños de las gaveras para panela rectangular de 125, 250, 500 y 1000 g.

PESO POR PANELA, G	MEDIDAS DE LAS GAVERAS												PARALES		TRAVESAÑOS		PANELA/GAV KG
	PARALES								TRAVESAÑOS				NE	NE			
	A	B	C	D	E	F	G	H	A*	E*	F*						
125	95,8	2	4	2,4	7,8	7,8	2,2	1,0	94,4	6,0	4	11	9	80	10,0		
250	96,8	3	4	2,6	9,0	9,0	2,4	1,5	97,0	7,0	4	10	8	63	15,8		
500	102,0	4	4	3,0	11,0	11,0	2,7	2,0	91,5	8,5	4	8	7	42	21,0		
1000	89,0	5	4	3,0	14,0	14,0	2,7	2,5	93,2	10,7	4	7	5	24	24,0		

PARA TRAVESAÑOS: B*=B; C*=C; D*=D; G*=G; H*=H

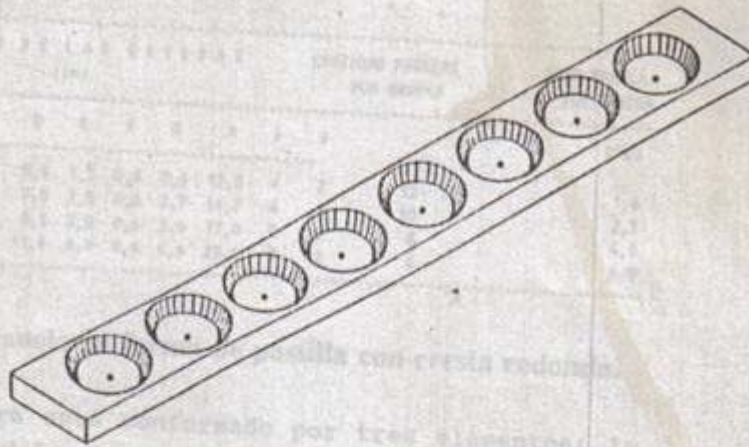


FIGURA 7.3. Perspectiva (vista isométrica) de la gavera para panela redonda de 500 gramos.

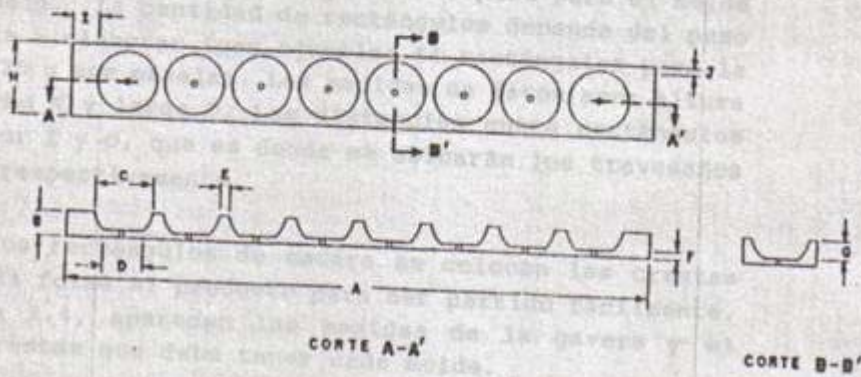


FIGURA 7.4. Vista superior, frontal y lateral de la gavera para panela redonda. (Las dos últimas vistas están en corte.)

TABLA 7.3. Dimensiones de las gaveras para panela redonda de 125, 250, 500 y 1000 gramos.

		PESO DE CADA MEDIDAS DE LAS GAVERAS										
CANTIDAD PANELAS	PESO PANELA											
PANELA (g)	(cm)	POR GAVERA					POR GAVERA					
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
(kg)	-----											
125	130,0	2,9	8,0	5,4	1,5	0,6	2,3	12,0	4	2	13	1,6
250	128,5	3,3	10,7	7,0	1,5	0,6	2,7	14,7	4	2	10	2,5
500	128,0	4,2	13,0	8,5	2,0	0,6	3,6	17,0	5	2	8	4,0
1000	116,0	5,2	16,0	11,0	2,0	0,6	4,6	20,0	5	2	6	6,0

7.4. Gavera para panela en forma de pastilla con cresta redonda.

Este tipo de gavera está conformado por tres elementos: la base, los parales y los travesaños.

En la Figura 7.5, se observa la conformación de la base, parales y travesaños. La base está conformada por un tablón de 12 a 20 mm de espesor L y sobre esta lámina se empalman los rectángulos de madera que servirán de piso para el molde de cada panela. La cantidad de rectángulos depende del peso de la panela a elaborar (por ejemplo: 64 rectángulos para la gavera de 125 g por panela). Las medidas de éstos son: altura 1 cm K , ancho N y largo D . Las distancias entre rectángulos está dada por E y O , que es donde se ubicarán los travesaños y parales, respectivamente.

Encima de los rectángulos de madera se colocan las crestas que le dan la forma al producto para ser partido fácilmente. En la Tabla 7.4, aparecen las medidas de la gavera y el número de crestas que debe tener cada molde.

La cresta de esta gavera es un segmento de circunferencia de

radio J . La altura de la cresta es H , ancho I medido en la base de la cresta y de largo N . T es la longitud resultante del segmento de circunferencia. La letra F es la distancia entre crestas, tomando esta medida en la parte inferior de las crestas. G es la medida entre la cresta y el orillo o borde del rectángulo de madera, siendo su valor similar a F .

Los paraleles y travesaños se arman de la misma forma que se hace con las gaveras para panela cuadrada y rectangular. En la Figura 7.6, se observa la forma de acoplar los tres elementos que conforman esta gavera.

TABLA 7.4. Dimensiones de la base, paraleles y travesaños de la gavera para panela en forma de pastilla con cresta redonda de 125, 250, 500 y 1000 gramos.

CANTID. PANELA		PESO DE CADA																MEDIDAS DE LAS GAVERAS					
PANELA (g)	(cm)	POR GAVERA																BASE	No. Crestas				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T		
125	104,8	3,9	4	10,0	2,4	2,5	2,5	0,4	1,3	0,7	1	1,5	4	5,0	2,4	3	2,4	64,8	60,0	1,6	2	64	
250	102,6	3,9	4	13,6	2,6	2,2	2,3	0,5	1,5	0,8	1	1,5	4	6,0	2,6	3	2,4	57,0	52,2	1,9	3	36	
500	105,0	3,9	4	17,0	3,0	2,0	2,1	0,6	1,7	0,9	1	1,5	4	7,7	3,0	3	2,4	58,5	53,7	2,2	4	25	
1000	105,0	3,9	4	22,0	3,0	1,9	1,9	0,8	2,1	1,1	1	1,5	4	9,6	3,0	3	2,4	55,4	50,6	2,8	5	16	

Continuación TABLA 7.4.

PESO PANELA		PESO DE CADA																MEDIDAS DE LAS GAVERAS	
-------------	--	--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------	--

PANELA (g)	(cm)								POR GAVERA		PARALES	TRAVESAÑOS	
(kg)	A*	B*	C*	D*	E*	F*	G*	No. Parales	A'	E'	No. travesaños		
125	110,3	2,9	4	2,3	10,2	2,2	1,5	9	70,3	5,2	9	8,0	
250	108,3	3,4	4	2,5	13,8	2,4	1,7	7	62,7	6,2	7	9,0	
500	111,4	4,0	4	2,9	17,2	2,8	2,0	6	64,9	7,9	6	12,5	
1000	111,3	4,8	4	2,9	22,2	2,8	2,4	5	61,7	9,8	5	16,0	

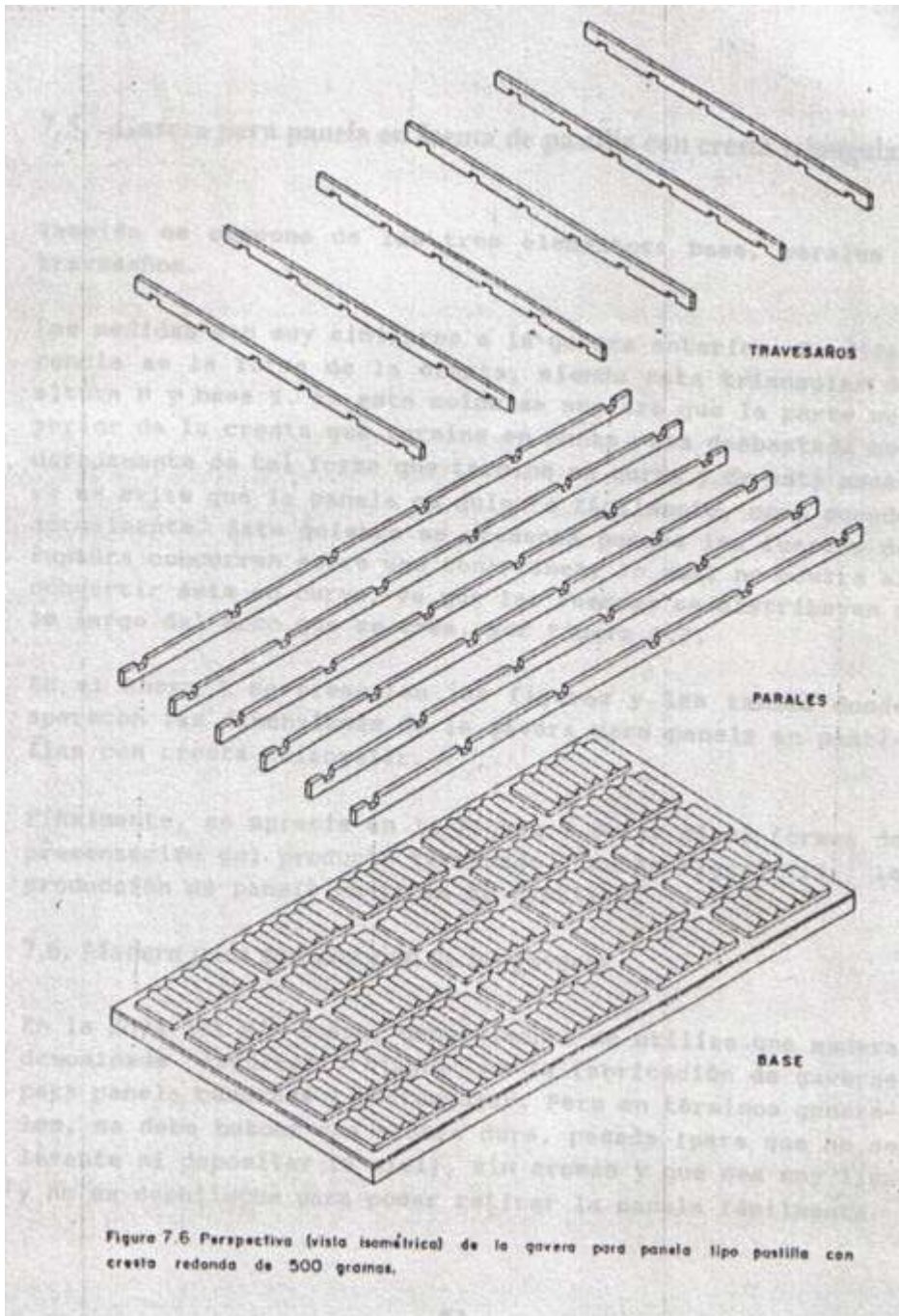
B*=B'; C*=C'; D*=D'; F*=F'; G*=G'

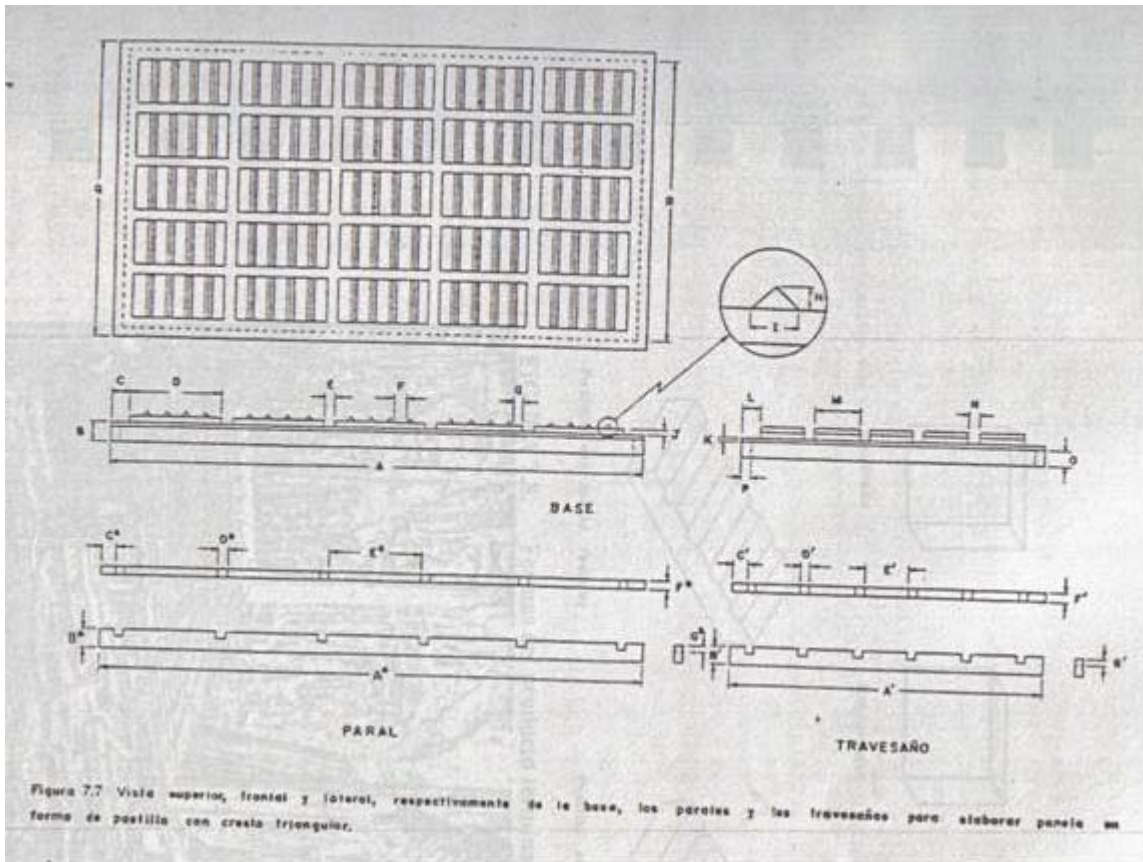
7.5. Gavera para panela en forma de pastilla con cresta triangular.

También se compone de los tres elementos: base, paraleles y travesaños.

Las medidas son muy similares a la gavera anterior. Se diferencia en la forma de la cresta, siendo esta triangular de altura H y base I. En este molde se sugiere que la parte superior de la cresta que termina en punta, sea desbastada moderadamente de tal forma que termine en curva y de esta manera se evite que la panela se quiebre fácilmente, como sucede actualmente. Este quiebre se presenta porque las fuerzas de ruptura concurren sobre una zona línea, lo cual no ocurre al convertir ésta en curva, ya que las fuerzas se distribuyen a lo largo del arco que se crea, Ver Figura 7.7.

En el Anexo 2 se presentan las figuras y las tablas donde





aparecen las dimensiones de la gavera para panela en pastillas con cresta triangular.

Finalmente, se aprecia en la Figura 7.8 las cinco formas de presentación del producto terminado y en la Figura 7.9., la producción de panela en forma de pastilla.

7.6. Madera para construcción de las gaveras

En la Hoya del Río Suárez generalmente se utiliza una madera denominada "Jagüito" o "jagua" en la fabricación de gaveras para panela cuadrada y rectangular. Pero en términos

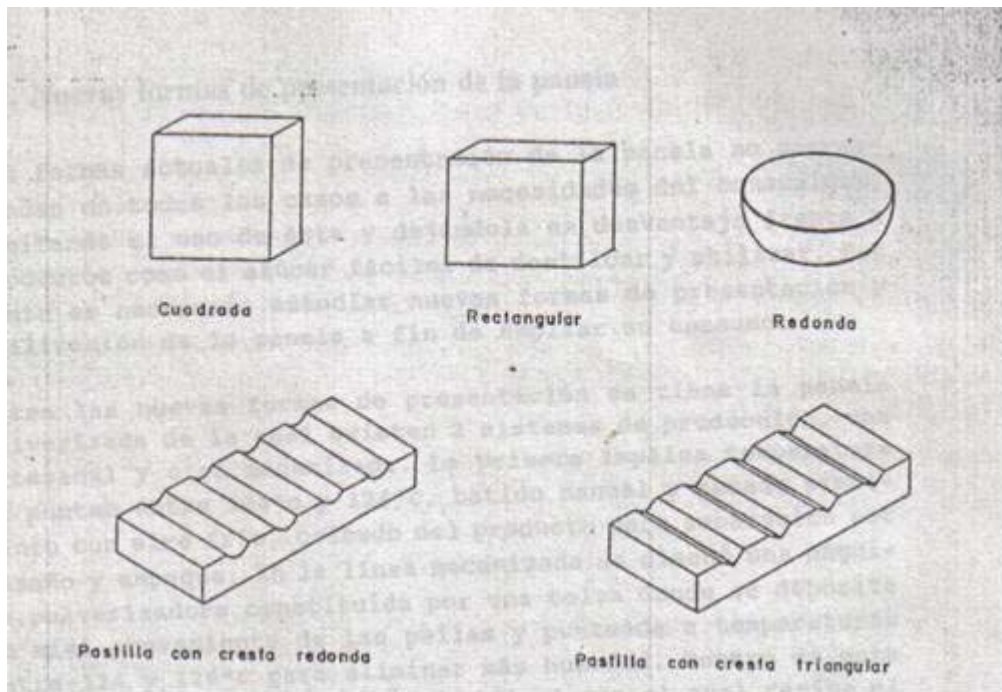


FIGURA 7.8. Formas del producto terminado.

7.7. Nuevas formas de presentación de la panela

Las formas actuales de presentación de la panela no corresponden en todos los casos a las necesidades del consumidor, limitando el uso de ésta y dejándola en desventaja frente a productos como el azúcar fáciles de dosificar y utilizar. Por tanto es necesario estudiar nuevas formas de presentación y utilización de la panela a fin de ampliar su consumo.

Entre las nuevas formas de presentación se tiene la panela pulverizada de la cual existen 2 sistemas de producción, una artesanal y otra mecanizada. La primera implica temperatura de punteo entre 124°C y 126°C, batido manual y secado simultáneo con aire frío, cribado del producto para separación por tamaño y empaque. En la línea mecanizada se diseñó una máquina pulverizadora constituida por una tolva donde se deposita la miel proveniente de las pailas y

punteada a temperaturas entre 124 y 126°C para eliminar más humedad. Dentro de esta tolva va un rotor con ejes perpendiculares el cual recibe el movimiento del motor eléctrico mediante una transmisión formada por correas y cadenas.

En la mayor parte de los casos, para aumentar el nivel de granulado es necesario agregar más cal (preferiblemente cuando las mieles alcanzan entre 106 y 110°C) hasta alcanzar un pH de 6,0 a 6,2. En esta forma se evita el incremento de los azúcares reductores por el aumento en la temperatura de punteo.

El calor y la humedad de la panela se extraen mediante 2 ventiladores axiales. El producto en estas condiciones se saca de la tolva abriendo una válvula de descarga o compuerta y pasando a una criba o zaranda donde se clasifica de acuerdo al tamaño de la partícula, la panela se enfría y debe empacarse lo antes posible dado la alta higroscopicidad de la panela.

Las dos alternativas de producción han dado buenos resultados y debe escogerse una de ellas de acuerdo a la capacidad del trapiche. Los resultados de los análisis físico-químicos realizados en laboratorio son satisfactorios, la humedad final del producto es muy importante y en ningún caso debe ser superior al 3% dado que de otra forma se disminuye la vida útil del producto y se pueden formar verdaderas masas de panela.

7.7.1. Panela saborizada

Sobre la panela líquida, ya sea antes de darle el punto o directamente en la batea, se adiciona el saborizante en concentraciones de 0,5-1,0 g/kg panela. La aromatización puede hacerse con productos naturales (zumos de frutas) o esencias industriales.

Los sabores de mayor aceptación son limón, naranja, canela y anís. Es recomendable sacar presentaciones de unidades pequeñas y utilizar materiales de empaque, panela por panela, que protejan y conserven al máximo el sabor como en el caso de los termoencogibles.

El precio del producto así obtenido se incrementa, pero estudios de costos realizados por CIMPA demuestran que para ciertos estratos del mercado es perfectamente factible su consumo.

8. EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO DE LA PANELA

La alta rotatividad en la comercialización y mercadeo de la panela es causada, entre otros, por la perecibilidad que presenta el producto como resultado de la falta de calidad e inconvenientes en las condiciones de almacenamiento.

La conservación en buen estado durante un tiempo relativamente prolongado de un producto perecedero de origen agrícola como la panela, es el resultado de la interacción de factores del cultivo y beneficio de la caña, con variables importantes, como las condiciones de empaque y almacenamiento.

La agroindustria panelera sufre todos los años pérdidas cuantiosas como consecuencia del manejo inadecuado del producto durante el transporte y almacenamiento provisional mientras se mercadea. Además por el desconocimiento de los parámetros de conservación de la panela no existen programas de almacenamiento que ayuden a disminuir la fluctuación estacional de los precios. Este desconocimiento también ha sido uno de los limitantes para la exportación (45).

Por ello la preservación de la calidad de la panela es importante y es necesario hallar las condiciones de empaque y almacenamiento que permitan su conservación el mayor tiempo con el mínimo deterioro.

8.1. Contenido de humedad de equilibrio en panela (CHEp) .

Entre los mayores limitantes para la exportación de la panela está el desconocimiento de las condiciones ambientales para el transporte terrestre y marítimo y para

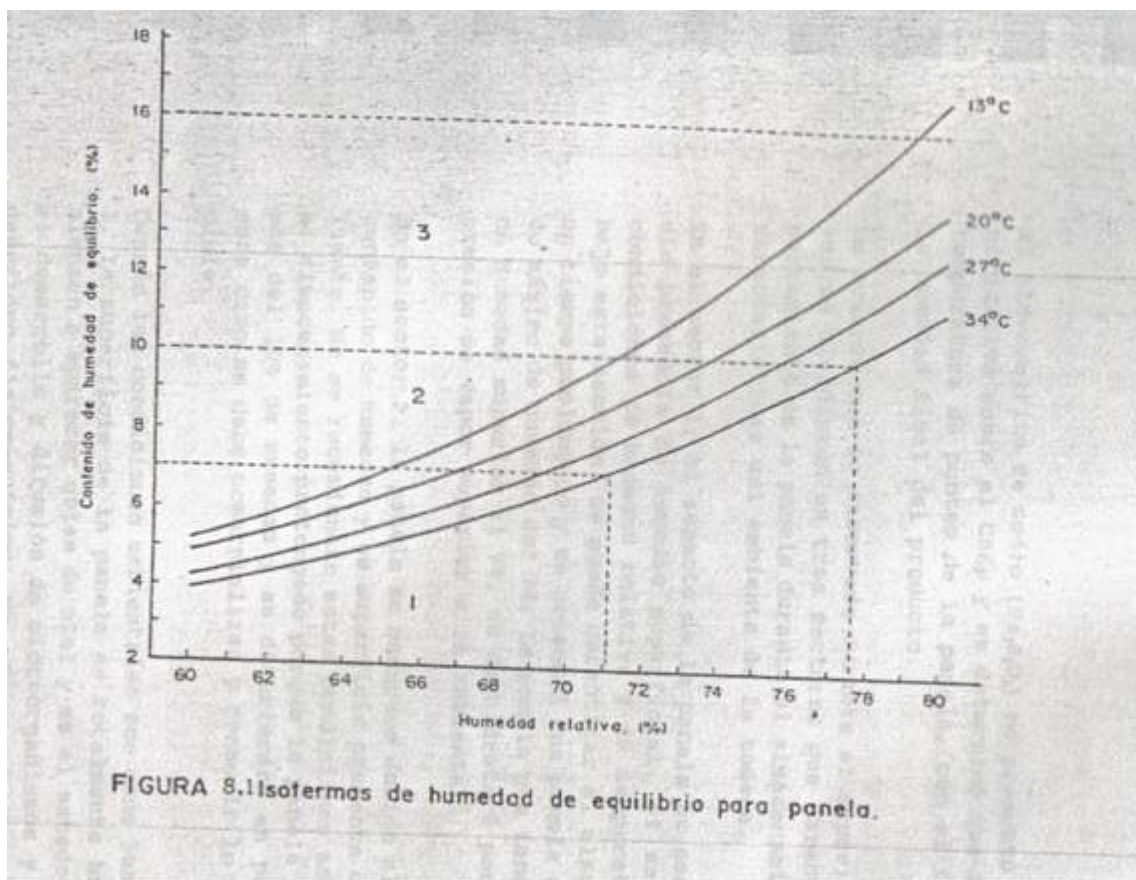
el almacenamiento portuario, que se traduce en el deterioro total del producto, por la acción combinada de los microorganismos y las reacciones físico-químicas producidas por la actividad del agua.

El conocimiento de la humedad de equilibrio de un producto, bajo diferentes condiciones ambientales, permite establecer la perecibilidad del mismo y definir los cambios necesarios en un ambiente, para lograr un almacenamiento seguro durante un tiempo preestablecido.

La panela es higroscópica, o sea que al exponerse al ambiente puede absorber o perder humedad, dependiendo de las condiciones climáticas del medio. El Contenido de Humedad de Equilibrio de la Panela (*CHEp*), es el contenido de humedad alcanzado por la panela cuando se deja durante un tiempo suficientemente largo en determinadas condiciones de temperatura (*T*) y humedad relativa (*HR*) del aire.

La palabra equilibrio se refiere a que el producto no intercambia humedad con el aire que le rodea. Esto sucede cuando las presiones de vapor del agua, en la superficie del producto y en el aire, son iguales. Si la presión de vapor del material es mayor que la presión de vapor del medio ambiente, la humedad se desplazará del producto a la atmósfera y; si es menor que la ambiental, la humedad se desplazará en sentido contrario.

Durante el almacenamiento la panela alcanza el *CHEp* correspondiente a la temperatura y humedad relativa promedias de la región. Esta humedad alcanzada por el producto y la calidad del mismo, determinan el tiempo máximo de almacenamiento sin deterioración.



8.1.1. Ecuaciones para el cálculo del Contenido de Humedad de Equilibrio de la Panela (CHEp).

En un trabajo realizado en CIMPA por Macias **et al** se determinaron las curvas de equilibrio para panela almacenada bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente (Tabla 8.1). También se determinó el efecto del hidrosulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) sobre el CHEp de la panela.

TABLA 8.1. Ecuaciones del Contenido de Humedad de Equilibrio en Panela, para varias temperaturas y humedad relativa variable entre 60 y 90%.

----- -T E M P E R A T U R A (Ec) -----	E C U A C I O N -----
-	
13 0.056687 *HR)	$CHEp = e^{(-1.87491 +$
20 0.052476* HR)	$CHEp = e^{(-1.5634 +$
27 0.054839* HR)	$CHEp = e^{(-1.84285+$
34 0.05306 * HR)	$CHEp = e^{(-1.81297+$
----- -	

8.1.2.Ecuación Multivariable para el Contenido de Humedad de Equilibrio en Panela.

Combinando la temperatura y la humedad relativa como variables dependientes, se halló la ecuación para el cálculo del $CHEp$, para ambientes con temperaturas comprendidas entre 13 y 34Ec y humedades relativas entre 60% y 90% .

$$CHEp = e^{(-1.38479 + 0.054766HR - 0.01653T)}$$

8.1.3. Curvas de Contenido de Humedad de Equilibrio para panela.

Con los datos obtenidos en el laboratorio, que sirvieron para hallar las ecuaciones del $CHEp$ y los calculados con las mismas, Macias **et al** elaboraron las curvas de equilibrio que se presentan en la Figura 8.1.

Estas curvas permitieron establecer que el $CHEp$ aumenta con la humedad relativa, a la misma temperatura y disminuye

cuando la temperatura aumenta, a una humedad relativa constante. Así mismo, se observó una mayor influencia de la humedad relativa, que de la temperatura, sobre el CHEp.

El hidrosulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) no presentó influencia significativa sobre el CHEp y se determinó que debe elevarse la temperatura de punteo de la panela, con el fin de disminuir la humedad final del producto.

De acuerdo con lo observado durante el experimento, las curvas se dividieron en tres sectores que caracterizan el comportamiento de la panela durante el almacenamiento, según las características del ambiente de la bodega.

En el sector 1, el aspecto de la panela es seco, agradable y sin presencia de humedad superficial. Si se mantienen las condiciones de humedad relativa y de temperatura enmarcadas bajo esta sección, se puede garantizar el almacenamiento por un tiempo prolongado y se obtendrá una panela con un contenido máximo de humedad del 7%. La panela que tenga un contenido de humedad superior al 7%, se deshidratará porque tendrá una presión de vapor superior a la ambiental.

En el sector 2, la panela se oscurece debido al aumento de su contenido de humedad y su superficie presenta un aspecto brillante. No se recomiendan estas condiciones ambientales para el almacenamiento prolongado porque la panela puede alcanzar más del 10% de humedad y se deteriorará en poco tiempo. En este caso se debe comercializar y consumir lo más pronto posible.

Cuando las condiciones ambientales son como las de la sección 3, la superficie de la panela es totalmente brillante y comienzan a aparecer gotas de miel y es el estado adecuado para el desarrollo y difusión de microorganismos y el inicio del deterioro físico-químico. No admite ningún

almacenamiento, alcanzando hasta 16% de humedad y se deteriora completamente, convirtiéndose en melaza.

8.2. Empaque y almacenamiento de la panela

La panela almacenada en bodegas acondicionadas o en empaques adecuados, según las condiciones climáticas, puede conservarse en buen estado durante largo tiempo, permitiendo posiblemente una regulación de su precio de venta y abriendo la posibilidad de la exportación con seguridad de conservar sus características.

8.2.1. Factores que influyen en el deterioro de la panela

Las causas que influyen, en la absorción de humedad y consiguiente deterioro de la panela tienen relación con su composición y el medio ambiente. Es más propensa a alterarse cuando presenta un contenido elevado de azúcares reductores, es baja en sacarosa y alta concentración de humedad.

8.2.2. Manifestaciones del deterioro en la panela

A medida que aumenta la absorción de humedad, la panela se ablanda, cambia de color, aumentan los azúcares reductores, disminuye la sacarosa y aparecen los microorganismos:

Ablandamiento: Comienza externamente en la panela y avanza hasta invadirla totalmente, acentuándose cuando el producto se fracciona debido a una mayor área de exposición.

Cambio de color: El tono claro vuelve al verdoso, que había sido eliminado por el $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, debido al paso del complejo ferroso a férrico por oxidación al contacto con el aire.

Así mismo, aún en panela sin aditivos químicos se presenta obscurecimiento del producto por acción de la luz.

Microorganismos: Sobre la superficie se presenta invasión de hongos, levaduras y bacterias.

8.2.3. Sistemas para conservar en buen estado la panela

Generalmente los productores no almacenan la panela, haciéndolo los comerciantes acopiadores de las distintas ciudades donde se mercadea. Cuando las condiciones climáticas regionales son adversas se puede evitar el deterioro de la panela colocándola en bodegas adecuadas o empacándola en materiales apropiados.

8.2.3.1 Bodegas

El almacenamiento transitorio de la panela se puede hacer en bodegas corrientes pero construidas en sitio seco y arrumando los bultos sobre estibas separadas de las paredes. Se deben ventilar cuando la humedad relativa es baja, generalmente entre las 10 de la mañana y las cuatro de la tarde y cerrarlas lo más herméticamente posible el resto del tiempo. El uso de materiales desecantes, como la cal viva, contribuyen a bajar la humedad y en términos generales es recomendable la limpieza del local, eliminando los residuos de panela.

Para almacenar el producto por tiempo prolongado se deben usar bodegas herméticas con aire acondicionado. En estas bodegas se elimina el intercambio de aire del depósito y se mantiene el producto bajo condiciones apropiadas.

De acuerdo con lo establecido en las curvas de humedad de equilibrio de la panela y en ensayos realizados en CIMPA, si la panela se va a almacenar por un tiempo inferior a un mes, ésta se puede guardar en cajas de cartón corrientes, a una

humedad relativa cercana al 70%, a cualquier temperatura, siempre y cuando el contenido de humedad inicial de la panela sea inferior al 7%.

Si el almacenamiento va a superar los tres meses, la humedad relativa del ambiente de la bodega debe ser cercana al 65% y entre más alta la temperatura, pero inferior a 30°C, mejor se conservará la panela. En este caso se debe procurar que la humedad de la panela sea menor de 7%, lo más cercana al 5%.

Las bodegas con aire acondicionado son más eficientes, ya que en ellas se controlan la temperatura y humedad relativa en el punto más conveniente. Su construcción, equipos y operación son costosos y por tanto se recomiendan cuando lo justifiquen las condiciones climáticas, el tiempo prolongado de almacenamiento y principalmente, la rentabilidad económica.

8.2.3.2 Empaques

En los trapiches se empaqueta la panela en diferentes materiales según la región. Los más comunes son la hoja de caña, de plátano y cajas rústicas de madera. En algunas partes los bultos de panela, empacadas en hojas, se depositan en costales de fique ralos.

Otros empaques utilizados, aunque en menor escala, son:

- Cajas de cartón.
- Bolsas de polietileno transparentes empleadas por distribuidores y supermercados para empacar varias panelas o panela molida.
- Envolturas de celofán para una panela rectangular, colocada a su vez en cajas de cartón.

8.2.3.3. Empaque utilizado en la Hoya del Río Suárez

En la región se utilizan básicamente dos tipos de empaque: Las cajas de cartón con capacidad para 40 unidades y la hoja seca de la caña (rusque) (Figura 8.2.), con las cuales se cubren 96 panelas que conforman lo que comúnmente se denomina bulto, atado con fibra plástica o cabuya. El 69% de la panela se empaca en rusque y el 31% en cajas de cartón.



FIGURA 8.2. Empaque de la panela en rusque.

El empaque de la panela en hoja de caña, es una operación de características artesanales y se emplea principalmente en la Hoya del Río Suárez y en algunos municipios de Cundinamarca. Se puede estimar que la panela empacada en hoja de caña alcanza entre el 15 y 20% de la producción nacional.

La hoja usada en el empaque se selecciona en el lote antes del amanecer y se lleva al trapiche donde se mantiene a la sombra y con alta humedad, para mantener su flexibilidad. Uno de los mayores limitantes es que no todas las variedades tienen hojas que cumplan con las condiciones necesarias. Actualmente se usa principalmente la hoja de la variedad POJ - 2714 y ocasionalmente de la POJ-2878 y PR-61632.

El bulto tiene 96 panelas y consta de tres tendidos de 32 unidades, cada uno de cuatro filas por ocho columnas. Para elaborar el bulto, se marcan en el piso los orificios donde

se colocarán unos listones de madera que sirven de guías en la colocación de los tendidos de panela. Una vez ubicados estos listones se colocan las cuerdas, plásticas o de fique, que servirán para amarrar el bulto. Posteriormente se coloca una capa de hojas y sobre este el primer tendido de panela, el cual se amarra con cuerdas horizontalmente. Así mismo se colocan los otros dos tendidos hasta completar el bulto. La capa de hojas se enrolla sobre la panela y se amarran con las primeras cuerdas verticalmente. Un obrero experimentado emplea entre 4 y 5 minutos armando un bulto de panela.

8.2.4. Aspectos económicos sobre el uso de empaques

García, indica en la Tabla 8.2 un apreciativo del costo del empaqueo de la panela en el trapiche, utilizando varias clases de materiales. En los costos se contemplan la mano de obra en horas-hombre y los materiales para empaquear una carga de panela corriente (2 bultos de 48 a 50 kg con 96 panelas cada uno). La mano de obra se calcula con base a ocho horas de trabajo y cuando el jornal costaba \$700.

TABLA 8.2. Costo del empaqueo de una carga de panela utilizando diferentes materiales.

EMPAQUES	HORAS HOMBRE	COSTO		
		M.OBRA	MATERIAL	DE LA CARGA
Hoja de caña.	1,50	132	20	152
Bolsa polietileno	0,25	22	70	92
Cajas de cartón	0,25	22	160	182
Bolsas de polietileno en cajas de cartón.	0,25	22	230	252

En el empaque tradicional se gasta más en mano de obra y menos en materiales, mientras que en los otros sistemas

ocurre lo contrario. El empaque en bolsas de polietileno en cajas de cartón es el más costoso y el más barato es la bolsa de polietileno sola. La elección de cualquier sistema depende de factores tales como: tiempo de almacenamiento, condiciones climáticas, exigencia de los compradores, etc.

Aparte de la comparación económica, en ensayos realizados en CIMPA se ha encontrado que en la panela empacada en hoja de caña se deteriora más rápidamente que la empacada en cajas de cartón.

En un estudio de almacenamiento de panela a 20°C de temperatura y 80% de humedad relativa, se observó la presencia de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus sp.* y ácaros a los 45 días de almacenamiento en la panela empacada en rusque y se detectaron algunas cristalizaciones de azúcares. En las Figuras 8.3 y 8.4 se muestra el aspecto de las panelas empacadas en hoja de caña y en cartón.

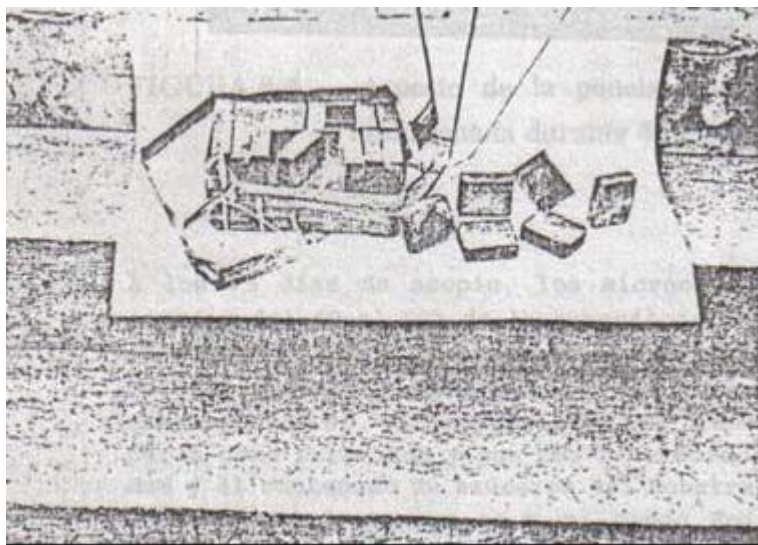
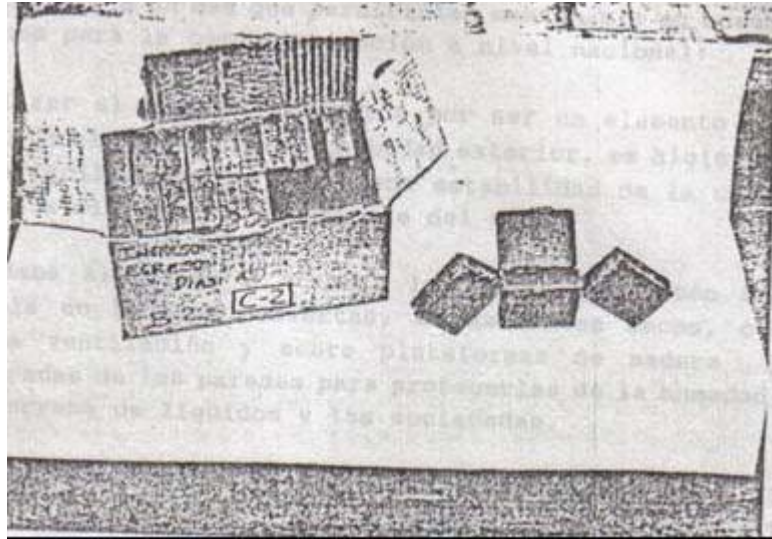


FIGURA 8.3. Aspecto de la panela empacada en rusque, almacenada durante 45 días.



8.4.Aspecto de la panela empacada en cartón S-7, almacenada durante 45 días.

A los 75 días de acopio, los microorganismos alcanzaron a invadir del 60 al 90% de la superficie de la panela envuelta en rusque. En la empacada en cartón alcanzó un 10 a 15% de la superficie. Se desarrollaron los hongos *Penicillium sp* y *Cladosporium sp*, microorganismos que tienen una acción secundaria como parásitos y que son favorecidos por la alta humedad y el contenido de azúcares del substrato. En el rusque se encontró *Cladosporium sp* y el hongo *Epicoccum sp*. No se detectaron aflatoxinas B-1, B-2, G-1 y G-2.

A los 3 meses de almacenamiento, la panela en rusque fue afectada por microorganismos y cristalización en 70% de la superficie total en promedio, en tanto que la almacenada en cartón solo estaba en 30%.

Del estudio realizado se extractaron algunas recomendaciones, para el almacenamiento de la panela durante períodos de tiempo cercanos a un mes que permitirían mantenerla en buenas condiciones para la comercialización a

nivel nacional:

- 1.Utilizar el empaque de cartón por ser un elemento que protege el producto de la humedad exterior, es higiénico y de fácil manipuleo. Da buena estabilidad de la carga durante el arrume y transporte del mismo.
- 2.Se debe almacenar y arrumar las cajas de cartón con panela en bodegas cubiertas, en ambientes secos, con buena ventilación y sobre plataformas de madera y separadas de las paredes para protegerlas de la humedad, el derrame de líquidos y las suciedades.
- 3.La panela debe ser empacada en las cajas de cartón en el momento en que alcanza una temperatura similar a la del ambiente. Si el producto es empacado caliente, se creará en el interior de la caja un ambiente húmedo y caliente, favorable al desarrollo de microorganismos. Si se deja mucho tiempo en el trapiche sin empacar se humedece y contamina con los microorganismos del mismo.
- 4.Las paredes y los pisos del almacén deber ser lo más aislados posible, para evitar el intercambio de las condiciones ambientales interiores con las exteriores.
- 5.La bodega debe ventilarse durante el día en los períodos de baja humedad relativa y cerrarla durante la noche.
- 7.Debe elevarse la temperatura final de la elaboración de panela (punteo) para bajar la humedad final del producto

En el caso de almacenamiento prolongado se deben tener en cuenta no solo las recomendaciones anteriores, sino adecuar las condiciones ambientales de la bodega, a unos niveles que ofrezcan seguridad y garantía de éxito en su conservación de la calidad de acuerdo con las curvas de humedad de equilibrio de la panela.

8.3. Producción y manejo de empaques de cartón

Tres grandes necesidades advierten los industriales del empaque de cartón en Colombia: suministro adecuado de materias primas, reforestación dinámica y mayor cultura de consumo.

En la comercialización moderna de miles de productos presentes en el mercado, el empaque adquiere más importancia cada día por las múltiples funciones que cumple. Además de resolver las necesidades de conservación de las propiedades físicas, químicas y de diseño industrial y gráfico, se reconoce la urgencia de encontrar soluciones de empaques en áreas como transporte, almacenamiento y control de calidad.

Para desarrollar el embalaje más conveniente se necesita, como punto de partida, una información básica sobre el producto, la distribución y la comercialización. Del producto se requiere conocer su peso, densidad, volumen, propiedades físico-químicas, unidades a empacar, compatibilidad del producto con el empaque, tiempo de almacenamiento y métodos de empaque, entre otros.

En la comercialización, el empaque además de proteger el producto, desempeña una función importante: refleja su "personalidad". El 50% de la función y por lo tanto del costo del empaque, es la de contener, proteger y permitir su manipulación. El 50% restante resuelve problemas de comunicación, desde revelar el contenido, comunicar sus ventajas y beneficios y transmitir su identidad.

El empaque representa cerca del 15% del costo de los productos elaborados industrialmente. La producción mundial de empaques vale alrededor de 500 millones de dólares al año.

La industria de empaques de cartón presenta el problema que asocia las materias primas con la conservación ecológica.

En Colombia no existe un programa de reforestación que abastezca a la Industria Papelera y solucione problemas ecológicos como la sequía, reducción de las cuencas hidrográficas y de la capacidad productiva de la tierra.

En el país el área reforestada es cercana a 170.000 Ha, la cual es suficiente para atender la demanda nacional proyectada hasta finales del siglo. Es necesario detener la destrucción del bosque nativo y reforestar, por lo menos, uno o dos millones de hectáreas para poder competir con los países industrializados.

8.3.1. Empaques de cartón corrugado

8.3.1.1. Definición

El cartón corrugado con el cual se fabrican las cajas, se compone de tres elementos: dos caras de cartón plano o liners, separadas entre sí por un núcleo de papel corrugado ondulado, denominado corrugado medio.

Una de las caras conforma el exterior de la caja y sobre su superficie plana y rígida se imprime, con diferentes técnicas, estilos y colores, la identificación del producto a contener. La otra cara forma el interior de la caja, Fig.8.5.

8.3.1.2. Fabricación

Para la elaboración del cartón corrugado, primero se moldea el papel onda pasándolo entre dos mazas dentadas, similares a un par de piñones, formando un gran número de canales. Luego, las láminas planas se pegan a ambos lados de las ondas, obteniéndose una estructura con elevada resistencia y rigidez con relación a su peso.

8.3.1.3. Propiedades básicas

8.3.1.3.1. Resistencia al aplastamiento vertical

Durante el diseño y fabricación de la caja, el cartón se coloca con el ondulado del corrugado medio en sentido vertical, funcionando como un gran número de columnas que soportan el peso de los arrumes durante el bodegaje y transporte.

Esta propiedad se denomina resistencia al aplastamiento vertical y obedece a la calidad, peso y rigidez de los materiales empleados y al mantenimiento de la separación entre las dos caras planas de cartón.

8.3.1.3.2. Resistencia al aplastamiento horizontal

En sentido horizontal, la separación entre las dos caras planas de cartón y las ondulaciones del corrugado medio, forman arcos resistentes que proveen de amortiguamiento y protección al producto. Golpes externos y movimientos bruscos generados durante el manejo y transporte quedan minimizados; un golpe contra el exterior de la caja es parcialmente absorbido por la estructura ondulada y los canales de aire que ésta forma.

Esta propiedad se denomina resistencia al aplastamiento horizontal y depende principalmente de la selección de los materiales empleados en la fabricación del corrugado medio.

8.3.1.3.3. Resistencia al rasgado

Estructuralmente, en las cuatro esquinas de la caja se concentra la mayor resistencia para soportar el peso en los arrumes verticales pero, al mismo tiempo, estas zonas son susceptibles a rasgarse cuando se someten a tensiones exagerada durante el armado, llenado, cerrado y manipuleo.

La resistencia al rasgado depende enteramente de la calidad y composición de los cartones planos empleados en la fabricación del cartón corrugado. Las tres propiedades mencionadas anteriormente, se pueden observar en la Figura 8.6.

8.3.1.4. Presentación

Para lograr y mantener una excelente apariencia visual, tanto de la caja como de su impresión, es necesario que la superficie expuesta del cartón sea plana, uniforme en su color y resistente al roce.

Estos atributos miden la presentación y dependen de la selección de las materias primas, los procesos de fabricación del cartón plano y las técnicas de diseño gráfico e impresión utilizadas.

8.3.1.5. Manejo de cajas de cartón corrugado

A continuación se presentan algunas recomendaciones para empacar, almacenar y transportar productos en cajas de cartón corrugado.

8.3.1.5.1. Manejo de los paquetes de cajas

- Maneje los paquetes con cuidado: sin golpearlos, ni tirarlos, usando al máximo carretillas manuales.
- Los paquetes con cajas deben guardarse en bodegas o almacenes techados, cerrados y bien ventilados, evitando la humedad, el sol directo y el excesivo calor.
- Arrume los paquetes sobre plataformas de madera o estanterías, separándolos del suelo.
- Siempre arrume los paquetes de cajas de cartón corrugado en

posición horizontal, nunca parados.

- Al hacer arrumes más altos que el alcance manual nunca utilice los paquetes como escalones.
- Arrume hasta una altura máxima de cinco metros trabando los paquetes en cada tendido, para lograr un arrume estable y evitar un peligroso derrumbamiento.
- Utilice primero los paquetes más antiguos en almacenamiento, manteniendo así una rotación de inventarios.
- Al desarrumar los paquetes con cajas y conducirlos a la zona de empaque, no los deje caer de alturas extremas y no los hale o arrastre para transportarlos.
- En los trapiches, no usar las cajas vacías como colchón, para que los obreros duerman sobre ellas.

8.3.1.5.2. Armado, llenado y cerrado de las cajas

- Abrir las cajas plegables y formar el fondo sin forzar sus esquinas o doblar sus caras. Al pegar las aletas del fondo, asegúrese que las cajas queden bien cuadradas.
- Introducir la panela correctamente: sin empujar, doblar las caras laterales o rasgar las esquinas de la caja.
- Si es necesario mover las cajas, llenas y sin cerrar, tómelas por la base, nunca de las aletas superiores.
- Para cerrar las aletas de la caja, use en lo posible el engomado, luego el encintado y por último el grapado.
- Para cerrar temporalmente las cajas, no entrelace o trabe sus aletas para no estropearlas.

- Para cerrar las cajas con goma, cubra por lo menos el 50% del área de contacto entre las aletas.
- Para una mayor protección del polvo y la suciedad cierre las cajas con un encintado en forma de *H* arriba y abajo.
- Al usar grapas de alambre éstas deben colocarse en la zona de traslape, entre las aletas cortas y las largas, a menos de 6 cm entre si y máximo a 2,5 cm de los bordes.
- Al utilizar grapas de corona ancha deben colocarse puenteando el cierre central, con un mínimo de tres grapas por cada traslape de aletas.
- Para cartón corrugado de pared sencilla use grapas con patas de 1 cm. Con pared doble, deben medir 1,3 cm.
- Las patas de las grapas deben atravesar totalmente las partes a unir y al doblarse, se debe aplastar levemente el cartón interior.

8.3.1.5.3. Almacenamiento de las cajas con el producto

- Además de las recomendaciones de manejo de las cajas presentadas cuando se trató el tema del almacenamiento en bodegas cubiertas, se debe tener en cuenta:
- Utilice equipos de montacargas con plataformas de madera o escaleras para conformar arrumes más altos de su alcance manual, no use las cajas como escalones.
- Las plataformas de madera usadas para hacer arrumes de varios niveles, deben ser de doble cara-reversible y sin espacios entre tablas mayores que la sexta parte del ancho de la caja.

- En los arrumes, las cajas deben alinearse verticalmente, haciendo coincidir sus esquinas, sin trabarlas, con excepción de los dos últimos tendidos que deben trabarse.
- Arrume en columnas intercalando una hoja de cartón después del segundo tendido y cada dos tendidos subsiguientes, para "amarrar" las columnas.
- Cuando se arrume sobre una plataforma, los bordes de las cajas no deben sobrepasar los de la plataforma, para evitar que parte de las cajas quede en voladizo.
- En los arrumes, las cajas deberán ir con su corrugación en disposición vertical y no exceder la altura máxima determinada por su diseño estructural.
- Al cargar el camión, las cajas deben colocarse con el corrugado en posición vertical, arrumarse en columna y hacer coincidir verticalmente sus esquinas.
- Para obtener una mayor estabilidad de la carga durante el transporte, coloque la cara larga de la caja a lo largo del camión y la cara ancha a lo ancho.
- Preferiblemente, no debe mezclarse carga cuando se despachan cajas con producto terminado. Si es inestable, los dos tipos de carga deben separarse. No deben colocarse las cajas sobre otro tipo de carga, ni colocar carga sobre las cajas.

8.4. Empaques en material termoencogible

Para la producción del termoencogible se emplea el cloruro de polivinilo (P.V.C), material atóxico e incombustible de producción nacional. Este empaque se menciona en este artículo porque en Colombia se ha venido usando el P.V.C. termoencogible, tanto en la panela como en otros productos

alimenticios. Sin embargo las autoridades alimentarias de los países europeos lo han descartado y prohibido y en Estados Unidos tiene un plazo limitado para salir del mercado.

Los termoencogibles se basan en el factor de memoria que tienen las películas plásticas. Al producirlas son modificadas mediante estiramiento y al pasar por una fuente de aire caliente se ablandan y tienden a recuperar su forma inicial. Esto hace que se contraigan o encojan contra el producto haciendo así un paquete fuerte y atractivo.

Existen las siguientes formas de empaque con termoencogible:

Banda: Se emplea una funda o tabular cortada de acuerdo con las dimensiones del producto o productos a empaçar.

Banda Sellada: Es una modificación de la anterior . Para obtener un mejor efecto de sello, se cierra uno de los extremos. Este sello puede hacerse recto o en forma de trapecio para eliminar las orejas que deja el material sellado sobre objetos con extremos en ángulo recto, como es el caso de la panela cuadrada o rectangular.

Para el encogimiento de la banda se requiere una fuente de calor, ya sea túnel, resistencia de aro, resistencia de base, pistola de aire caliente, seleccionada de acuerdo con las necesidades y posibilidades del productor.

8.4.1 Ventajas y beneficios de empaque con termoencogible

Al empaçar con termoencogible se obtienen los siguientes ventajas:

1- Impacto visual y excelente apariencia:

Al ajustarse al producto resalta sus formas y contornos. Además, la panela adquiere brillantez destacando su apariencia final en el punto de venta.

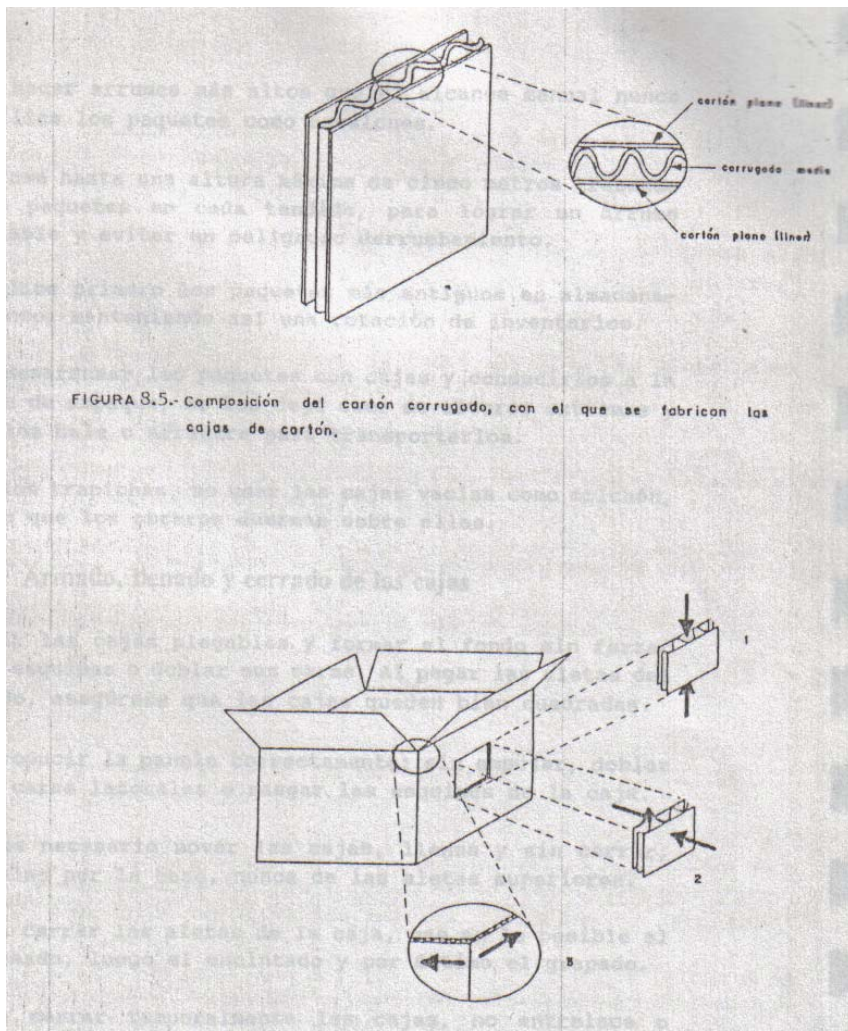
2- Protección y limpieza:

Reduce el desperdicio, incrementa la vida del producto y lo protege del medio ambiente.

3- Inmovilización: Permite asegurar más panela, protegiéndola si contra los riesgos del movimiento (transporte) que puedan causar desperdicios o rupturas.

4- Identificación del producto: Se puede rotular o identificar mediante una etiqueta con tintas de diversos colores que llamen la atención del consumidor y expliquen su contenido

como alimento, procedencia y peso, entre otros.



9. VALOR NUTRICIONAL DE LA PANELA

En el valor nutricional de la panela tienen incidencia numerosos factores que van desde la variedad de caña utilizada, el tipo de suelo, las características climáticas, la edad y sistema de corte y apronte y las condiciones del proceso.

La panela se encuentra entre los productos de mayor consumo nacional, es soluble en cualquier líquido y conserva gran parte de los componentes del jugo de la caña, pero en concentraciones mayores.

Un alimento se define como nutricionalmente bueno cuando reúne los nutrientes esenciales para el organismo en las proporciones o cantidades adecuadas, suministra la energía para el desarrollo de los procesos metabólicos y está libre de sustancias nocivas para el consumidor.

9.1. Nutrientes presentes en la panela

Entre los grupos de nutrientes esenciales deben citarse el agua, carbohidratos, minerales, proteínas, vitaminas y grasas. Un estudio físico-químico de composición de la panela producida en la Región Hoya del Río Suárez elaborado por CIMPA (Tabla 9.1) pone de manifiesto su alto valor nutricional. En forma global puede decirse que este alimento cumple cualitativamente con las recomendaciones de consumo diario elaboradas por el Instituto Nacional de la Nutrición en Colombia.

Los azúcares son nutrientes básicamente energéticos. De ellos el organismo obtiene la energía necesaria para su funcionamiento y desarrollo de procesos metabólicos.

TABLA 9.1. Límite inferior, superior y promedio, en los diferentes parámetros analizados en las muestras de panela obtenidas en la Región de la Hoya del Río Suárez, Santander.

Análisis	Límite Inferior	Límite Superior	Valor Promedio
Análisis Proximal			
Humedad, %	5,77	10,18	7,48
Proteína, %	0,39	1,13	0,70
Nitrógeno, %	0,06	0,18	0,11
Grasa, %	0,13	0,15	0,14
Fibra, %	0,24	0,24	0,24
Az. Reductores, %	7,10	12,05	9,15
Sacarosa, %	75,72	84,48	80,91
Cenizas, %	0,61	1,36	1,04
Minerales, mg/100 g			
Magnesio	28,00	61,00	44,92
Sodio	40,00	80,00	60,07
Potasio	59,00	366,00	164,93
Calcio	57,00	472,00	204,96
Manganeso	1,20	4,05	1,95
Fósforo	34,00	112,50	66,42
Zinc	1,30	3,35	2,44
Hierro	2,20	8,00	4,76
Color % T (550 nm.)	34,90	75,90	55,22
Turbiedad % T (620 nm.)	32,79	71,78	52,28
pH (Acidez)	5,77	6,17	5,95
Peso g	378,00	498,00	434,86
Poder Energético			
Calorías/100 g	322,00	377,00	351,00

Fuente: Determinación de la Composición Físico-Química de la panela, Región Hoya del Río Suárez. Convenio ICA-Holanda, CIMPA, Barbosa S.S, 1989.

Los carbohidratos presentes en la panela son la sacarosa que

aparece en mayor proporción y otros menores denominados azúcares reductores o invertidos como la glucosa y la fructuosa, los cuales poseen un mayor valor biológico para el organismo, que la sacarosa componente principal del azúcar moscabado y refinado.

En la panela se encuentran cantidades notables de sales minerales, las cuales son 5 veces mayores que en el azúcar moscabado y 50 veces más que en el refinado. Entre las principales se tienen las de: calcio, potasio, magnesio, cobre, hierro y fósforo como también trazas de fluor y selenio (Tabla 9.2.).

Otra de las bondades que ofrece la panela es en la alimentación infantil, puesto que es uno de los pocos alimentos bien tolerados por el organismo de los niños, dado que ayuda a evitar la formación de gases y previene la constipación por su acción levemente laxante.

En la etapa de crecimiento del niño el alto contenido de sales minerales de la panela representa un beneficio en el desarrollo armónico del cuerpo. Con éste alimento se ayuda a alcanzar los niveles nutricionales apropiados sin exagerar la cantidad de otros en su dieta diaria.

El calcio contenido en la panela contribuye a la formación de mejor dentadura y huesos más fuertes, así como a la prevención de caries especialmente en los niños.

En poblaciones infantiles donde la dieta incluye panela, la incidencia de las caries es significativamente baja. Esto se explica por la presencia de fósforo y calcio que entran a formar parte de la estructura dental y al mismo tiempo contienen cationes alcalinos (potasio, magnesio, calcio), capaces de neutralizar la excesiva acidez, una de las principales causas de las caries. Es además esencial para la

contracción muscular, el ritmo cardíaco y la excitabilidad nerviosa. Ayuda también a evitar enfermedades óseas como la osteoporosis que se presenta en la edad adulta (30).

TABLA 9.2. Análisis comparativo del azúcar refinado, moscabado y panela. (Laboratorio Instituto Anboisse de Francia).

Para 100 g de:	Azúcar refinado	Azúcar moscabado	Panela
Carbohidratos en g			
Sacarosa	99,6	96 a 99	72 a 78
Fructuosa	----	0 a 1	1,5 a 7
Glucosa	----	0 a 1	1,5 a 7
Minerales en mg			
Potasio	0,5 a 1,0	1,7 a 4,0	10 a 13
Calcio	0,5 a 5,0	70,0 a 90,0	40 a 100
Magnesio	----	3,0 a 6,0	70 a 90
Fósforo	----	3,0 a 5,0	20 a 90
Sodio	0,6 a 0,9	0,7 a 1,0	19 a 30
Hierro	0,5 a 1,0	1,9 a 4,0	10 a 13
Manganeso	----	0,1 a 0,3	0,2 a 0,5
Zinc	----	0,04 a 0,2	0,2 a 0,4
Flúor	----	3,95 a 0,3	5,3 a 6,0
Cobre	----	0,10 a 0,3	0,1 a 0,9
Vitaminas en mg			
Provitamina A	----	0,34	2,00
vitamina A	----	0,32	3,80
Vitamina B1	----	Trazas	0,01
Vitamina B2	----	Trazas	0,06
Vitamina B5	----	Trazas	0,01
Vitamina B6	----	Trazas	0,01
Vitamina C	----	Trazas	7,00
Vitamina D2	----	Trazas	6,50
Vitamina E	----	40,0	111,30

Vitamina PP	----	Trazas	7,00
Proteínas	----	100,0 mg	280,0 mg
Agua	0,01 g	0,05 a 0,98 g	1,5 a 7,0 g
Energía, cal	384	382	312

El hierro contenido en la panela previene la anemia. El porcentaje de éste en el recién nacido se consume a los pocos meses y por lo cual se requiere una dieta rica en este mineral para que el nivel de hemoglobina permanezca estable. Fortalece también el sistema inmunológico del infante y previene enfermedades del sistema respiratorio y urinario.

Otro elemento que aporta la panela es el fósforo, pilar importante de huesos y dientes y participante en el metabolismo de las grasas, carbohidratos e intercambios de energía a través de las reacciones oxidativas de fosforilación. Su déficit, en forma inorgánica, acarrea una desmineralización de los huesos, crecimiento escaso en la edad infantil, raquitismo y osteomalacia.

El magnesio es fortificante del sistema nervioso, actúa en la excitabilidad muscular y sirve como activador de varias enzimas como la fosfatasa de la sangre. Los niños que tienen un nivel normal de éste elemento son más activos y vivaces.

El potasio es indispensable en el mantenimiento del equilibrio del líquido intracelular, afecta el ritmo del corazón y participa en la regulación de la excitabilidad nerviosa y muscular. Ayuda a combatir la acidosis y la acetonuria.

En cuanto al aporte del sodio en el organismo éste actúa como factor principal en el mantenimiento del líquido

extracelular y de las sales amortiguadoras.

En referencia al flúor, el organismo necesita solamente cantidades vestigiales pero que son fundamentales para el desarrollo de huesos y dientes, resulta beneficioso para la osteoporosis y protector contra las caries dentales.

Por tanto de manera general en la población infantil alimentada con panela, no se presentan casos de glotonería y hambre como sucede en niños alimentados con dietas a base de azúcares refinados y harinas blancas.

Elementos tales como el calcio y el fósforo ya mencionados se hacen indispensables en el metabolismo de la sacarosa, carbohidrato que aparece en mayor porcentaje en el azúcar refinado, moscabado y la panela.

La panela cumple a nivel de metabólico diferentes tareas como ser aportante de vitaminas, aunque estas aparezcan en cantidades insignificantes pero, que en algunos casos pueden resultar esenciales para el organismo.

La vitamina A es indispensable en el crecimiento del esqueleto y del tejido conjuntivo y hace parte de la púrpura visual. Las vitaminas del complejo B, como la B1, interviene en el metabolismo de los ácidos y los lípidos; la B6 participa en el metabolismo de los ácidos grasos esenciales y es fundamental en la síntesis de hemoglobina y citocromos.

La vitamina D incrementa la absorción de calcio y fósforo en el intestino y la vitamina C cumple con mantener el material intercelular de cartílago, dentina y hueso.

9.2.Composición de la panela y análisis comparativo con el azúcar, miel de abejas chocolate y café.

Observando la Tabla 9.3. elaborada por el Instituto Nacional de Nutrición, se concluye que los grupos de alimentos analizados presentan buenos contenidos de casi la totalidad de los nutrientes requeridos por el organismo, sin embargo, al tener la panela bajo contenido de grasas, alta cantidad de minerales y carbohidratos, se constituye en el más completo de todos.

Con relación al azúcar refinado su principal sustituto, no existen casi puntos de comparación, dado que éste está constituido en su totalidad por sacarosa, con carencia absoluta de minerales y vitaminas, compuestos presentes en apreciables cantidades en la panela.

TABLA 9.3. Contenido de nutrientes de la panela, azúcar, miel de abejas, miel de caña, chocolate en pastilla y café tostado y molido.

Componente	Panela	Azúc. refin.	Miel de abejas	Miel de caña	Choco- late.	Café molido
Humedad, %	8,3	0,5	19,3	25,0	3,1	5,9
Grasa, %	0,1	---	0,2	0,2	16,8	14,3
Proteína, %	0,5	---	0,6	0,7	3,8	14,0
Cenizas, %	1,1	0,2	0,1	1,0	1,2	4,5
Fibra, %	---	---	---	0,5	1,0	7,6
Carbohi- dratos, %	92,0	99,3	79,8	72,6	74,1	53,8
MINERALES, mg/100 g						
Calcio	80,0	---	25,0	70,0	46,0	150,0
Fósforo	60,0	---	10,0	40,0	150,0	200,0
Hierro	2,4	0,1	0,8	1,5	2,8	5,0
VITAMINAS, mg/100g						
Tiamina (B1)	0,02	---	---	0,03	0,05	0,07
Riboflavina (B2)	0,07	---	0,04	0,06	0,09	0,10

Niacina	0,30	---	0,30	0,05	0,50	1,50
Acido Ascórbico (C)	3,00	---	3,00	6,00	---	---
Vitamina A, U.I/100 g	---	---	---	---	20,0	---
PODER ENERGETICO Cal/100 g	312	384	312	285	441	384
PARTE COMESTIBLE %	100	100	100	100	100	100

Si en los hábitos alimenticios se eliminara el consumo de panela utilizando únicamente el azúcar, las familias de bajos recursos especialmente en las zonas rurales no contarían con otros edulcorantes, que les proporcionarían los minerales que contiene éste producto.

Comparándola con la miel de abejas se observa que su composición cualitativa es bastante similar, variando solamente a nivel de minerales, específicamente en el contenido de hierro, calcio y fósforo, donde la panela registra cantidades notablemente superiores.

Con relación al contenido vitamínico la panela, la miel de abejas y la miel de caña, presentan pequeñas cantidades de tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico, sobresaliendo la miel de caña por su alto contenido de las dos últimas.

El chocolate y el café, aunque son alimentos completos presentan el inconveniente de ser demasiado rico en grasas el primero generando problemas en ciertos organismos debido

a la mala metabolización de las mismas, cosa que no sucede al consumir panela. El café bebida ampliamente popular hace parte de los reconocidos estimulantes nervinos haciendo que su exceso de consumo sea controlado.

9.3.Comparación de nutrientes del agua de panela con otras bebidas.

Analizando la Tabla 9.4, elaborada por el Instituto Nacional de Nutrición, sobre la composición del agua de panela, café negro, chocolate, coca cola, gaseosas y cervezas, desde el punto de vista de contenido de minerales y vitaminas, se destaca la cantidad de calcio en la panela y su ausencia en las gaseosas, coca cola (cola negra) y cerveza. En cuanto al hierro sus valores son más o menos similares en todos, exceptuándose las gaseosas en las cuales es inexistente

TABLA 9.4.Comparación de nutrientes del agua de panela, chocolate con azúcar, café negro, coca cola, gaseosas y cerveza.

	Agua de Panela	Chocolate	Café Negro	Coca Cola	Gaseosa	Cerveza
PREPARACION	35g/taza	31g/taza	15g/taza			
VOLUMEN, cc	250	250	250	285	266	310
CALORIAS	109	137	12	125	130	109

COMPONENTES

Proteína, g	0,18	1,18	0,75	---	---	0,62
Grasa, g	0,04	5,21	0,25	---	---	---
Carbohid, g	30,10	22,97	2,00	32,8	29,0	14,30
Fibra, g	---	0,31	---	---	---	---
Cenizas, g	0,39	0,37	0,75	0,86	0,27	0,62
MINERALES, mg						
Calcio	28,00	14,30	12,50	---	---	---
Fósforo	21,00	46,40	12,50	57,00	---	46,50
Hierro	0,80	0,80	0,50	0,57	---	0,31
VITAMINAS, mg						
Tiamina (B1)	0,007	0,0016	0,025	---	---	---
Riboflavina (B2)	0,025	0,028	0,025	---	---	0,06
Niacina	0,105	0,155	2,250	---	---	1,24
Ac. Ascórb (C)	1,050	---	---	---	---	---
Vitam A, U.I.	---	6,2	---	---	---	---

Cabe destacar el alto contenido de fósforo en la coca cola, pero se encuentra en la forma de ácido fosfórico libre, cuyo consumo exagerado puede producir descalcificación dentaria y ósea, especialmente en organismos en desarrollo y

crecimiento.

Analizando únicamente la cerveza y relacionándola con el agua de panela, se ve que su contenido de nutrientes es inferior, especialmente en lo que se refiere al calcio y vitaminas, cuyo valor es prácticamente nulo. Además su consumo elevado ocasiona déficit de nutrientes (por el desplazamiento de alimentos esenciales) y también factibles problemas de salud por su contenido alcohólico.

A nivel vitamínico el chocolate y el café, son aportantes menores que el agua de panela. Con respecto a las gaseosas bebidas refrescantes de alto consumo su aporte es nulo. El aporte de éstas en el agua de panela, aunque parezca pequeño es esencial para el organismo y su buen funcionamiento.

10. USOS ALTERNATIVOS DE PANELA Y MIELES EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

10.1 Industria de frutas y conservas

Según datos del Ministerio de Agricultura el país produce anualmente cerca de 2,5 millones de toneladas de frutas. El mercado frutícola es desorganizado e incierto, los precios fluctúan de acuerdo con las épocas de mayor o menor producción, llegando a ser tan bajos durante las épocas de cosecha, que los agricultores frecuentemente optan por perder en el campo la fruta antes que comercializarla.

Por su carácter perecedero, las frutas requieren tratamientos de cultivo, recolección, empaque, transporte y comercialización adecuados en su estado fresco para evitar su pérdida; lamentablemente no se cuenta con soluciones eficientes para todos los problemas originados en esta sucesión de actividades y menos aún para absorber la abundante producción en tiempos de cosecha y equilibrar la escasez en otros períodos.

La adopción de tecnologías para la obtención de conservas, productos semiprocesados y preservación de pulpas, contribuye a solucionar aquellos problemas, ofreciendo a agricultores e industriales mejores perspectivas para su trabajo.

El Convenio ICA-HOLANDA, CIMPA viene adelantando estudios que permitan emplear la panela en la elaboración de bocadillos, jaleas, mermeladas, arequipes, conservas y pulpas.

Con esto se lograría que el aporte nutricional a nivel de vitaminas, proteínas y minerales de las frutas se eleve y se mejoren algunas características organolépticas con el uso de la panela. Además se generaría una tecnología apropiada para

diversificar y obtener nuevos productos con posibilidades de industrialización.

Post cosecha de frutas

Las frutas forman un grupo muy variable de alimentos y una fuente importante de vitaminas para la alimentación humana. Para aprovecharlas a largo plazo, es necesario transformarlas, de tal forma que los organismos putrefactores y las reacciones químicas y enzimáticas no pueden desarrollarse.

Los productos a base de frutas se dividen en las siguientes clases: Enlatados, concentrados, jugos y néctares, congelados, deshidratados, mermeladas, confituras, pastas, bocadillos y jaleas.

En la elaboración de productos alimenticios a partir de frutas intervienen las siguientes materias primas: Frutas, azúcares y otros edulcorantes, sustancias coagulantes, preservativos y aditivos.

Las frutas son especies vivas que siguen respirando después de la cosecha, es decir, absorben oxígeno y expelen bióxido de carbono. La respiración va acompañada de transpiración del agua contenida en las células, causantes por lo tanto de la marchitación de las mismas.

El estado de madurez de las frutas es importante para obtener un producto con las características deseadas. La cosecha de éstas debe por lo tanto efectuarse en el momento adecuado.

Una recolección en época inadecuada genera anomalías perjudiciales para la elaboración y conservación del

producto, respecto a las características deseadas. Existen los siguientes índices para determinar el momento mas adecuado para la cosecha: Coloración externa, color del fondo de la epidermis, jugosidad y consistencia de la pulpa, relación entre azúcar y acidez, ennegrecimiento de las semillas y facilidad para desprender el pedúnculo.

La mayor parte de las frutas contienen un promedio de 85% de agua, 3% de sustancias como glucosa, fructuosa y sacarosa y 2% de proteínas. El resto del contenido sólido consiste en celulosa, compuestos pécticos, sales y vitaminas.

Los compuestos pécticos contribuyen a dar consistencia a las frutas. Cuando se cuecen frutas ácidas con azúcar y se concentra la masa suficientemente, el producto se solidifica al enfriarse. Esta solidificación es causada por la pectina, que es la sustancia mas importante de los compuestos pécticos. La característica de solidificarse, en presencia de azúcar y ácido, se aprovecha particularmente en la elaboración de productos como bocadillos, mermeladas y jaleas.

Las frutas contienen los siguientes ácidos orgánicos: Cítrico, málico y tartárico. La acidez tiene importancia en la elaboración de productos como bocadillos, mermeladas y jaleas.

Las frutas representan una fuente importante de vitaminas, las principales son la A y la C y de minerales como potasio, fósforo, hierro, azufre y magnesio.

Otra de las materias primas requeridas en la elaboración de estos productos son los edulcorantes que se clasifican en

nutritivos y no nutritivos. Los primeros son obtenidos de la naturaleza y generan sustancias que producen sabor dulce y cumplen con los requisitos anteriormente mencionados.

Los no nutritivos deben cumplir requisitos para su comercialización y uso tales como: Poseer características notables de sabor, proporcionar solubilidad y estabilidad adecuadas, ser por lo menos igual a la sacarosa en la relación costo-dulzura y ser aprobado por organismos internacionales que garanticen su total inocuidad, para consumo humano.

La sacarosa en solución es invertida en sus dos componentes glucosa y fructuosa, por acción de los ácidos o de las enzimas y éstos azúcares se emplean en la elaboración de frutas en conserva, jugos, mermeladas y jaleas.

Además de los anteriores aditivos se utilizan las sustancias coagulantes y las preservativas. Entre las primeras se tienen las gomas solubles, gelatinas y pectinas. Los preservativos más comunes son bióxido de azufre, bióxido de carbono, ácido benzoico, ácido ascórbico y ácido cítrico.

10.1.1. Producción de bocadillos de frutas edulcorados con panela.

Por bocadillo se entiende, la pasta sólida obtenida por la cocción de pulpas de frutas maduras y sanas con azúcares, hasta lograr una consistencia tal, que una vez fría se pueda cortar sin que pierda su forma ni textura. Su contenido de sólidos solubles, debe ser mayor o igual a 75%Brix.

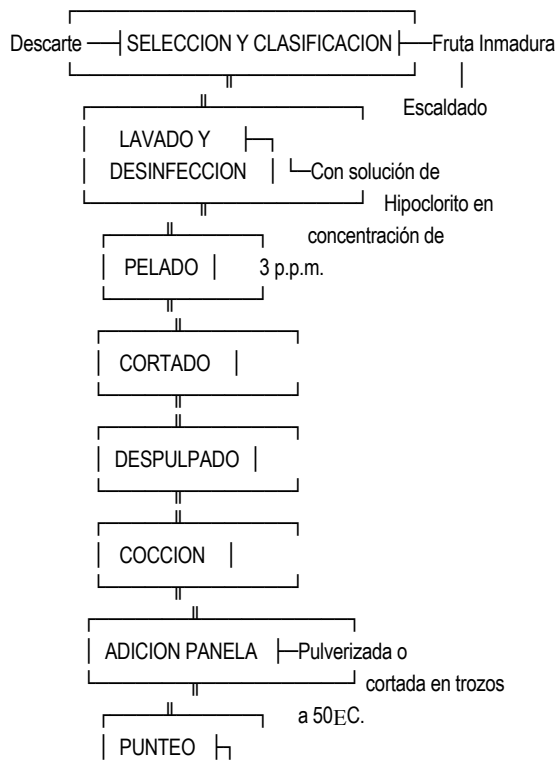
Para la elaboración del bocadillo se parte de la pulpa de fruta, materia prima que debe provenir de variedades cuyas características físico-químicas garanticen un adecuado contenido en pectinas y sustancias aromáticas, el cual se

determina por el estado de madurez de la fruta y es un aspecto determinante para la consistencia, textura y apariencia del bocadillo.

Para formular un bocadillo es necesario conocer los siguientes datos:

- Fruta a utilizar, kg
- Sólidos solubles de la pulpa, EB.
- Sólidos solubles del bocadillo, EB
- Porcentaje de fruta deseado en el bocadillo, %
- Bocadillo deseado, kg

10.1.1.1. Determinación de las operaciones para la preparación del bocadillo.



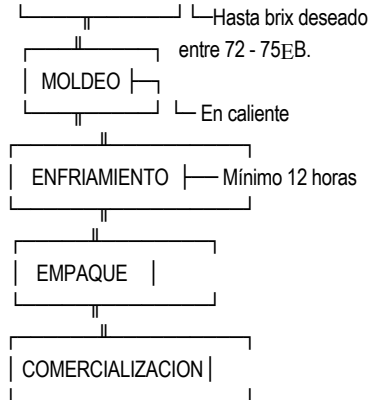


FIGURA 10.1 Diagrama de flujo para la producción de bocadillos de frutas edulcorados con panela.

El pelado depende del tipo de fruta. Por ejemplo se hace en forma manual y a temperatura ambiente para papayuela, piña, pera. En caliente para lulo y uchuva y sin pelar y; parcialmente pelado, para guayaba.

Se realiza proceso de cortado para piña, fresa y pera. Se deben despuntar la guayaba y el lulo.

En el caso que no se disponga de máquina despulpadora se debe licuar la fruta y posteriormente pasarla por un colador.

10.1.1.2. Análisis Bromatológico

El análisis bromatológico del bocadillo edulcorado con azúcar arroja presencia de sales de calcio, hierro y fósforo, pero el elaborado con panela contiene además potasio, magnesio y fósforo (Tabla 10.1).

TABLA 10.1. Composición físico-química del bocadillo de guayaba con panela y con

azúcar.

-	con panela	con azúcar
-Humedad	20,73	20,1
Materia seca	79,27	79,9
Sacarosa	41,61	79,0
Az. Red	22,95	0,0
Proteína		
(Nx6,25)	0,93	0,3
Fibra cruda	2,45	0,0
Sólidos solubles	77,5Ebrix	79,0
Minerales (mg/100 g)		
Calcio	127,0	25,0
Magnesio	83,0	0,0
Fósforo	29.37	17,0
Hierro	1.5	1,2
Sodio	27,0	0,0
Potasio	135,0	0,0
Vitaminas		
Vitamina C, U.I.	174,6	80,0
Vitamina A, U.I.	217,0	40,0
Tiamina, mg/100g	0,06	0,02
Riboflavina, mg/100g	0,06	0,03
Niacina	0,7	0,00

FUENTE: CIMPA - LABORATORIO C. de C. U.J.T.L - INST. COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR.

El calcio mineral que actúa como fortificante de los tejidos óseo y dentario aparece en el bocadillo con panela en una cantidad cinco veces superior que en el edulcorado con azúcar. Otro elemento que aporta el bocadillo con panela es el fósforo, necesario también para huesos y dientes y en el metabolismo de carbohidratos y grasas. Su presencia en el bocadillo con panela es el doble que en el fabricado con azúcar.

El hierro que ayuda a prevenir y combatir la anemia aparece en un porcentaje un poco mayor en el bocadillo con panela. El potasio, que no se reporta en la composición del bocadillo con azúcar aparece en el de panela como el mineral que registra mayor cantidad, su presencia es indispensable para la actividad celular, el equilibrio ácido-base y prevención de la acidosis. El magnesio es fortificante del sistema nervioso y el sodio actúa en el mantenimiento del líquido extra celular.

Las vitaminas, elementos indispensables para el buen funcionamiento del organismo aparecen en cantidades significativamente mayores en el producto con panela, destacándose el ácido ascórbico o vitamina C, que duplica al de azúcar y la vitamina A cuya presencia es 5 veces mayor que en el producto con azúcar refinado.

Como se puede concluir, bromatológicamente el bocadillo de guayaba producido con panela, aporta gran cantidad de nutrientes y tiene un mayor valor biológico y nutricional que el tradicional edulcorado con azúcar.

10.1.1.3. Análisis Microbiológico

El análisis microbiológico del bocadillo de guayaba con panela aparece en la Tabla 10.2 y los resultados del mismo son plenamente satisfactorios.

TABLA 10.2. Resultados análisis microbiológico de bocadillo elaborado con panela.

TIPO DE PRUEBA	RESULTADO
Recuento de microorganismos	

mesófilos	30 UFC/g
NMP coliformes totales	< 3/g
NMP coliformes fecales	< 3/g
Recuento mohos y levaduras	70 UFC/g
Recuento esporas Cl. sulfito reductor	< 10 UFC/g
pH	5.5

UFC/gr: Unidades formadoras de colonia por gramo de producto. NMP : Número más probable

FUENTE: Laborotario Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

10.1.2. Producción de mermeladas y jaleas

La mermelada es un producto pastoso obtenido de la cocción o concentración de una o mas frutas adecuadamente preparadas con edulcorantes, con o sin adición de agua y sólidos solubles de 65%. De acuerdo a la clase de fruta se tendrá un porcentaje mínimo permitido. La solidificación se debe a la presencia de pectina y ácidos en la fruta.

La pectina tiene el poder de solidificar una masa que contiene el 65% de azúcares y hasta 0,8% de ácidos. Este contenido de ácidos debe resultar en un pH de 3,0 hasta 3,4 en la elaboración de mermeladas. También se añaden pectina y ácido, para reducir los tiempos de elaboración y obtener una mejor calidad. A veces, se utilizan preservativos como sulfito y benzoato de sodio y aditivos como colorantes y aromas.

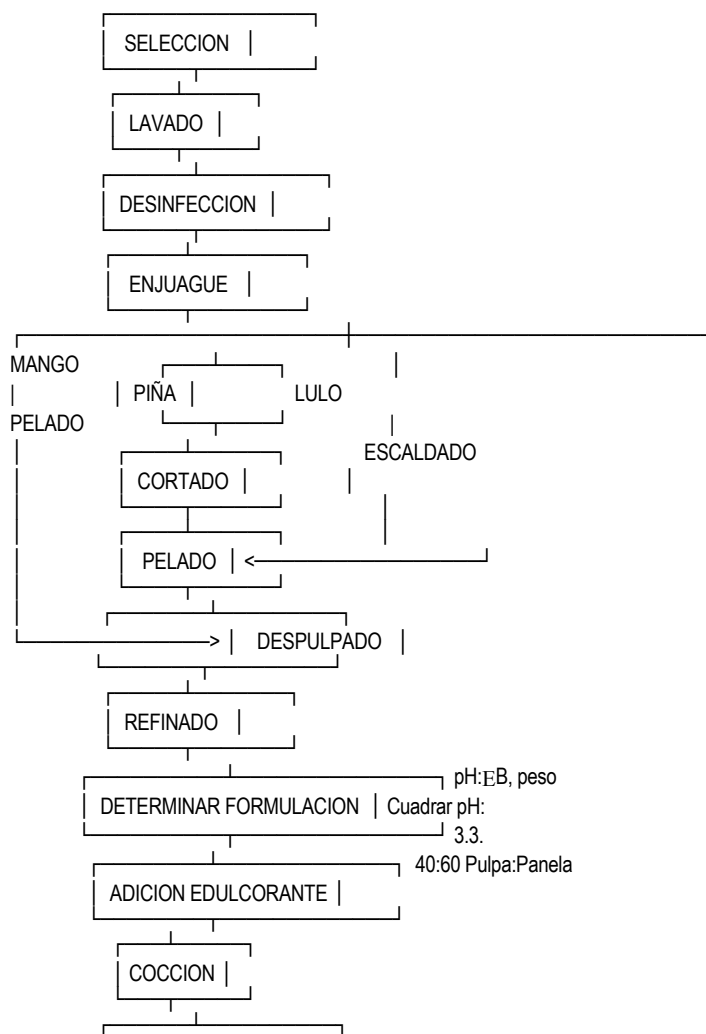
Durante la concentración se evapora el agua contenida en las frutas, los tejidos se ablandan y la fruta absorbe azúcar y libera pectinas y ácidos. A causa de la presencia de ácidos y la elevada temperatura ocurre la inversión parcial de los azúcares. En una mermelada de buena calidad, del 40 al 60% de los azúcares deben ser reductores o invertidos.

La jalea se elabora a partir de jugos de frutas y azúcares, mezclados y concentrados hasta unos 66EBrix, obteniéndose un producto claro y transparente. Aparte de la extracción del jugo, las operaciones de elaboración son iguales que para las mermeladas.

La extracción del jugo para la producción de jaleas se puede efectuar triturando la fruta, que eventualmente ha sido escaldada y luego separando el jugo de la parte sólida por centrifugación o a presión. Sin embargo, en la elaboración de jaleas también se extrae el jugo por cocción de la fruta: las frutas duras se cuecen con bastante agua y las jugosas necesitan poca. Después de la cocción se separa el jugo de la parte sólida por filtración.

10.1.2.1. Procedimiento de elaboración de mermeladas

Los pasos a seguir para la elaboración de éste producto son:



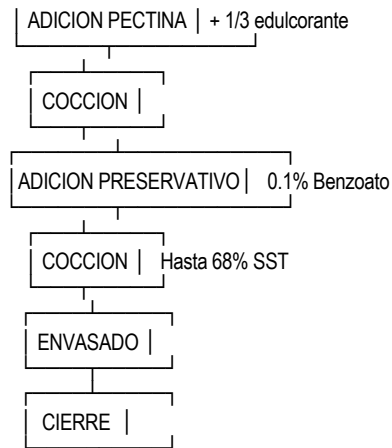


FIGURA 10.2. Diagrama de flujo para elaboración de mermeladas.

10.1.2.2. Elaboración de jaleas

Su elaboración consta de las siguientes operaciones:

1. Pesado
2. Lavado
3. Escurrido y selección
4. Mondado y seccionado. Se eliminan las vellosidades frotando los frutos con un trapo áspero y se quitan el pedúnculo y el cáliz. Luego, los frutos se dividen en cuartos.
5. Cocción. Se añade agua hasta que los pedazos estén sumergidos. Se cuecen hasta su ablandamiento, durante unos 45 minutos. La masa se debe revolver de vez en cuando, pero no se debe desbaratar la pulpa para no dificultar la filtración.
6. Filtración. La masa caliente se pasa a través de filtros de manta o muselina.
7. Prensado de la parte sólida. Para obtener el segundo jugo. Este necesita clarificación antes de mezclarlo

con el primer jugo.

8.Esterilización con vapor de los frascos y tapas.

9.Concentración. Esta se efectúa como lo indicado para mermeladas. Luego se llenan los frascos.

10.Cerrado de los frascos. Esterilización adicional, por 25 minutos a 100°C.

12.Etiquetado y empacado

Las vellosidades también se pueden eliminar por inmersión en lejía hirviendo durante 10 segundos, seguido por la neutralización. De alguna frutas se extrae el jugo por cocción con el 10% de su peso de agua. El jugo también puede extraerse directamente por presión o por presión precedida de escaldado, durante unos 5 minutos.

10.1.3. Producción de pulpas

Por pulpa se entiende el producto obtenido después de pasar la fruta a través de una máquina despulpadora o licuado de la misma previamente escaldada. La fruta de buena calidad se conserva normalmente por medio de refrigeración o congelación.

Existen otros métodos para la preservación de pulpas. Los más utilizados son la adición de dióxido de azufre, benzoato de sodio y sorbato de potasio agregados después de una semicocción de la misma.

Los productos elaborados a partir de fruta conservada de esta manera resultan ser de menor calidad respecto de color y aroma. Sin embargo, son completamente permitidos de

aplicar en la industria de alimentos. En el caso del dióxido de azufre éste debe ser eliminado cuando se vaya a utilizar la fruta.

Para la preservación de las mismas, por medios químicos se siguen las siguientes operaciones:

1. Recepción de la fruta
2. Selección de la fruta por madurez
3. Lavado en agua caliente
4. Inmersión en agua clorada
5. Enjuague
6. Pelado manual
7. Remoción de semillas
8. Tajado
9. Despulpado
10. Tratamiento térmico
11. Enfriamiento
12. Tratamiento químico
13. Envasado
14. Almacenamiento
15. Eliminación del agente químico utilizado
16. Utilización de la pulpa

10.1.3.1. Preservativos utilizados en la conservación de frutas y conservas.

Los preservativos químicos utilizados son dióxido de azufre, benzoato de sodio y sorbato de potasio en concentraciones de 0.1 a 1.0%, dependiendo de la estabilidad de la fruta y de efectividad por tiempo de almacenamiento de las pulpas.

10.1.4. Utilización de la panela en la industria de conservas

Frutas en conserva se definen como el producto elaborado con frutas sanas y limpias, envasadas con o sin medio de cobertura apropiado, adicionando edulcorantes naturales y aditivos aromatizantes permitidos, envasados herméticamente y sometidos a tratamientos físicos autorizados que garanticen su conservación.

Por frutas en su jugo se entiende el producto procesado constituido por frutas o fragmentos de ellas frescas y sanas, desprovistos o no de semillas y teniendo como líquido de gobierno a su propio jugo edulcorado con productos naturales, jarabe o almíbar.

El jarabe es un producto obtenido de la concentración del jugo de la caña y su consecuente cristalización, que contiene junto con los minerales y vitaminas otros compuestos orgánicos que lo hacen de alto valor nutricional.

10.1.4.1. Operaciones para la elaboración de frutas en almíbar y conservas.

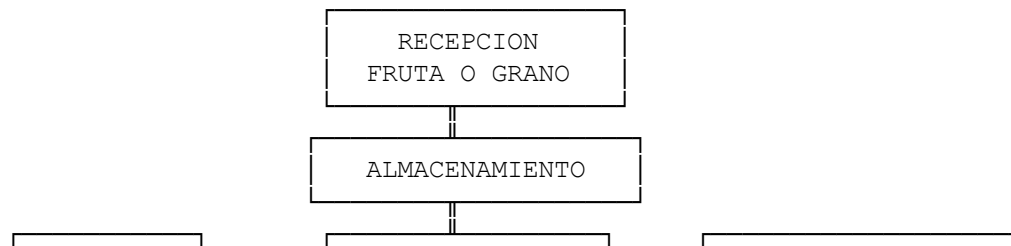
Los estudios realizados por CIMPA han permitido obtener diagramas de flujo para la elaboración de dulces, conservas de frutas y frutas en almíbar a nivel de planta piloto, utilizando panela o miel de caña como edulcorante en los siguientes productos:

- Dulce de frijol
- Dulce de papa
- Dulce de arracacha
- Dulce de mango

- Dulce de tomate de árbol
- Dulce de mora
- Dulce de piña
- Cascos de naranja
- Frutas en almíbar de mieles de caña
- Conservas de frutas en mieles de caña y panela.
- Brevas en almíbar y confitadas.

Los diagramas de flujo seguidos en cada caso aparecen en las Figuras 10.3, 10.4 y las características en la Tabla 10.3.

Los productos obtenidos fueron envasados en frascos de vidrio previamente esterilizados y sometidos a evaluación sensorial a través de paneles de degustación, calificando los parámetros olor, color, sabor y textura estableciendo tres estratos de población: infantil, amas de casa y adultos, teniendo en todos los casos buena aceptación.



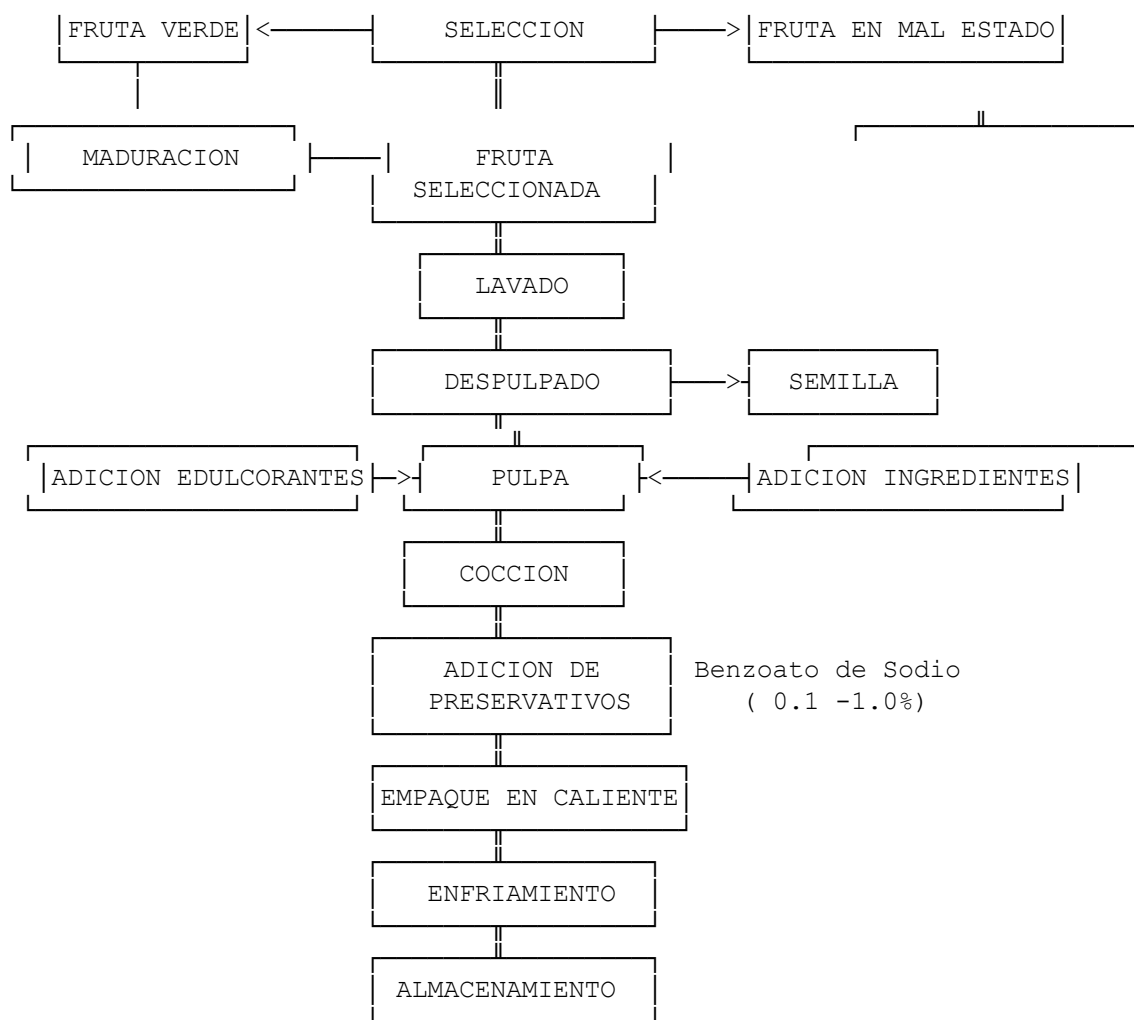
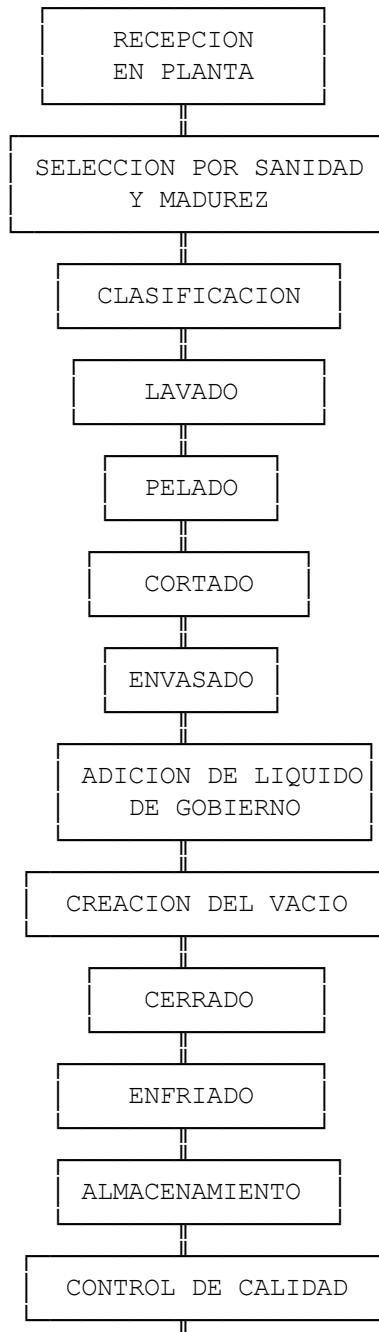


FIGURA 10.3. Diagrama de flujo para la elaboración de dulces.



||
 DISTRIBUCION

FIGURA 10.4. Diagrama de flujo para la elaboración de frutas en mieles de caña o panela.

TABLA 10.3. Características de frutas en almíbar de mieles de caña.

		PRODUCTO		PRESENTACION	OBSERVACIONES
ESCALDADO	JARABE	ESTERILIZADO			
Breva	Entera	Corte en cruz	45 min.*	Espeso	45 min.
Fresa	Entera	Retirar pedúnculo	--	Medio	15 min.
Piña	Cubos	Sin ojos ni corazón	--	Medio	30 min.
Mango	Medallones	Sin piel	--	Medio	30 min.
Papayuela	Tiras	Sin piel	5 min.	Medio	20 min.
Guayaba	Cascos	Sin piel ni semilla	--	Espeso	30 min.
Pera	Cuartos	Sin piel ni semilla	5 min.**	Espeso	30 min.
Manzana	Cuartos	Sin piel ni semilla	5 min.**	Espeso	30 min.
Durazno	Entero	Sin piel	--	Espeso	30 min.

*: Acido cítrico al 2% **: Bisulfito de sodio al 0,5%

TIPO DE JARABE	EBRIX JARABE
Suave	17
Medio	29
Espeso	44

10.2 USOS DE LA PANELA EN LA INDUSTRIA DE BEBIDAS.

10.2.1. Viabilidad de la elaboración de gaseosas a partir de miel de caña.

Las gaseosas son bebidas refrescantes, desprovistas de alcohol, su componente principal es el agua seguido del azúcar y de aditivos tales como acidulantes, preservativos, colorantes, saborizantes en algunos casos estabilizantes,

espumantes, enturbiantes, cafeína, quinina y anhídrido carbónico (4).

Existen diferentes tipos de gaseosas como las gaseosas dulces que se dividen en las edulcoradas con azúcar (sacarosa, glucosa, fructuosa, jarabe de glucosa y sorbitol) y las edulcoradas con azúcares sintéticos (sacarina, ciclamatos y aspartame). Las gaseosas en polvo son de preparación instantánea y su fuente de CO_2 es bicarbonato sódico o carbonato cálcico junto con un exceso de ácidos en polvo y como edulcorante se utiliza azúcar común o mezcla de azúcares sintéticos. Finalmente se encuentran las aguas carbonatadas que pueden ser mineralizadas o no y se caracterizan por su alto contenido de CO_2 .

Las características del producto terminado como pH ácido (2,5-3,8), bajo porcentaje de azúcares, presencia de dióxido de carbono y la adición de preservativos, hacen que los microorganismos no encuentren un medio propicio para su desarrollo, haciendo que la posibilidad de encontrar patógenos sea mínima. Por lo tanto la vida media de éste tipo de productos es alta, tanto así que se consideran imperecederos.

La composición de la mayoría de las gaseosas que se encuentran en el mercado no presenta sustancias esenciales importantes que puedan servir para la nutrición humana, ya que son elaboradas básicamente con agua y azúcar aportando solamente de calorías.

Materias primas usadas en la industria de gaseosas:

- Edulcorantes
- Acidulantes
- Preservativos
- Colorantes

- Saborizantes
- Espumantes
- Emulsificantes y estabilizantes
- Agentes de carbonatación
- Medios filtrantes.

10.2.1.1. Inversión de la sacarosa

En la industria de gaseosas la sacarosa se somete a un proceso de inversión para producir glucosa y fructuosa que son los carbohidratos más reactivos y de mayor solubilidad en el producto terminado. Existen diferentes métodos para realizar la inversión de la sacarosa:

- Alta temperatura con adición de ácidos
- Baja temperatura con adición de ácidos
- Uso de enzimas

Los ácidos generalmente usados en éste proceso y su poder de inversión se muestran en la Tabla 10.4.

TABLA 10.4. Ácidos aprobados en la industria alimenticia y su poder de inversión.

ACIDO	PODER DE INVERSION (%)
Clorhídrico	100,00
Fosfórico	6,21
Cítrico	1,72
Málico	1,27
Láctico	1,07
Acético	0,40

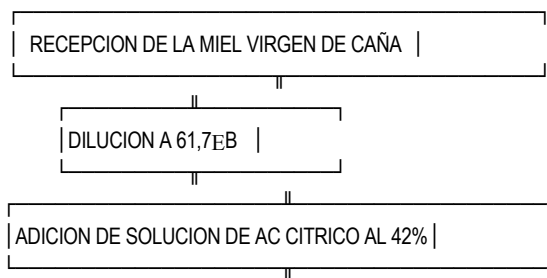
Los ácidos usados en las gaseosas deben ser grado alimenticio y los más comúnmente utilizados son cítrico, fosfórico y tartárico; otros menos usados son ascórbico, acético, láctico y fumárico.

10.2.1.2. Proceso de fabricación de gaseosas

El proceso de fabricación de las gaseosas generalmente se lleva a cabo en cuatro etapas:

- Elaboración del jarabe simple.
- Elaboración de jarabe terminado.
- Envasado.
- Almacenamiento.

La gaseosa a nivel industrial se puede obtener mediante la producción continua y grandes volúmenes o mediante el sistema de dispensadores. En la Figura 10.5 se aprecia la elaboración de gaseosas utilizando como materia prima miel de caña mediante el sistemas de dispensadores post-mezcla.



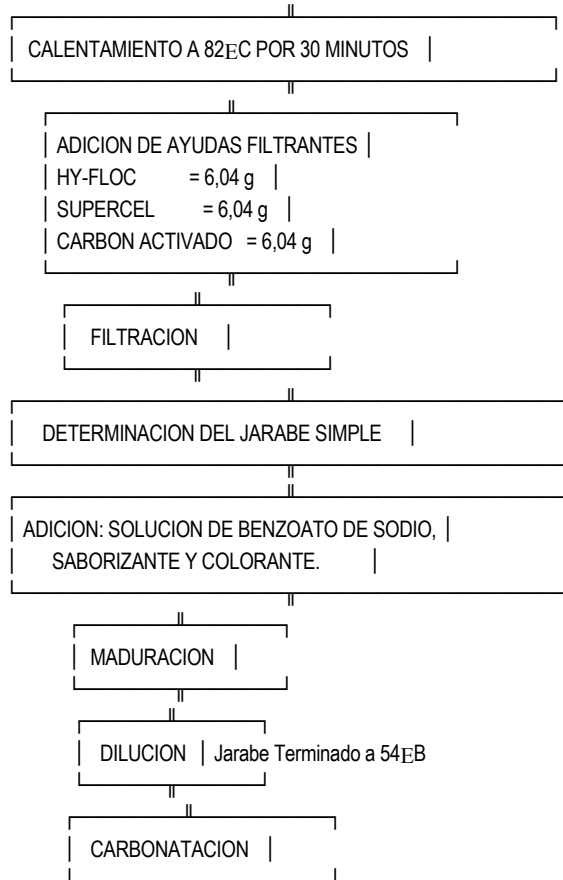


FIGURA 10.5. Diagrama de flujo de obtención de gaseosas a partir de miel de caña.

10.2.1.3. Resultados de los análisis físicoquímicos

Sobre el producto terminado se efectuaron los análisis de tipo físico-químico cuyos resultados aparecen en la Tabla 10.5.

TABLA 10.5. Resultados de análisis físico-químicos sobre la gaseosa obtenida.

VARIABLE	VALOR
Sólidos solubles	9,7E Brix
pH	3,1
Acidez titulable	15,0
Carbonatación CO ₂	3,3 volúmenes de
Color	97,2 R.B.U.
Turbiedad	74,6 R.B.U.

10.2.1.4. Análisis nutricional

La gaseosa producida con miel de caña se sometió a análisis bromatológicos en el ICBF para evaluar su valor nutricional.

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que la gaseosa producida con miel de caña contiene, además de carbohidratos, nutrientes como proteínas, grasa, vitaminas y minerales los cuales no existen en las gaseosas comerciales. Aunque éstos componentes no se encuentran en cantidades muy altas en la bebida su aporte por persona, respecto al peso y talla del promedio ponderado de la población colombiana es importante, como se puede observar en la Tabla 10.6.

TABLA 10.6. Aporte nutricional (%) de la gaseosa producida con miel de caña con respecto a la recomendación ponderada diaria para la población colombiana.

-NUTRIENTE	RECOMENDACION DIARIA*	APORTE NUTRICIONAL GASEOSA %
------------	-----------------------	------------------------------

-			
Proteínas, g	62,00	0,27	0,44
Calcio, mg	809,00	128,80	15,92
Fósforo, mg	820,00	27,40	3,34

-			
Hierro, mg	20,00	1,37	6,85
Tiamina, mg	1,36	0,03	1,98
Riboflavina, mg	1,40	0,03	1,93
Vitamina C, mg	57,00	3,01	5,28
porción, cc ³	266,00		

(1) Recomendación ponderada.

Según la Tabla 10.6 la cantidad de calcio que aporta la gaseosa producida con miel de caña es alto (15,92%) con respecto a la recomendación diaria; mientras que el hierro y la vitamina C son aportados en menor cantidad, pero en cuantías significativas para la nutrición diaria.

En menor proporción aparecen el fósforo, la tiamina, riboflavina y proteína. Sin embargo, si se comparan éstos aportes con los de una gaseosa comercial, al usar miel de caña como materia prima el producto presenta un mayor valor alimenticio, debido a que aporta nutrientes esenciales para que el cuerpo humano realice sus procesos metabólicos.

10.2.2. Elaboración de xiropes a partir de miel de caña

Se denomina xirope al producto obtenido al invertir la miel con ácidos para uso alimenticio como el cítrico o el fosfórico. Es de alto valor nutritivo y muy agradable, siendo considerado como un antianémico debido a su riqueza en hierro, sales minerales y vitaminas del complejo B.

10.2.2.1. Procedimiento de elaboración

El jugo de la caña se clarifica en forma normal y cuando comienza la evaporación, se agrega el medio de inversión (ácido fosfórico o cítrico) y se concentra hasta obtener una miel con 70EB o un valor menor de acuerdo con el punto que

se le desee dar. Posteriormente se le agrega cal o hidróxido de sodio, con el fin de efectuar la neutralización.

El xirope se deja enfriar y se diluye en agua en una proporción de 1 parte de xirope por 5 de agua o de acuerdo al gusto. Si se desea se puede saborizar con extractos de limón, naranja, anís, piña, etc. Sobre la miel, a la concentración determinada anteriormente, se hace la adición del saborizante en dosis que fluctúan de 0,8 a 1,0 centímetros cúbicos por litro de miel.

10.2.2.2. Dosis de los reactivos a usar

- Acido Fosfórico

Para 100 litros de jugo clarificado, agregar 250 centímetros cúbicos de ácido fosfórico grado alimenticio disueltos en 1 litro de agua.

- Acido cítrico

Para 100 litros de jugo clarificado, agregar 100 gramos de ácido cítrico grado alimenticio disueltos en un litro de agua.

- Cal o Hidróxido de sodio

Para 100 litros de jugo clarificado, agregar 40 gramos de cal o hidróxido de sodio disueltos en 1 litro de agua. La cantidad de cal a usar depende de la pureza de la misma, es conveniente usar una cal de mínimo 80% de CaO aprovechable.

10.2.3. Elaboración de mieles invertidas

Las mieles con un contenido de sólidos solubles superior a

70EB, tienen la tendencia con el tiempo a separarse en dos fases, una constituida básicamente por sacarosa que es sólida y otra sobrenadante y rica en azúcares reductores. Para evitar esta separación se recurre a la inversión de las mieles la cual se puede llevar a cabo por medios químicos o biológicos asegurándose la no cristalización de la miel y confiriéndole a ésta una mayor solubilidad, sabor y apariencia.

La magnitud de la inversión dependerá de la naturaleza del agente inversor a utilizar. Los agentes biológicos como la Invertasa, tienen un alto poder de inversión. También se utilizan los ácidos y se sabe que los ácidos minerales tienen mayor poder de inversión que los ácidos orgánicos.

La temperatura, y el tiempo durante el cual el agente inversor permanece en contacto con la Sacarosa son también factores determinantes en la magnitud de la inversión.

Según la literatura, para que una miel invertida permanezca sin formación de cristales es necesario invertir las dos terceras partes de la Sacarosa presente en la miel virgen.

10.2.3.1. Medios de inversión

La inversión se puede llevar a cabo con la adición de agentes químicos o de medios biológicos.

- Agentes Químicos

Entre los agentes químicos usados se encuentran el ácido Cítrico y el ácido Fosfórico ambos grado alimenticio. El poder de inversión de los ácidos se incrementa conforme se aumenta la temperatura y el tiempo de contacto del jugo de la caña con ellos.

- Agentes Biológicos

La Invertina o Invertasa, es un líquido viscoso claro de color amarillo pálido, sabor dulce y olor a levadura débil. La glicerina le sirve de sustancia soporte; su componente activo es la enzima Fructosidasa, aislada de células de levaduras autolizadas. La actividad enzimática de la Invertina depende del pH, la temperatura y la concentración. El efecto de inversión óptimo se alcanza entre valores de pH de 4,5 a 5,5 y temperatura entre 55 y 60°C.

Mieles tratadas con Invertina no pueden soportar temperaturas mayores de 60°C pues la enzima se descompone y pierde su alto poder de inversión.

10.2.3.2. Etapas para la inversión de mieles

En el proceso de inversión de mieles se analizaron los tres tipos de agentes de inversión mencionados anteriormente:

- Acido Cítrico.
- Acido Fosfórico.
- Invertasa.
- Mieles Invertidas con Invertasa

La limitante con el nivel de temperatura que se puede alcanzar con la invertasa, hace necesario realizar la inversión directamente en mieles.

El proceso en este caso es el siguiente: los jugos se clarifican en forma normal, con la diferencia de que no se encalan, pues el objetivo en este caso es obtener azúcares reductores bastante altos. La evaporación se continua hasta obtener la miel con el Brix deseado.

Una vez enfriada la miel se procede a la adición de la

Invertasa, lo cual se puede realizar en un baño María mantenido a una temperatura entre 55 y 60°C; o simplemente calentando la miel hasta que la temperatura alcance los 60°C.

Se ha podido observar que las mieles invertidas con Invertasa no presentan alteraciones en el sabor, aunque si tienden a oscurecerse un poco respecto al testigo. Es de anotar que la Invertasa no altera el pH de las mieles siendo este en todos los casos estudiados superior a 4,5.

- Mieles Invertidas con Acidos

En el caso de los ácidos y debido al incremento en el grado de inversión que producen, el efecto combinado de temperatura tiempo y contacto del ácido con el jugo de la caña, es recomendable realizar la inversión directamente en jugos.

En este caso la metodología consiste en clarificar los jugos e inmediatamente después adicionar el agente de inversión seleccionado ya sea ácido Cítrico o Fosfórico, dejando evaporar hasta obtener el grado Brix requerido.

Los ácidos Cítrico y Fosfórico tienen un poder de inversión mucho menor que la Invertasa, por lo que se deben usar dosis un poco más altas. La inversión con ácidos da a la miel un color mucho más claro y brillante, altera un poco su sabor, ya que en el caso del ácido Fosfórico este es un poco picante y en el del ácido Cítrico algo salado.

Las mieles obtenidas por este procedimiento son claras y brillantes, fluctuando su pH entre valores de 3,0 y 4,0.

10.2.3.3. Dosis determinadas de agentes de

inversión

La investigación realizada hasta el momento permitió obtener los siguientes niveles de trabajo para la elaboración de mieles invertidas con un Brix aproximado de 75E:

Acido Fosfórico: 0,60 cc/l de jugo.

Acido Cítrico: 0,75 g/l de jugo.

Estas dosis se obtuvieron con un tiempo de residencia total de 150 minutos. Para el caso de la Invertina la dosis obtenida hasta el momento es de 2 cc/l de miel de 75EBrix.

Se recomienda en lo posible trabajar cañas que tengan un alto contenido de azúcares reductores, o varios días de haber sido cortadas.

10.3. Uso de la panela en confitería

El valor nutricional de la panela es reconocido por todos, sin embargo sus únicas formas de utilización como edulcorante y en la preparación de bebidas (agua de panela y refrescos) hacen que se desperdicien buenas posibilidades de industrialización, especialmente en la parte de alimentos.

Entre las alternativas para incrementar el consumo de panela se desarrolló un proyecto para la elaboración de confites o dulces a base de éste alimento.

10.3.1. Diagramas de flujo de producción

Se determinaron modalidades de producción para la elaboración de diferentes tipos de confite, variando la proporción de sus componentes, tiempos y temperaturas de producción, determinando los cambios en las propiedades organolépticas finales de cada producto.

Los tipos de confite fabricados fueron dulce duro y dulce blando y las formas de producción para cada caso son:

- Dulce duro

Pesaje panela ----- Calentamiento a 80°C----- Filtración
 Adición de crémor tártaro (para producir los azúcares
 reducidos o invertidos) -----Calentamiento a 135°C por una
 hora ----- Vaciado ----- Moldeo -----Empaque .

- Dulce blando

Pesaje panela ----- Adición de agua ----- Calentamiento a
 80°C--- Filtración ----- Adición de ácido cítrico (para
 producir la inversión de los azúcares) ----- Calentamiento a
 114°C por una hora ----- Adición de glucosa, sal y leche
 reconstituida -----Calentamiento a 116°C ---- Vaciado en
 mesas -----Moldeo ---- Empaque.

Las formulaciones para la producción de cada tipo de dulce y los resultados de los análisis físico-químicos hechos en cada caso se muestran en la Tablas 10.7, 10.8, 10.9 y 10.10.

TABLA 10.7. Formulación para la elaboración de dulces, duro y blando, en base de panela

-	DULCE DURO		DULCE
	kg/100 g PRODUCTO	kg/100 g PRODUCTO	
BLANDO			
-			
Panela	70,000		53,000
Crémor Tártaro	0,250		0,000
Acido Cítrico	0,000		0,075

Glucosa	0,000	27,000
Margarina industrial	0,000	10,000
Leche en polvo	0,000	12,500
Sal	0,000	0,500
Esencias	0,060	0,150

-

TABLA 10.8. Resultados análisis físico-químicos de los dulces.

	DULCE DURO	DULCE BLANDO
-pH	6,4	6,6
Acidez g/Ac. Cítrico/100 ml	1,143	0,084

-

TABLA 10.9. Resultados de los análisis bromatológico de los dulces duro y blando, elaborados con panela.

	DULCE DURO	DULCE BLANDO
	%	%
-Cenizas	1,13	2,00
Azúcares Totales	87,58	49,65
Azúcares Reductores	16,30	20,16
Proteína	0,47	4,37
Lípidos	0,00	8,00
Humedad	0,39	8,00

-

TABLA 10.10. Análisis microbiológicos de los dulces duro y blando elaborados con panela.

	DULCE DURO	DULCE BLANDO
MICROORGANISMOS		
Recuento aerobios mesófilos/g	1 U.F.C*	130 U.F.C
Recuento hongos y levaduras/g	<1 U.F.C	<1 U.F.C
Recuento coliformes totales/g	<1 U.F.C	<1 U.F.C
Recuento bacterias sacarolíticas/g	<1 U.F.C	<1 U.F.C

*** U.F.C. Unidades formadoras de colonias**

10.3.2. Análisis energético.

El aporte energético del dulce blando elaborado con panela es de 400 cal/100 g. Para el dulce duro el resultado es de 386,8 cal/100 g. Si se comparan éstos valores con lo proporcionado por un caramelo duro hecho con azúcar que es de 383,0 cal/100 g, se observa que aportan prácticamente la misma cantidad de energía.

10.3.3. Análisis de costos para la producción de dulces con panela.

Los costos en cada caso aparecen a continuación:

- Precio por kg de dulce blando con panela \$319,50.
- Precio por kg de dulce blando con azúcar \$326,00.
- Rendimiento del dulce blando con panela es 85,7%
- Rendimiento del dulce blando con azúcar 100%.
- Diferencia de costos \$6,50, a favor del dulce elaborado con panela, que equivale al 2%.
- Precio por kg de dulce duro con panela \$127,40.
- Precio por kg de dulce duro con azúcar \$138,20.
- Rendimiento del dulce duro con panela es 96%.
- Rendimiento del dulce duro con azúcar 100%.
- Diferencia de costos \$10,80, a favor del dulce elaborado con panela, que equivale al 8.5%.

11. POSIBLE UTILIZACION DE LA CACHAZA COMO MATERIA PRIMA PARA EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE LEVADURAS.

La cachaza se puede definir, técnicamente, como el residuo en forma de torta, eliminado en el proceso de clarificación del jugo de caña, en la fabricación de panela. Se utiliza en la alimentación animal ya sea en forma fresca o concentrándola hasta la obtención de un producto pastoso denominado melote.

De acuerdo a su composición química se planteo la alternativa de utilizarla en la producción de levaduras industrialmente.

Los microbios desempeñan un papel de importancia preservando o alterando los sabores de los alimentos comestibles. El cultivo de microorganismos sobre los substratos de desecho es una alternativa biotecnológica moderna con múltiples ventajas pues por un lado ayudan a biodegradar el material de acumulación resultante de procesos industriales que crea graves problemas de contaminación ambiental y por otro presenta una solución viable a la escasez mundial de alimentos (3).

Las levaduras son microorganismos que utilizan los substratos de diferentes maneras: unas pueden transformar el azúcar en alcohol y CO₂, otras únicamente en alcohol y algunas producen un micelio o biomasa de levadura a partir del substrato. Las levaduras usan para su desarrollo nutrientes como sustancias nitrogenadas, probióticos, minerales y carbohidratos.

Los géneros de levadura más apropiadas para su producción industrial son *Cándida* y *Saccharomyces* sobresaliendo las

especies *Cándida utilis*, *C. pulcerrima*, *C. reukauffi*, *Saccharomyces cerevisiae*, *S. carlsbergensis* y *S. Fragilis*. Para que la cepa pueda desarrollarse industrialmente se debe considerar su capacidad de asimilación, elevados rendimientos, alta velocidad de desarrollo, alto contenido de proteína, aceptable perfil de aminoácidos, estabilidad bioquímica y de cultivo, fácil recuperación, valor nutricional elevado, sabor agradable y buena apariencia (6).

La *Saccharomices Cerevisiae* es una levadura esporógena perteneciente al orden de las endomicetales. Su límite de temperatura para la formación de células varía entre 3 y 40°C. Para su desarrollo el pH debe ajustarse entre 4,3 y 4,5 y la temperatura de incubación para su crecimiento en 30°C. El medio más comúnmente usado es una masa constituida por melazas, nutrientes nitrogenados (urea), sales inorgánicas como fosfatos y otras. La melaza debe añadirse gradualmente para mantener el nivel de azúcar en concentraciones aproximadas de 0,5 a 1,5% (4). Fermenta la glucosa, galactosa, sacarosa y maltosa, pero no lactosa.

El género *Cándidas* pertenece a la familia *Criptococcaceae*, la *Cándida Utilis*, es la levadura más utilizada para la producción directa de proteína para alimentación humana por ser de crecimiento rápido, utilizar pentosas y hexosas y sintetizar sus elementos accesorios de crecimiento a partir de compuestos sencillos. Se hace posible su producción en materias primas que representan medios de cultivo relativamente pobres. El pH para su crecimiento deben ser entre 4,5 y 6,0 y la temperatura óptima depende de la cepa utilizada.

El intervalo de temperatura de crecimiento de levaduras es de 25 a 30°C con un máximo de 35 a 47°C. Este se ve

favorecido con un pH próximo a 4,5 y crecen mejor en condiciones aerobicas aunque las fermentativas pueden hacerlo lentamente en anaerobiosis. Se ve afectado este proceso por factores externos como la luz, la concentración de iones hidrógeno, el potencial de óxido-reducción y la presencia de algunos metales. En general los azúcares son los mejores alimentos energéticos para las levaduras.

1.1.1. Metodología

La toma de muestras se realizó bajo dos condiciones: una directamente del fondo o paila recibidora a temperatura de 70Ec y otra en la paila clarificadora o descachazadora a 90Ec.

La muestra se envasó en recipientes de vidrio previamente esterilizados de 3 litros de capacidad, teniendo la precaución que el elemento utilizado no tocara la boca del mismo, controlando además un espacio de cabeza de aproximadamente 3 cm y cerrando herméticamente.

La muestra se sometió a congelación a temperaturas entre 0 y 2Ec por espacio de 12 horas, para ser analizada, repartiéndola en volúmenes iguales para el análisis de composición de cachaza. Los análisis efectuados fueron bromatológico, fisico-químico y organoléptico. Para el cultivo, se enriqueció el medio con ácido Fosfórico, urea, fosfato monocálcico y oxígeno.

Teniendo en cuenta la composición fisicoquímica de las muestras se procedió a realizar el recuento de levaduras mediante los sistemas de medios de cultivo Food Culture System y la identificación de los mismos por observación al microscopio por el método tradicional de colorantes (azul de lacto fenol y Ponseau), se probó también el sistema Mycotube, verificado mediante el método de John Hansem.

Sobre cada una de las muestras obtenidas y variando las condiciones de enriquecimiento se determinó el porcentaje de recuperación mediante filtraciones e identificaciones cuantitativas específicas para cada género de levaduras. Se inocularon dos géneros de levaduras ampliamente conocidas, utilizadas en la industria: *Saccharomyces cerevisiae* y *Cándida utilis*; el porcentaje del inóculo fué del 20% en cada caso.

11.2 Determinación del porcentaje de recuperación

Se determinó el porcentaje de recuperación para cada género de levadura utilizando la siguiente fórmula:

Recuperación de levadura, (%) = $\frac{\% \text{ Inóculo} \times \text{Volumen de cachaza}}{\text{Volumen de levadura producida}}$.

Saccharomyces Cerevisiae con adición de Oxígeno

$$\% \text{ Recuperación} = \frac{2\% \times 3.100 \text{ cc}}{380 \text{ cc}} = 16.31\%$$

Saccharomyces Cerevisiae con adición de Oxígeno, Urea, ácido fosfórico y fosfato monocálcico.

$$\% \text{ Recuperación} = \frac{2\% \times 3.350 \text{ cc}}{390 \text{ cc}} = 17.18\%$$

Cándida Utilis con adición de Oxígeno

$$\% \text{ Recuperación} = \frac{2\% \times 3.650 \text{ cc}}{342 \text{ cc}} = 21.34\%$$

Cándida Utilis con adición de Oxígeno, urea, ácido fosfórico y fostato monocálcico.

$$\% \text{ Recuperación} = \frac{2\% \times 3800 \text{ cc}}{270 \text{ cc}} = 28.15\%$$

- La cachaza obtenida como subproducto en la producción de panela es un buen substrato para el desarrollo de levaduras, necesitándose sin embargo un enriquecimiento del medio con ácido fosfórico como fuente de fósforo y para regular el pH que requieren las levaduras. El fosfato monocálcico por su aporte de fósforo y calcio, urea como fuente de nitrógeno y oxígeno para satisfacer los requerimientos metabólicos del substrato.
- El mayor número de unidades formadoras de colonias se produce cuando se utiliza una muestra tomada directamente de la paila clarificadora sin pasar por la cachacera.
- En la cachaza se encuentran los géneros *Cándida* y *Saccharomyces*, siendo la *Cándida Utilis* un género muy importante por su gran utilización industrial, especialmente como bio-proteína.
- El género *Cándida* es menos exigente para su desarrollo que el *Saccharomyces* y proporciona un mayor porcentaje de recuperación.

- Se recomienda adicionar urea y fosfato monocálcico por ser compuestos fácilmente asimilables por parte de las levaduras.

- La producción de éstos géneros de levaduras a nivel de laboratorio y escala industrial, es totalmente viable técnicamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARRERO, R., CEDIEL, L. "Coloración y enriquecimiento de la panela con vitamina A". Tesis de grado Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santafé de Bogotá 1984.
2. BAYMA, C. Tecnología do açúcar. Instituto do açúcar e do alcohol. Río de Janeiro, Brasil; 1974. p. 125-130.
3. BAYONA, Magda y otros. En: Obtención de Levaduras a partir de cachaza. Tesis de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ingeniería de Alimentos. 1988.
4. BELTRAN A., Ines L.; RIVERA., B. Doris. En: Viabilidad de la elaboración de gaseosas a partir de miel de caña. Tesis de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ingeniería de Alimentos. 1991.
5. BUENAVENTURA, Carlos. Evaluación Crítica de la Tecnología Generada en el Cultivo de Caña para Panela en Colombia. Bogotá: ICA-UN, 1975. Tesis M.Sc.
6. CASTRO M., GARZON A., MARTINEZ G., "Utilización de la cachaza de panela en la producción de proteína". Tesis de grado Facultad Ingeniería de Alimentos. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá 1984.
7. CARRERO, M. y RODRIGUEZ, J. Análisis de la estructura de la producción de panela en la Hoya del Río Suárez. Barbosa, Santander: CIMPA - UPTC, 1989. Tesis de grado. p. 134, 147-154.
8. CIMPA, Convenio ICA-Holanda. 1989. Evaluaciones técnicoeconómicas de la producción panelera en la Hoya del Río Suárez. Barbosa, Santander.

- 9.CIMPA. Convenio ICA-Holanda de Investigación y Divulgación para el Mejoramiento de la Industria Panelera. "Avances Tecnológicos en el cultivo de caña y elaboración de panela" Barbosa (s.s) 1992.
- 10.CHALELA Graciela. " La importancia de la bioproteína." Seminario de Biotecnología. Universidad Industrial de Santander. Cali 1989.
- 11.CHAPARRO., M., Luis R. En: Viabilidad y evaluación de clarificantes químicos tipo polímero en la elaboración de panela. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. 1989.
- 12.DANE. 1985. Colombia Estadística 1985. Bogotá.
13. DANE. 1986. Colombia Estadística 1986. Bogotá.
- 14.DANIELS, J., "The excretion and metabolism of edible food colors". Industrial hygiene research laboratories herts. Inglaterra 1961.
- 15.De Armas, C., y Gonzalez, L. La caña de azúcar como fuente de energía. Editorial Científico Técnica, La Habana, Cuba 1986.
- 16.Dearson, D. "Técnicas de laboratorio en el análisis de alimentos". Editorial Acribia. Zaragoza 1978.
- 17.DELGADO, Oscar. 1986. Clases sociales y políticas agrarias. En: Economía Colombiana No. 186. Bogotá. p. 40 a 58.
- 18.DIAZ, D. Producción y almacenamiento de panela. Instituto de Investigaciones Tecnológicas (mimeografiado). Bogot-

tá: IIT, 1972. p. 19.

- 19.FRAZIER, W.C. Westroff, D,C. Microbiología de los Alimentos. Editorial Acubia. Zaragosa. 1976.
- 20.FAO/OMS. "Estudio biotóxicológico de agentes clarificantes".
- 21.FAO. 1986. Anuario de producción 1986. Vol. 40. Roma.
- 22.FEDESARROLLO. 1976. La agroindustria azucarera y panelera en Colombia. Bogotá.
- 23.FEDESARROLLO. 1982. Mercados y formación de precios. Mercados competitivos: el caso de la panela. Bogotá. p 133 a 164.
- 24.GARCIA, H. Reinel. Pérdidas de Sacarosa en el Proceso de Elaboración de Panela. Publicación Científico-Técnica del ICA. Volumen XII, Número 2. 1978.
- 25.GARCIA B., Hugo Et al. Estudio comparativo de la producción de panela en cuatro regiones de Colombia. Bogotá: ICA, Vol 19 No.3, 1984. p. 383 - 391
- 26.GOMEZ, Rafael. "Levaduras Forrajera" . Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la caña de azúcar. ICIDCA. Editorial Científico Técnica. Cuba 1986.
- 27.HONIG. E., Principios de la tecnología azucarera. Editorial Continental. Mejico 1969.
- 28.HUGOT, E., Manual para Ingenieros Azucareros. Editorial Continental. Mejico 1982.

29. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). La Industria de los Derivados de la Caña de Azúcar. Editorial Científico Técnica. Habana Cuba 1986.
30. Instituto Nacional de Nutrición. Contenido de Nutrientes de Varios Alimentos comúnmente utilizados en la dieta del pueblo colombiano. Bogotá 1965.
31. JORGENSEN, Alfred. "Microbiología de las fermentaciones industriales" . Editorial Acribia Zaragoza. 1959.
32. KENT., J. y otros. Chronic rat and dog toxicity studies and tartrazine. F.D.A Washington. 1964.
33. KLAUSI, H., Carotenoides as food colours. Poster publishing ltda. Zurich 1973.
34. ROTTA., G. Hernando. En: Extracción y conservación del polímero del balsa. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. 1.988.
35. LOPEZ, Romelia. "La cachaza como materia prima". Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la caña de azúcar ICIDCA. Editorial Científico - Técnico. Cuba 1986.
36. MANUAL DE TECNICAS DE LABORATORIO E FABRICACAO DE ACUCAR DE CANA. Colecao Canavieira no.18. Río 1975.
37. MANUELL, W., y otros. Toxicity studies tartrazine and sunset yellow. Washington 1958.
38. MANUAL PARA EL DISEÑO Y OPERACION DE HORNILLAS PANELERAS. Centro de Investigación y Divulgación para el

Mejoramiento de la Industria Panelera en Colombia,
CIMPA. Barbosa - Santander. 1992.

- 39.MACIAS., E. Belisario. En: Determinación de humedad y equilibrio en la panela. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. 1989.
- 40.MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1987. Anuario Estadísticas del Sector Agropecuario. Bogotá.
- 41.MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1989. Boletín Estadísticas Agropecuarias No. 19. Bogotá.
- 42.MINISTERIO DE SALUD DE COLOMBIA. Resolución No. 10593. Julio 1985.
- 43.OSORIO Miguel. 1983. El mercado de trabajo en el sector rural colombiano. En: cuadernos de agroindustria y economía rural. No.11. U. Javeriana. Bogotá. p 161 a 176.
- 44.PEREZ, G.; RAMIREZ, L.E. Control físico-químico en el proceso de elaboración de panela. ICA-Tibaitatá. 1978.
- 45.PINTO, Reynaldo. Almacenamiento y empaque de la panela. Revista ICA informa, vol XXII no.2. Bogotá: ICA, 1988. p. 21-25.
- 46.POSADA, V., "Estudio físico, químico y toxicológico de panelas tratadas con hidrosulfito de sodio". Santafé de Bogotá 1978.
- 47.ROCHE CAROTENOIDES. Natural food colours. Roche Basel. 1973.

48.SPENCER, M., Manual de azúcar de la caña. Editorial Montaner y Simon S.A. España 1967.

ANEXO 1

TABLA 1.1. Relación entre los grados Brix, la densidad o peso específico (g/cc) y los grados Baumé en soluciones de azúcar a 20EC.

BRIX EB	DENSIDAD 20E/20Ec	BAUME	BRIX EB	DENSIDAD 20E/20Ec	BAUME
0.0	1.00000	0.00	65.0	1.31866	35.04
1.0	1.00389	0.56	66.0	1.32476	35.55
2.0	1.00779	1.12	67.0	1.33090	36.05
3.0	1.01172	1.68	68.0	1.33708	36.55
4.0	1.01567	2.24	69.0	1.34330	37.06
5.0	1.01965	2.79	70.0	1.34956	37.56
6.0	1.02366	3.35	71.0	1.35585	38.06
7.0	1.02770	3.91	72.0	1.36218	38.55
8.0	1.03176	4.46	73.0	1.36856	39.05
9.0	1.03586	5.02	74.0	1.37496	39.54
10.0	1.03998	5.57	75.0	1.38141	40.03
11.0	1.04413	6.13	76.0	1.38790	40.53
12.0	1.04831	6.68	77.0	1.39442	41.01
13.0	1.05252	7.24	78.0	1.40098	41.50
14.0	1.05677	7.79	79.0	1.40758	41.99
15.0	1.06104	8.34	80.0	1.41421	42.47
15.5	1.06319	8.62	81.0	1.42088	42.95
16.0	1.06354	8.89	82.0	1.42759	43.43
16.5	1.06751	9.17	83.0	1.43434	43.91
17.0	1.06968	9.45	84.0	1.44112	44.38
17.5	1.07186	9.72	85.0	1.44794	44.86
18.0	1.07404	10.00	86.0	1.45480	45.33
18.5	1.07624	10.27	87.0	1.46170	45.80
19.0	1.07844	10.55	88.0	1.46862	46.27
19.5	1.08065	10.82	89.0	1.47559	46.73
20.0	1.08287	11.10	90.0	1.48259	47.20
20.5	1.08510	11.37	91.0	1.48963	47.66
21.0	1.08733	11.65	92.0	1.49671	48.12
21.5	1.08958	11.92	93.0	1.50381	48.58
22.0	1.09183	12.20	94.0	1.51096	49.03
22.5	1.09409	12.47	95.0	1.51814	49.49
23.0	1.09636	12.74	95.5	1.52174	49.71
23.5	1.09863	13.02	96.0	1.52535	49.94
24.0	1.10092	13.29	96.5	1.52897	50.16
24.5	1.10321	13.57	97.0	1.53260	50.39
25.0	1.10551	13.84	97.5	1.53623	50.61
30.0	1.12898	16.57	98.0	1.53988	50.84
40.0	1.17853	21.97	98.5	1.54353	51.06
50.0	1.23174	27.28	99.0	1.54719	51.28
60.0	1.28873	32.49	99.5	1.55087	51.50
65.5	1.32171	35.29	100.0	1.55454	51.73

FUENTE: SPENCER MEADE.

ANEXO 2.

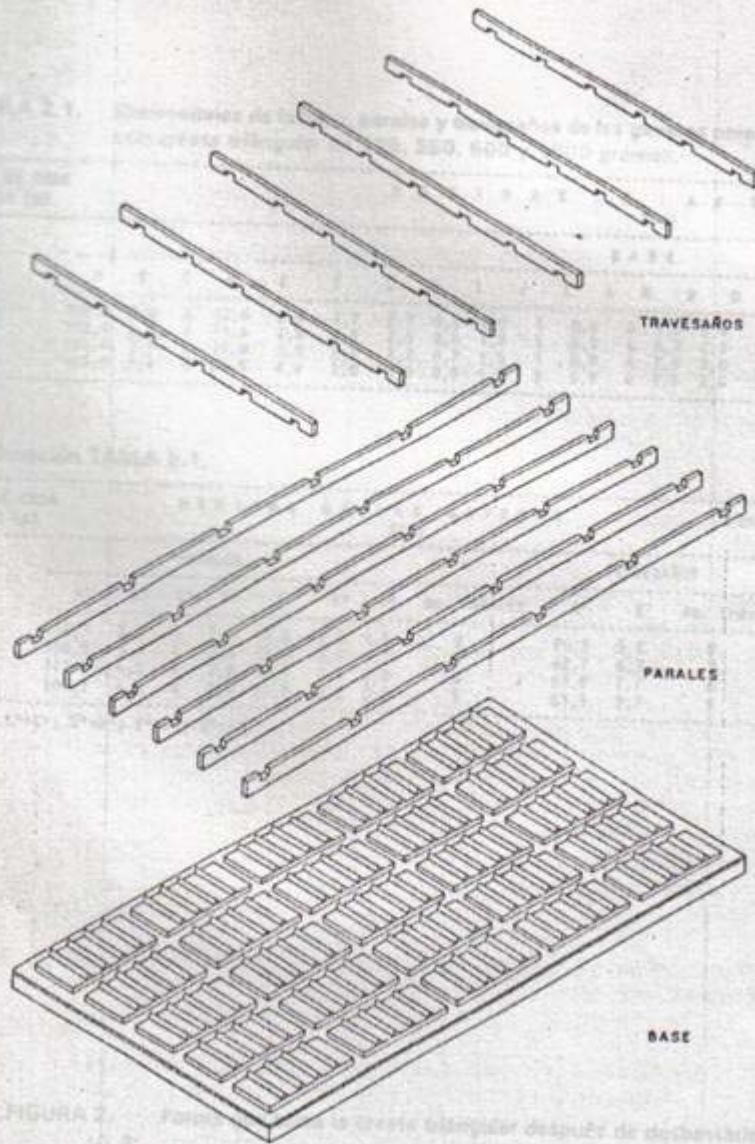


Figura 1. Perspectiva (vista isométrica) de la góndola para panela tipo pastilla con cristo triangular de 500 gramos.

TABLA 2.1. Dimensiones de la base, paraleles y travesaños de las gaveras para panela en forma de pastilla con cresta triangular de 125, 250, 500 y 1000 gramos.

V E R A S		M E D I D A S D E L A S G A																	
PANELA (g)	(cm)	BASE																	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
NUMERO CRESTAS																			
125	104,8	3,9	4	10,0	2,4	2,7	2,7	0,5	1,0	1	0,9	4	5,0	2,4	3	2,4			
64,8	60,0	2																	
250	102,6	3,9	4	13,6	2,6	2,5	2,5	0,6	1,2	1	0,9	4	6,0	2,6	3	2,4	57,0	52,2	3
500	105,0	3,9	4	17,0	3,0	2,2	2,2	0,7	1,5	1	0,9	4	7,5	3,0	3	2,4	57,5	52,7	4
1000	103,0	3,9	4	21,5	3,0	2,0	2,0	0,9	1,9	1	0,9	4	9,5	3,0	3	2,4	55,0	50,2	5

Continuación TABLA 2.1.

CANTIDAD PANELA		M E D I D A S D E L A S G A V E R A S																	
PANELA (g)	PESO PANELA (cm)	P O R G A V E R A				P O R G A V E R A				P A R A L E S				T R A V E S A Ñ O S					
(kg)		A*	B*	C*	D*	E*	F*	G*	No. PARALELES	A'	E'	No. Travesaños							
125	110,3	2,9	4	2,3	10,2	2,2	1,5	9	70,3	5,2	9	64	8,0						
250	108,3	3,4	4	2,5	13,8	2,4	1,7	7	62,7	6,2	7	36	9,0						
500	111,4	4,0	4	2,9	17,2	2,8	2,0	6	63,9	7,7	6	25	12,5						
1000	109,3	4,8	4	2,9	21,7	2,8	2,4	5	61,3	9,7	5	16	16,0						

-----B*=B'; C*=C'; D*=D'; F*=F'; G*=G'.

FIGURA 2. Forma que toma la cresta triangular después de desbastarle la punta o filo

ANEXO 3

PRODUCTOS AGRICOLAS

PANELA

CDU : 644.14

1. OBJETO

1.1. Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos y los ensayos que debe cumplir la panela destinada para el consumo humano.

2. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes:

2.1.1. Panela: producto sólido obtenido por evaporación de los jugos de la caña de azúcar.

2.1.2. Textura: característica de la panela debida a la relación de azúcares reductores y sacarosa, que determina su consistencia o dureza.

2.1.3. Panela desportillada o partida: aquella panela que por golpes o manipulación inadecuada ha sufrido roturas, quedando fragmentos o trozos de una panela.

2.1.4. Materias extrañas: son los restos de vegetales, insectos, huevos de insectos, larvas, pelos de roedores, arena, tierra u otro tipo de impurezas no tóxicas presentes en la panela.

2.1.4.1. Número de defectos: cantidad en unidades de resto de vegetales, insectos, huevos de insectos, pelos, larvas.

2.1.4.2. Sólidos sedimentables: cantidad de materia extraña

(arena, tierra y otros) que se determinan por sedimentación.

- 2.1.5 Panela alterada: aquella que ha sufrido cambios en su color, textura y apariencia debido a ataques de insectos, roedores, ablandamientos o fermentaciones, generalmente ocasionadas por deficiencias en la fabricación o en el almacenamiento, o por la fabricación y el almacenamiento.
- 2.1.6. Panela adulterada: aquella a la cual se le han adicionado productos no permitidos o se le han sustituido parte de sus elementos constitutivos naturales.
- 2.1.7. Panela cuadrada y rectangular: aquella que tiene forma geométrica de un paralelepípedo.
- 2.1.8. Panela redonda: aquella cuya forma se puede comparar con una semiesfera irregular, bien sea achatada o aplanada.
- 2.1.9 Panela en polvo o granulada: aquella que por procesos de deshidratación o de molienda se obtiene en forma de polvo o granulada.
- 2.1.10. Panela en otras formas: aquella que por procesos de deshidratación o de molienda se obtiene en forma de polvo o granulada.
- 2.1.11. Trapiche panelero: establecimiento donde se extrae el jugo de la caña de azúcar y se elabora la panela y que cumpla con las disposiciones legales vigentes.

2.2. CLASIFICACION

La panela de acuerdo con el contenido de sólidos sedimentables y de materia extraña (ver Tabla 2), se clasifica en:

2.2.1.Extra

2.2.2.Primera

2.2.3. Segunda

3. CONDICIONES GENERALES

- 3.1. La panela debe comercializarse por peso en presentaciones de 125 g, 250 g, 500 g y múltiplos de 500 g, con una tolerancia de \pm 5% en peso.
- 3.2. La panela debe estar libre de materias, olores y sabores extraños, verdeamientos, ablandamiento excesivo; no puede estar fermentada ni presentar ataques de hongos o insectos.
- 3.3. En la elaboración de la panela no se permite el uso de hidrosulfito de sodio ni hiposulfito de sodio ni otras sustancias químicas con propiedades blanqueadoras.
- 3.4. En la elaboración de panela no se permite el uso de colorantes naturales, ni artificiales ni idénticos a los naturales.
- 3.5. En la elaboración de panela no se permite el uso de azúcar ni de miel procedente de sitios diferentes a trapiches paneleros.
- 3.6. La panela debe presentar coloración en los diferentes tonos de amarillo, pardo o pardo oscuro.
- 3.7. La panela debe elaborarse en condiciones higiénicas.
- 3.8. La panela debe ser elaborada en establecimientos que cumplan con las disposiciones legales vigentes.

4. REQUISITOS

- 4.1. La panela clasificada en extra, primera y segunda deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos de la panela.

REQUISITO	MINIMO	MAXIMO
Color en % T (550 nm)	30	85
Azúcares reductores en %	5.5	12

Sacarosa en %	73	83
Proteína en % (%N x 6.25)	0.2	--
Cenizas en %	0.8	1.9
Plomo expresado como pb en mg/dm ³		0.2
Arsénico expresado como As en mg/dm ³		0.1
SO ₂	Negativo	
Colorantes	Negativo	

4.2.La panela clasificada según el numeral 2.2 deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 2.

TABLA 2. Requisitos para la clasificación de la panela.

Calidad	MATERIAS EXTRAÑAS			
	Sólidos sedimentables en g/100 g de panela (máximo)	Número de defectos/100 g de panela (máximo)		
		de 0 mm a 1 mm	de 1.1 mm a 3 mm	de 3.1. mm a 5 mm
Extra	0.1	2	1	0
Primera	0.5	4	2	0
Segunda	1.0	6	3	3

4.3.La panela clasificada en extra, primera y segunda deberá cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la Tabla 3.

TABLA 3. Requisitos microbiológicos para la panela.

REQUISITO	n	m	M	C
Recuento de hongos y levaduras/g	3	200	500	2

Donde :

n = número de muestras que se van a examinar

m =parámetro normal

M = valor máximo permitido

C =número de muestras aceptadas con M

5. TOMA DE MUESTRAS Y CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO.

5.1. TOMA DE MUESTRAS

Se efectuará de acuerdo con lo indicado en la Tabla 4, teniendo en cuenta que el tamaño de lote está dado por cargas (1 carga equivale a 100 kg) y el tamaño de muestra en unidades de panela.

Nota. - Este plan de muestreo se aplicará para producciones en los trapiches. Para los sitios de acopio o distribución se deberán tomar las panelas necesarias con el objeto de hacer una muestra compuesta y efectuar los análisis físicos, de clasificación y microbiológicos respectivos.

5.2. CRITERIOS DE ACEPTACION

El lote se aceptará cuando el número de unidades defectuosas sean menor o igual a lo indicado en la columna Ac de la

Tabla 4 y se rechazará cuando el número de unidades defectuosas sea superior al límite de aceptación establecido en la columna Re de la Tabla 4.

6. ENSAYOS

6.1. DETERMINACION DEL COLOR

Se determina en una solución de panela al 5% (m/v) en base seca, previamente filtrada a través de papel de filtro SS;604 o similar. La lectura espectrofotométrica se toma a una longitud de onda de 550 nm y se expresa en porcentaje de transmitancia, tomando como blanco agua destilada.

6.2. IDENTIFICACION DE LOS COLORANTES

La presencia de colorantes en la panela puede determinarse mediante uno de los siguientes métodos.

6.2.1.Método A. Se hierve una solución de panela con una tira de lana virgen. Si la lana se tiñe de color anaranjado indica que la panela tiene colorantes.

6.2.2.Método B. (de arata)

6.2.2.1.Se disuelven 10 g de panela en 100 cm³ de agua. Se acidifica hasta que la solución esté ligeramente ácida, se deja hervir durante 10 min. Se pasa la lana a un vaso de precipitado y se lava en agua fría.

6.2.2.2.Expresión de resultados. Si la lana se tiñe la presencia de colorantes es positiva.

6.3. DETERMINACION DE LA MATERIA EXTRAÑA

6.3.1. Determinación del número de defectos. (resto de vegetales, insectos, pelos, larvas y huevos).

6.3.1.1.Reactivos: Se puede usar cualquiera de los siguientes solventes:

- Eter de petróleo
- Hexano
- Gasolina

Nota. - El reactivo utilizado se debe filtrar previamente.

6.3.1.2.Aparatos

- Aparato de Wildman
- Embudo butcher de diámetro aproximado de 110 mm
- Erlenmeyer con tabuladora lateral
- Esteroscopio
- Papel de filtro whatman No.42 o similar
- Probeta de 250 cm³
- Vasos de precipitados de 250 cm³ y 1000 cm³
- Varillas de vidrio.

6.3.1.3Procedimiento

a) Se pesa una panela completa en un vaso de precipitado de 1000 cm³ , se adiciona agua destilada hasta cubrirla, se calienta a ebullición hasta disolución completa. Se enfría a temperatura ambiente.

- b) Se pasa la disolución cuantitativamente al aparato de wildman, adicionando las aguas de lavado al erlenmeyer.
- c) Se llena el erlenmeyer del aparato de wildman con agua destilada hasta el cuello, se adicionan 20 cm³ del solvente empleado.
- d) Se agita por espacio de 20 min a intervalos de 3 min a 5 min.
- e) Se deja luego en reposo durante 10 min.
- f) A continuación se sube el agitador lentamente hasta su límite, se enjuaga la varilla con agua destilada.
- g) Se vierte el solvente en el embudo butchner, al cual se le ha colocado el papel filtro y se filtra.

Nota.- La solución acuosa se reserva para determinar la materia sedimentable.

- h) Se repiten los pasos c al g.
- i) El papel de filtro se observa con es esteroscopio y se realiza el conteo.

6.3.1.4.Expresión de resultados: se expresa el número de pelos, larvas, huevos, fragmentos de insectos resto de vegetales por 100 g de panela.

6.3.2.Determinación de materias sedimentables .

6.3.2.1.Procedimiento

- a) Se toma la solución reservada en el literal g, se deja decantar, se vierte y desecha 1 dm³ del sobrenadante.
- b) Al embudo butcher se le coloca un papel de filtro previamente tarado y se filtra.
- c) Se saca el papel de filtro, se seca en la estufa y luego se pesa.

6.3.2.2. Expresión de resultados: la materia sedimentada se expresa por 100 g de producto.

6.4. DETERMINACION DE HONGOS Y LEVADURAS

6.4.1. Principio: Los hongos y levaduras tienen algunas características similares a las bacterias cuando contaminan los alimentos, como la capacidad de alteración, producción de metabolitos tóxicos y en la utilización de algunas especies para la producción de alimentos.

Los hongos y levaduras se ponen en evidencia en condiciones desfavorables para el crecimiento bacteriano como: pH bajo, alto contenido de sales y azúcares, bajo contenido de humedad y baja temperatura de almacenamiento.

6.4.2. Preparación y dilución de los homogenizados de alimentos.

6.4.2.1. Aparatos

-Homogeneizador, licuadora o aparato similar con velocidad hasta 8000 rpm que permita una buena homogeneización de los alimentos.

- Vasos, recipientes de vidrio o de metal esterilizables de 1 dm³ de capacidad.
- Balanza de una capacidad no inferior a 2 500 g y de una sensibilidad de 0,1 g.
- Instrumentos para preparar las muestras: cuchillos, tenedores, pinzas, tijeras, cucharas, etc. previamente esterilizados en autoclave o por aire caliente.
- Pipetas bacteriológicas de 1 cm³ y de 10 cm³ esterilizados.
- Frascos de dilución con 99 cm³ de diluyentes (agua peptonada 0,1 %) esterilizados.
- Tubos de ensayo de 20 mm x 180 mm, esterilizados.

6.4.2.2. Procedimiento

- En muestras líquidas la dilución 10⁻¹ se prepara, pesando 11 g de total de la muestra en un frasco que contenga 99 cm³ de diluyente, previamente tarado, con un error no mayor a 0,1 g.
- Para muestras sólidas la dilución 10⁻¹ se prepara, pesando 11 g de total de la muestra en un frasco que contenga 99 cm³ de diluyente, previamente tarado, con un error no mayor a 0.1 g.

- Se agita vigorosamente el frasco y se deja en reposo 10 min.
- Se transfiere 1 cm³ de la dilución 10⁻¹ a un tubo que contenga 9 cm³ de diluyente para obtener la dilución 10⁻² .
- Con otra pipeta se mezcla cuidadosamente la dilución, aspirando 10 veces, se transfiere 1 cm³ a otro tubo que contenga 9 cm³ de diluyente para obtener la dilución 10⁻³ .
- Se repiten estos pasos hasta obtener el número de diluciones necesarias. Cada dilución sucesiva disminuirá 10 veces la concentración.
- El rango de diluciones preparadas y sembradas puede modificarse en función de la cifra de microorganismos esperada. De todos modos siempre deben sembrarse tres diluciones distintos.

6.4.3.Siembra de los homogeneizados

6.4.3.1.Aparatos

- Cajas de petri de 100 mm x 15 mm esterilizados
- Pipetas bacteriológicas de 1 cm³ esterilizados

6.4.3.2.Reactivos

- Agar oxitetraciclina glucosa extracto de levadura (DGY) fundido y mantenido a 45°C - 50°C.
- Solución de oxitetraciclina o gentamicina al 1%

-Agar extracto de levadura glucosa clorafenicol

6.4.3.3.Procedimiento

-Se prepara la muestra y dilución de los homogeneizados tal como se indica en el numeral 6.4.2.

-Se coloca una alícuota de 1 cm³ de cada una de las diluciones en dos cajas de petri.

Inmediatamente se vierte en cada caja de petri entre 10 cm³ a 15 cm³ , de agar oxitetraciclina glucosa extracto de levadura (OGY) o agar extracto de levadura glucosa cloranfenicol.

-Se mezcla el inóculo con el agar, inclinado y girando las placas.

-Se vierte en cajas de petri el medio de cultivo y diluyente sin inocular como control de esterilidad.

-Se deja solidificar el agar.

-Se incuba a $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (temperatura ambiente) de 5 días a 7 días.

6.4.3.4Expresión de resultados. Se hace la lectura con base en las cajas que presentan entre 30 - 100 colonias. Se calcula el número de hongos y levaduras viables/g o cm³ multiplicando el número de colonias por el inverso de la dilución.

6.5.DETERMINACION DE AZUCARES REDUCTORES Y SACAROSA.

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la norma ICONTEC

440.

6.6. DETERMINACION DE PROTEINA

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la norma ICONTEC 282, multiplicando el contenido de nitrógeno por el factor 6,25.

6.7 DETERMINACION DE CENIZAS

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la norma ICONTEC 282.

6.8 DETERMINACION DE ARSENICO Y PLOMO

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la norma ICONTEC 440.

6.9 DETERMINACION DE DIOXIDO DE AZUFRE

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la norma ICONTEC 285.

7. EMBALAJE Y ROTULADO

7.1. EMBALAJE

La panela clasificada en extra, primera y segunda se empacará en material apropiado de primer usos (bolsas, sacos o cajas) que permita su conservación y transporte.

7.2. ROTULADO

7.2.1.El rótulo deberá llevar la siguiente inscripción:

- Nombre del producto
- Nombre del fabricante
- Dirección del fabricante
- Número de inscripción ante el Servicio Nacional de salud.
- Peso del producto en unidades del Sistema Internacional.
- Designación de acuerdo con su clasificación.

7.2.2.La panela clasificada como extra se debe empaquetar y rotular por unidades. El rotulo deberá llevar la información descrita en el numeral 7.2.1.

7.2.3.La panela clasificada como primera deberá llevar sobre la masa la marca que identifique al fabricante y embalar en empaques debidamente rotulados que lleven la información descrita en el numeral 7.2.1.

7.2.4.La panela clasificada como segunda se deberá embalar en empaques debidamente rotulados que lleven la información descrita en el numeral 7.2.1.

8. PRECAUCIONES

Este capítulo no es aplicable para efectos de la presente norma.

9. APENDICE

9.1. NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

ICONTEC 440 Productos alimenticios. Métodos de ensayo.

ICONTEC 282 Industrias alimentarias. Harina de trigo. Métodos de ensayo.

ICONTEC 285 Mermelada de frutas

9.2. ANTECEDENTES

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS. Estudio técnico sobre los problemas de calidad y almacenamiento de la Industria Panelera Colombiana 1961.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS. Informe sobre almacenamiento de panela. Valle del Cauca, Palmira 1962.

IDEMA. Mercadeo de la panela en Cundinamarca 1969.

ASOCAÑA. Caña, trapiches y panela en Cauca, Valle y Caldas

BENJAMIN QUIÑONES, WILLIAN QUINTERO Y FERNANDO MORENO. Trapiches. Conferencias dictadas en el curso de caña para panela Manizales, abril 1975.

CARLOS BUENAVENTURA. Comercialización y mercadeo de la panela en Colombia.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS. Informe final sobre características técnicas de la panela para establecer sus normas de calidad. Septiembre de 1977.

Resolución 1092 de 1985 del Ministerio de Salud de Pública. Información técnica suministrada por el comite.

PREPARADO

OLGA GONZALEZ

REVISADO

ROSA EDITH USECHE

**CONVENIO ICA - HOLANDA DE INVESTIGACION Y DIVULGACION PARA
EL MEJORAMIENTO DE LA INDUSTRIA PANELERA EN COLOMBIA
CIMPA**

LOCALIZACION

La sede del Convenio está situado a 220 km de Bogotá, en el municipio de Barbosa, Departamento de Santander. La explotación principal de la región es el cultivo de la caña para la elaboración de panela.

OBJETIVOS

CIMPA busca mejorar las condiciones de producción, de trabajo y calidad de la panela en el proceso de elaboración o industrialización, con los siguientes objetivos:

- 1.Reducir las pérdidas y costos de producción en el beneficio de la panela.
- 2.Aumentar los rendimientos mediante una mayor capacidad de extracción de jugos y mejoramiento de la calidad de la panela.
- 3.Utilizar mejor los subproductos tales como bagazo, cachaza y mieles.
- 4.Disminuir el esfuerzo físico de los operarios en labores de producción.
- 5.Hacer más eficientes las hornillas, disminuyendo el consumo de combustible adicional al bagazo.

ACTIVIDADES DEL PROYECTO EN INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA

- 1.Perfeccionar las técnicas de corte, alce y transporte.
- 2.Mejorar las condiciones de operación de los molinos.
- 3.Diseñar hornillas más funcionales y que consuman únicamente bagazo.
- 4.Investigar nuevas técnicas de clarificación y limpieza de jugos.
- 5.Mejorar el secado del bagazo.
- 6.Obtener nuevas formas de presentación de la panela.
- 7.Mejorar las técnicas en batido, moldeo y empaque.
- 8.Mejorar la distribución en planta del trapiche.
- 9.Diseñar nuevos equipos para la industria.

A QUIENES BENEFICIA EL PROYECTO

-A todos los productores de caña

- A dueños de trapiches y operarios que trabajan en beneficio de la caña
- A técnicos del sector panelero en Colombia
- A estudiantes de carreras relacionados con el cultivo y procesamiento de la caña panelera.
- A consumidores en general.

Cualquier información adicional a las actividades que desarrolla el Centro, puede solicitarla a: CIMPA, carretera antigua de Barbosa (Santander) corregimiento de Cite, kilómetro 2, Teléfonos (972) 286139 ó 285820 o al Fax No. (972) 286843.