

**EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE CAÑA PANELERA
-*Saccharum robustum* - Y TRATAMIENTO DE LA HOJA DE BIJAO COMO
EMPAQUE DE LA PANELA "CRIOLLA" EN LOS MUNICIPIOS DE
GALERAS Y SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE SUCRE**

ADOLFO JAVIER DE ORO TORRES

UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
SINCELEJO
2003

**EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE CAÑA PANELERA
-*Saccharum robustum* - Y TRATAMIENTO DE LA HOJA DE BIJAO COMO
EMPAQUE DE LA PANELA "CRIOLLA" EN LOS MUNICIPIOS DE
GALERAS Y SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE SUCRE**

ADOLFO JAVIER DE ORO TORRES

Trabajo de investigación para optar el título de Ingeniero Agroindustrial

DIRECTOR

LIBARDO MEJIA TURIZO

Ingeniero Químico

Especialista en Alta Gerencia

CODIRECTOR

MELBA VERTEL MORINSON

Licenciada en Matemáticas y Física

Especialista en Estadística

CAMPO DE INVESTIGACIÓN

CONTROL DE CALIDAD

UNIVERSIDAD DE SUCRE

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

SINCELEJO

2003

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Jurado

Sincelejo, 2 de Abril del 2004

*A la persona más importante en mi vida,
quien a cambiado mi manera de pensar y de actuar,
Él único que posee la verdadera sabiduría,
Él único que da paz y vida eterna a quienes en Él confían,
Al único sabio y Dios, Padre de nuestro Señor Jesucristo.
A Él sea la gloria y la alabanza por todos los siglos. Amen.*

*A mis padres, Adolfo y Amparo,
a mis hermanos Paola, Ricardo y Rocío.
A todos ellos que han dado de su tiempo
para apoyarme y darme su cariño.*

*A compañeros de estudio, profesores y
amigos, que aportaron un granito de arena
durante todo el ciclo de estudio.*

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Libardo Mejía Turizo, Ingeniero Químico, Especialista en Alta Gerencia y Director de la investigación, por su orientación y apoyo valioso.

Melba Vertel Morinson, Licenciada en Matemáticas y Física, Especialista en Estadística y Codirector de la investigación, por su motivación y dedicación.

Gloria Estela Posada, Ingeniero de Alimentos y Directora del Programa de Ingeniería Agroindustrial, por ser una buena consejera todo el tiempo.

Martha Villamizar Noriega, Especialista en Trabajo Social y Directora de la Fundación Gaviota -FUNGA-, por darme la oportunidad de ejercer y practicar mis conocimientos.

Gloria Vasquez Celis, Ingeniero Agrónomo y Asesora de la Fundación Gaviota, por ser una excelente compañera de trabajo y amiga.

Fernando Hernández Taboada, Ingeniero Agroindustrial, por ser mi amigo en todo el ciclo universitario y ser un apoyo en cada momento.

Roberto Quiroz Narvaez, Ingeniero Agroindustrial, por dar alegría y ayudarme a reír en momentos difíciles.

"UNICAMENTE LOS AUTORES SON RESPONSABLES DE LAS IDEAS
EXPUESTAS EN EL PRESENTE TRABAJO"

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	20
1. ESTADO DEL ARTE	23
1.1 ASPECTOS GENERALES	23
1.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA PANELA	26
1.2.1 Los azúcares	26
1.2.2 Las vitaminas	26
1.2.3 Los minerales	28
1.3 IMPORTANCIA DE LA AGROINDUSTRIA PANELERA EN COLOMBIA	30
1.4 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE PANELA	34
1.5 PROCESO DE PRODUCCIÓN	35
1.5.1 Corte y almacenamiento de la caña	35
1.5.2 Extracción del jugo	36
1.5.3 Limpieza de los jugos	38
1.5.4 Evaporación y concentración los jugos de caña	48
1.5.5 Batido, moldeo, secado y empaque	51
1.5.5 Almacenamiento y distribución	52
1.5.6 El color de la panela	52
1.5.7 Hornilla panelera	54
1.5.8 Manejo de jugos	55
1.6 PROCESO DE EMPAQUE	57
1.7 USOS DE LA PANELA	58
METODOLOGÍA	59
1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	59

1.2 LOCALIZACIÓN	59
1.3 VARIABLES E INDICADORES	60
2.3.1 Variables independientes	60
2.3.2 Variables dependientes	61
2.4 PRUEBAS DE RENDIMIENTO EN CAÑA	61
2.4.1 Corte de caña	61
2.4.2 Molienda	62
2.4.3 Obtención de panela	62
2.5 PRUEBAS DE EMPAQUE	63
2.5.1 Tratamientos	63
2.5.2 Almacenamiento	64
2. RESULTADOS Y ANÁLISIS	65
2.1 PRUEBAS DE RENDIMIENTO	65
3.1.1 Rendimiento en caña	65
3.1.2 Rendimiento en jugo	66
3.1.3 Rendimiento en panela	69
2.2 PRUEBAS DE EMPAQUE	71
3.2.1 Análisis de varianza (ANOVA)	73
3.2.2 Comparación de tratamientos por contrastes ortogonales	74
3. CONCLUSIONES	75
4. RECOMENDACIONES	76
4.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN	76
4.2 TRATAMIENTO DE LA HOJA DE BIJAO Y EMPAQUE	78
4.3 OTRAS RECOMENDACIONES DADAS POR EL CIMPA	79
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	84
ANEXOS	86

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Composición de panela por cada 100 gramos.	29
Tabla 2. Producción mundial de panela.	31
Tabla 3. Consumo aparente de panela en Colombia.	33
Tabla 4. Costos de producción de panela.	34
Tabla 5. Producción estimada de caña por variedad.	65
Tabla 6. Rendimientos en jugo y panela por estancia.	67
Tabla 7. Rendimientos previos y actuales en diversas variedades de caña.	67
Tabla 8. Producción teórica y real de panela.	69
Tabla 9. Promedio perdida de humedad por tratamiento.	71
Tabla 10. Resultados análisis de varianza (EXCEL).	73
Tabla 11. Comparación de tratamientos (Contrastes ortogonales).	74

LISTA DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Contenido vitamínico de la panela.	27
Cuadro 2. Contenido mineral de la panela.	28
Cuadro 3. Estado de madurez de la caña según el índice de madurez.	35

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Producción mundial de panela para el año 2000.	30
Figura 2. Apronte de caña.	36
Figura 3. Molienda de caña.	37
Figura 4. Prelimpiadores diseñados por el CIMPA.	39
Figura 5. Labores de limpieza de las mieles mediante la adición de clarificantes naturales.	40
Figura 6. Mucílagos vegetales usados en la clarificación.	43
Figura 7. Preparación de lechada de cal.	45
Figura 8. Evaporación - Concentración del jugo de caña.	49
Figura 9. Medición de brix con (A) Sacarímetro; (B) Refractómetro.	50
Figura 10. Aspecto del cuarto de batido y moldeo.	51
Figura 11. Partes principales de la hornilla.	55

Figura 12. Esquema general de las hornillas para flujo en paralelo, en contraflujo y flujo combinado.	56
Figura 13. Producción estimada de caña a partir de 52 m ² de área cosechada.	66
Figura 14. Rendimientos en jugo: (verano e invierno).	68
Figura 15. Producción de panela: (verano e invierno).	70
Figura 16. Promedio pérdida de humedad por tratamiento.	72
Figura 17. Pruebas de empaque.	99

LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo A. Diagrama de flujo del diseño metodológico	87
Anexo B. Formato. Pruebas de rendimiento.	88
Anexo C. Formato. Pruebas de empaque.	90
Anexo D. Diagrama de flujo para la obtención de panela.	91
Anexo E. Resultados del proyecto FUNGA-PRONATTA.	92
Anexo F. Formato. Prueba panela de hoja.	93
Anexo G. Hornilla panelera tipo CIMPA.	94
Anexo H. Esquema panelero móvil (DYNATERM LTDA).	95
Anexo I. Mapa del Departamento de Sucre.	96
Anexo J. Mapa del Municipio de San Marcos.	97
Anexo K. Mapa del Municipio de Galeras.	98
Anexo L. Pruebas de empaque.	99

GLOSARIO

AGLUTINANTES: Sustancias que permiten desestabilizar y agrupar los sólidos que se encuentran dispersos en el jugo de caña.

APRONTE: Etapa del proceso de obtención de caña que abarca tres actividades: Corte de la caña, su transporte al sitio de acopio y un almacenamiento previo a la molienda.

BAGAZO: Material residual proveniente de la extracción de los jugos de caña, comúnmente utilizado como generador de calor en la hornilla.

BAGACERA: Sitio donde es almacenado el bagazo húmedo (50 a 60 % de humedad) con el propósito de bajar su humedad hasta valores inferiores de 30%, y lograr que este lo suficientemente seco, antes de ser introducido a la cámara de combustión.

BAÑO DE MARÍA: Tratamiento aplicado a la hoja de bijao, que consiste en sumergir la hoja en agua hirviendo.

BAÑO DE VAPOR: Tratamiento aplicado a la hoja de bijao, que consiste en pasar la hoja por encima del vapor proveniente de la paila en donde se hierve el agua.

BIJAO: Planta perteneciente a la familia de las Musaceae (*Heliconia bihai* L.), cuya hoja de forma semiovalada, es utilizada para envolver la panela criolla.

CACHAZA: Sólidos coagulados - floculados, producto de la acción del calor y del agente aglutinante adicionado durante la clarificación.

CACHACERA: Recipiente donde se deposita la cachaza, en donde se concentra hasta formar una masa llamada melote.

CAÑA PANELERA: Planta perteneciente a la familia de las gramíneas (*Saccharum robustum*), que se caracteriza por tener un tallo leñoso lleno de un tejido esponjoso y dulce, de donde se obtiene el jugo utilizado para la obtención de panela.

CONCENTRACIÓN: Proceso en el cual los sólidos solubles presentes en el jugo de caña son llevados de 17 a 92 grados brix.

CLARIFICACIÓN: Etapa del proceso en que se aplica calor a los jugos de caña y además se añade un aglutinante natural.

ENCALAMIENTO: Actividad en la que se agrega cal a los jugos para aumentar su pH, y asegurar a la vez una consistencia más dura de la panela.

ENTRESAQUE: Método de recolección, en el que se cortan solo cañas maduras, dejando aquellas con índices de madurez bajos.

EVAPORACIÓN: Etapa del proceso en la que se elimina la mayor parte del agua contenida en los jugos de caña.

GRADOS BRIX: Porcentaje de sólidos solubles presentes en el jugo de caña.

GUARAPO: Nombre vulgar con el que se le conoce al jugo obtenido de la caña.

GUÁSIMO: Arbol perteneciente a la familia de las Sterculiaceas (*Guazuma ulmifolia L.*), de donde se obtienen los mucílagos extraídos de la corteza, para la clarificación de los jugos de caña.

HORNILLA: Dispositivo térmico formado por tres regiones bien definidas: la zona de combustión (representada por la cámara), la zona de transferencia de calor (representada por el ducto de humos y las pailas) y la zona de evacuación y tiro (la chimenea).

MELOTE: Subproducto del proceso de elaboración de la panela de mucha utilidad en alimentación animal. Se obtiene después de concentrar la cachaza.

MIEL DE PANELA: Nombre que se le da al jugo de caña concentrado, que ha alcanzado entre 66 y 70 grados brix.

MOLIENDA: Etapa en la cual se extrae el jugo presente en la caña, gracias a la acción de las mazas de un molino.

PAILA: Recipiente metálico con fondos o tachos, en donde los jugos y mieles de la caña reciben energía (calor) para realizar las operaciones de clarificación, evaporación y concentración.

PANELA: Producto obtenido de la concentración de los jugos de caña, hasta un contenido de sólidos solubles de 90 a 92 grados brix.

PAREJO: Método de recolección, en el que se corta toda la caña presente en el lote.

SÓLIDOS SOLUBLES: Partículas sólidas que son solubles en el jugo de caña. La mayor parte son azúcares, como la sacarosa, la glucosa y la fructosa; posee así mismo, compuestos menores como minerales, proteínas, ceras, grasas y ácidos que pueden hallarse en forma libre o combinada.

STRECK (PVC): Empaque plástico de polietileno, de textura delgada y transparente. Se caracteriza por su fácil manejo en el empaque de frutas frescas y otros alimentos.

TRAPICHE: Lugar donde se realizan los procesos de extracción de los jugos, clarificación, concentración y obtención de panela. También se le conoce con el nombre de "estancia".

SACARIMETRO: Aparato utilizado para medir la concentración de sacarosa y otros azúcares solución.

RESUMEN

La producción de panela en Colombia es de 1'587.893 Ton/año, que representan 538.905 millones de pesos para 2002, cifras que convierten a éste país en el segundo productor mundial de panela. El cambio de hábitos alimenticios y el estilo de vida de la población, así como la rápida evolución social y tecnológica que viene experimentando la humanidad, representan una amenaza para la supervivencia de ésta agroindustria, la cual se encuentra todavía en una etapa primaria de desarrollo, a pesar de ser la base de la economía de varias regiones del territorio Colombiano. Estudios recientes muestran que el consumo de este producto disminuye a medida que asciende la escala de ingresos.

Sin embargo, las nuevas tendencias de la sociedad hacia una alimentación natural han creado un mercado potencial para esta agroindustria. Pero su conquista sólo será posible si se mejora la calidad e imagen de este producto, con este propósito se espera que este trabajo de investigación pueda llegar a convertirse en una herramienta importante para mantener e incrementar el consumo de panela tradicional y la implementación de nuevas formas de presentación, con miras a satisfacer las actuales exigencias de consumo.

ABSTRACT

The panela production in Colombia is of 1'587.893 Ton/año that represent 538.905 million pesos for 2002, you calculate that convert this country in the second world producer of panela. The change of nutritious habits and the population's lifestyle, as well as the quick social and technological evolution that comes experiencing the humanity, represents a threat for the survival of this agroindustry, which is still in a primary stage of development, in spite of being the base of the economy of several regions of the Colombian territory. Recent studies show that the consumption of this product diminishes as it ascends the scale of revenues.

However, the new tendencies of the society toward a natural feeding have created a potential market for this agroindustry. But their conquest will only be possible if improves the quality and image of this product, with this purpose it is expected that this investigation work can end up becoming an important tool to maintain and to increase the consumption of traditional panela and the implementation in new presentation ways, with an eye toward satisfying the current consumption demands.

INTRODUCCIÓN

La producción de panela "CRIOLLA" Ó DE "HOJA" en el Departamento de Sucre ha mantenido un bajo desarrollo tecnológico a través de los años. A pesar de esta situación, existe una alta demanda en los mercados regionales por este tipo de panela, que es producida por pequeños productores en los municipios de Galeras y San Marcos en el Departamento de Sucre (ver anexos I, J y K). Los resultados del proyecto de apoyo a las microempresas rurales, ejecutado por la **Fundación Gaviota -FUNGA-** con la cofinanciación de la **Corporación para el Desarrollo de las microempresas**, entre mayo del 1999 y julio del 2000, permitió conocer su problemática, que se ha organizado teniendo en cuenta los conceptos de cadenas productivas en cuatro componentes: agronómicos, de procesos, de organización y de comercialización.

Dentro de estos cuatro componentes se encuentra la siguiente problemática con relación a la producción de caña y panela:

Componente agronómico

- Variedades con baja producción de caña y métodos de siembra inadecuados.
- Recolección de caña con diferentes estados de madurez, lo que afecta la calidad del producto y los rendimientos en el proceso.

Componente procesos

- Bajos niveles de extracción de jugo, que oscilan entre el 36 y 45 %. (CIMPA, 1999).
- Pobre capacidad de producción, con rendimientos entre 3.25 a 9.45 Kg/Panela/hora.
- Vulnerabilidad al ataque de hongos y bacterias. Desde el punto de vista del empaque, se utiliza la hoja de bijao previamente deshidratada, pero no existe control sobre este proceso, arriesgando el producto a una posible contaminación.

Componente organizacional

- Bajo sentido organizacional y de trabajo comunitario en procesos productivos y de comercialización.
- Bajo nivel de escolaridad que dificulta los procesos de enseñanza - aprendizaje.
- Limitadas habilidades y destrezas de los productores en los procesos de comercialización y de gestión empresarial.

Componente comercialización

- El tamaño del producto dificulta su comercialización y manipulación para su consumo.
- Bajo consumo de la panela debido a la oferta de alternativas más funcionales como el azúcar y la falta de promoción.
- Comercialización de los productores de manera individual y con baja capacidad de negociación.

- Falta de aprovechamiento de oportunidades y de capacitación para acceder a nuevos mercados.
- Poca ó limitada innovación en relación con nuevas formas de presentación y consumo de la panela.

Teniendo en cuenta la problemática en cada uno de los eslabones de la panela, se puede señalar que la falta de competitividad de los productores se origina por las deficiencias en la capacidad de producir y procesar de manera eficiente la caña.

Cabe mencionar que este trabajo de investigación busca dar soluciones a problemas relacionados con la baja producción que presentan las variedades de caña utilizadas por los productores, identificando aquellas que generen mayores rendimientos en producción de caña y panela; y a la vez mostrar un buen sistema de empacado con la hoja de bijao que permita a los productores mejorar la calidad de panela de hoja.

1. ESTADO DEL ARTE

1.1 ASPECTOS GENERALES

Colombia es el segundo productor de panela en el mundo después de la India, pero se caracteriza por ostentar el mayor consumo por habitante / año (23 Kg). En el año 1986, mediante un convenio de cooperación técnica entre los gobiernos de Holanda y Colombia, surgió el Centro de Investigación para el Mejoramiento de la Agroindustria Panelera **-CIMPA-**, con el propósito de generar tecnología para mejorar el desempeño de los diversos factores vinculados a esta cadena, vale la pena mencionar algunos logros obtenidos por este centro, como son: 1) Selección de materiales genéticos de buen comportamiento para la producción de caña panelera en Colombia, por sus altos rendimientos en biomasa y la tolerancia a complejas enfermedades y plagas, con los cuales los rendimientos se han incrementado de 80 a 120 Ton/ha/año, contando además con materiales para diversos usos industriales y nutrición animal. También sobresale, en este aspecto, el incremento que se obtiene en el porcentaje de extracción de los molinos y nuevos sistemas de moldeo para la diversificación de la presentación de la panela; 2) Respecto al uso de subproductos se destaca el uso del melote, el cogollo de caña, bloques multinutricionales y sistemas de ensilaje; 3) Desde el punto de vista socioeconómico cuenta con información básica que caracteriza la producción de panela en las seis regiones más importantes del país como son: Antioquia, Eje Cafetero, Huila – Tolima, Cauca – Nariño, Cundinamarca y Santanderes – Boyacá (RODRIGUEZ B. G., 1997).

Cabe destacar el interés que ha tenido la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria **-CORPOICA-** y en especial, el Centro de

Investigación **CIMPA**, para atender las demandas acordes a las condiciones socioeconómicas de estas regiones. Entre 1998 y 2000 se diseñaron hornillas de bajo impacto ambiental, con capacidad de 30 y 60 Kg/h, para fortalecer el desempeño de pequeños productores del Cauca. La interacción con los pequeños productores permitió formular proyectos hacia la producción de panela orgánica, con miras al mercado nacional e internacional. También se han elaborado proyectos para la producción de panela con tecnologías de calderas a base de vapor y trapiches móviles, las cuales se ha implementado en más de 35 instalaciones, como alternativa rentable y generadora de empleo (ver anexo H). Además de lo anterior, la tecnología generada en panela se ha registrado en diversos manuales técnicos y se ha difundido en videos, cursos, seminarios y giras educativas de los productores al Centro de Investigación **CIMPA**, ubicado en el municipio de Barbosa (Santander) (CIMPA – CORPOICA, 1999 -2000).

Con relación a la producción de panela en Sucre (3% de la producción nacional), merece destacarse la información generada por el proyecto adelantado por la **Fundación Gaviota -FUNGA-** cofinanciado por el Programa de Microempresa Rural **-PADEMER-** con relación a la producción y procesamiento de la caña, y un estudio de mercado realizado por la **Cámara de Comercio de Sincelejo** que identifica plenamente el potencial del consumo de este tipo especial de panela. Actualmente los productores de San Marcos y Galeras mantienen bajas producciones de caña que oscilan entre 52 y 65 Ton/ha/año y porcentajes de extracción entre 36 y 45%, lo cual es bastante bajo comparado con los rendimientos en otras regiones del país (60 y 70%). Además se presenta una producción promedio de 21.6 Toneladas de panela/año y presentaciones de panela de un (1) kilo que no satisfacen las necesidades y expectativas de clientes mucho más exigentes en el mercado (Cámara de Comercio - FUNGA, 2000).

Los rendimientos normales, de acuerdo a otras zonas del país, para el proceso de obtención de panela son los siguientes:

En producción de caña: 100 a 140 Ton/ha/año

En extracción de jugo: 55 a 70 %

En producción de panela: 35 a 50 Ton de panela/año

En consumo de Bagazo como combustible: 97 a 100 %

Capacidad de las hornillas: 35 a 45 Kilogramos de panela/hora

La realidad es, que no todas las regiones del país, poseen estos rendimientos, sin embargo, son estándares que aseguran una excelente producción y rentabilidad del proceso productivo. La mayoría de los trapiches que obtienen buenos rendimientos son de escala semi - industrial e industrial, por lo tanto, es de esperar una mayor producción y una generación de ingresos favorable.

Aunque, la producción en el departamento de sucre es baja, es una economía de subsistencia para los productores y adquiere importancia debido a ello. Cabe mencionar que las zonas del departamento, en las que se produce la panela de hoja, son netamente consumidoras de este producto y muy pocas son las que consumen panelas que provienen del interior. Por un lado, esto es favorable, puesto que se esta consumiendo un producto natural, pero, por ser un producto de calidad adquiere valor agregado, aumentando el precio final del producto.

1.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA PANELA

Los principales componentes nutricionales de la panela son los azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa), las vitaminas (A, algunas del complejo B, C, D y E), y los minerales (potasio, calcio, fósforo, magnesio, hierro, cobre, zinc y manganeso, entre otros) (Tabla 1) (PRADA, L. E., 2000).

1.2.1 Los azúcares

Entre los carbohidratos, el azúcar sacarosa es el principal constituyente de la panela, con un contenido que varía entre 75 y 85% del peso seco. Por su parte, los azúcares reductores (entre 6 y 15%), poseen una disponibilidad de uso inmediato para el organismo, lo cual representa una gran ventaja energética, estos son fácilmente metabolizados por el cuerpo, transformándose en energía necesaria requerida por nuestro cuerpo. Desde el punto de vista nutricional, el aporte energético de la panela oscila entre 310 y 350 calorías por cada 100 gramos. Adulto que ingiera 70 gramos diarios de panela (que es el consumo promedio diario por habitante a nivel nacional), obtendrá un aporte energético equivalente al 9% de sus necesidades. La inversión de la sacarosa es un proceso natural de partición de esta sustancia, del cual se origina la glucosa y la fructosa (que también se conocen como "azúcares reductores") (PRADA, L. E., 2000).

1.2.2 Las vitaminas

Las vitaminas son sustancias muy importantes para el funcionamiento diario y el crecimiento del organismo, el cual no es capaz de sintetizarlas y, por tanto, debe ingerirlas de manera regular y balanceada en los alimentos. La panela aporta un conjunto de vitaminas esenciales que complementan el balance nutricional de otros alimentos (Cuadro 1) (PRADA, L. E., 2000).

Cuadro 1. Contenido vitamínico de la panela

Vitamina	Función	Recomendación Diaria (mg./día)	Aporte por 70 g. De Panela diarios (mg.)*	Aporte a la recomendación Diaria (%)
A Retinol, axeroftol	Mejora la visión nocturna, participa en el crecimiento y restaura la calidad de la piel; mejora la absorción de hierro en el organismo.	06-10	1,4	1,5
B1 Tiamina	Nutre y protege el sistema nervioso; indispensable en el metabolismo energético de azúcares	2	0,0084	0,42
B2 Riboflavina	Es la vitamina de la energía; previene los calambres musculares y mejora la visión.	2	0,046	2,3
B5	Es la vitamina de la piel y de cabello; aumenta la resistencia ante el estrés y la infecciones.	10	0,007	0,35
B6 Piridoxina	Participa en la construcción de tejidos y contribuye al metabolismo de proteínas. Importante para dientes y encías; previene una clase de anemia.	2	0,007	0,35
C Ácido ascórbico	Ayuda poderosa para todos los mecanismos de defensa del cuerpo; vitamina antiestrés.	40-60	5	10
D2 Ergocalciferol	Participa en la asimilación de calcio por parte de los huesos. Actúa en la formación del conjunto de tejidos.	10-30	0,046	0,23
E Tocoferoles	Protege el organismo del envejecimiento. Interviene en el metabolismo de las grasas.	1-30	0,08	0,27

Fuente: CORPOICA. La panela un producto vital. 2000.

*Calculado con base en un consumo de 25 Kg/habitante/año.

1.2.3 Los minerales

Los minerales en el organismo juegan un importante rol en la conformación de la estructura de los huesos, de otros tejidos y de algunas secreciones del organismo como la leche. Por lo tanto, se trata de compuestos irreemplazables durante el crecimiento del cuerpo. Los minerales intervienen en múltiples actividades metabólicas: activan importantes sistemas enzimáticos, controlan el pH, la neutralidad eléctrica y los gradientes de potencial electroquímico. También participan en la conformación bioquímica de algunos compuestos de gran importancia fisiológica: el cloro del ácido clorhídrico propio de la secreción gástrica, el yodo de las hormonas tiroideas, el hierro de la hemoglobina, entre otros (Cuadro 2) (PRADA, L. E., 2000).

Cuadro 2. Contenido mineral de la panela

Minerales	Función	Recomendación diaria (mg/día)	Aporte por 70g.de Panela diarios (mg)*	Aporte diario aportado por la Panela (%)
Potasio K	Indispensable en la utilización de las proteínas en metabolismo de los carbohidratos y el control de la glicemia.	3000-4000	7-9	0,23
Magnesio Mg	Asegura la comunicación neuromuscular; junto con el potasio, son los cationes más importantes del líquido intracelular.	100-400	49-63	22,4
Calcio Ca	Regula los intercambios de membrana en las células. Participa en formación del sistema óseo.	2	0,046	2,3

Fósforo P	Participa en la asimilación del calcio por parte de los huesos.	600-1000	28-70	6,13
Hierro Fe	Es antianémico. Participa en la formación de los glóbulos rojos (eritropoyesis).	15-20	7-9	45,71
Cobre Cu	Refuerza el sistema inmunológico. Es antianémico.	2-3	0,07-0,63	14
Zinc Zn	Regula el azúcar en la sangre (glicemia).	10-15	0,14-0,28	1,68
Manganeso Mn	Es antialérgico y ayuda a la asimilación de azúcares. Participa en la absorción de compuestos aminonitrogenados como las proteínas.	3-9	0.14-0.35	4.08

Fuente. CORPOICA. La panela un producto vital. 2000.

*Calculado con base en un consumo de 25 Kg/habitante/año.

Tabla 1. Composición de la panela por cada 100 gramos

Carbohidratos	Gramos	Vitaminas	Mg
Sacarosa	72 a 78	Provitamina	2.00
Fructosa	1.5 a 7	Vitamina A	3.80
Glucosa	1.5 a 7	Vitamina B1	0.01
Minerales	Mg	Vitamina B2	0.06
Calcio	40 a 100	Vitamina B5	0.01
Magnesio	70 a 90	Vitamina B6	0.01
Fósforo	20 a 90	Vitamina C	7.00
Sodio	19 a 30	Vitamina D2	6.50
Hierro	10 a 13	Vitamina E	111.30
Manganeso	0.2 a 0.5	Vitamina PP	7.00
Zinc	0.2 a 0.4	Proteínas	280 mg
Flúor	5.3 a 6.0	Agua	1.5 a 7.0 g
Cobre	0.1 a 0.9	Calorías	312

Fuente: CORPOICA. La panela un producto vital. 2000.

1.3 IMPORTANCIA DE LA AGROINDUSTRIA PANELERA EN COLOMBIA

La producción de panela es una de las principales actividades agropecuarias de Colombia. En el año 2001 la caña panelera contribuyó con el 3,2% del valor de la producción de la agricultura sin café y con el 1,8% de la actividad agropecuaria nacional. Ocupó en ese año el puesto 11 en contribución al valor de la producción superando a productos como el maíz, arroz seco, cacao, frijol, sorgo, plátano de exportación, tabaco, algodón, soya, trigo y cebada, entre otros.

Según cifras de la FAO, 26 países producen panela, dentro de los cuales Colombia ocupa el segundo lugar después de la India, con un volumen que representa el 10,3% de la producción mundial en el 2000 (Figura 1). Sin embargo, en términos de consumo por habitante, Colombia ocupa el primer lugar con un consumo de 31,2 Kg/Hab de panela al año, cifra que supera de lejos al promedio mundial de 2,1 Kg/Hab y del mayor productor mundial, la India, cuyo consumo fue de 8,4 Kg/Hab (Tabla 2) (RODRIGUEZ B. G., 1997).

Figura 1. Distribución de la producción mundial de panela para el año 2000

La agroindustria panelera, genera 24 millones de jornales con una participación del 12.8% de la población rural económicamente activa, siendo el segundo generador de empleo después del café. Tiene una participación en el Producto Interno Bruto del 1.3% y de un 7.7% del PIB agrícola. Los principales departamentos productores de Panela en Colombia son: Antioquia, Santander, Cundinamarca, Boyacá y Nariño.

Colombia tiene 452 mil hectáreas cultivadas con caña de azúcar: el 41% se destina a la producción de azúcar, el 55% a la producción de Panela y el 4% restante se destina a la elaboración de mieles, guarapos y forrajes. El cultivo de la caña cubre el 7.8% de la superficie agrícola nacional y el 1.15% de la superficie total de Colombia. En la actualidad existen aproximadamente 70.000 unidades agrícolas productoras de Panela. (RODRIGUEZ B. E. 1997)

Tabla 2. Producción mundial de panela

PAÍS	PRODUCCIÓN (Miles ton.)	Participación en la Producción	Consumo Percápita (Kg/año)
1. India	9.857	71.3	10.0
2. Colombia	1.276	9.2	31.2
3. Pakistán	743	5.4	5.0
4. China	458	3.3	0.4
5. Bangladesh	440	3.2	3.5
6. Myanmar	354	2.6	8.0
7. Brasil	240	1.7	1.4
8. Filipinas	108	0.8	1.5
9. Guatemala	56	0.4	5.2
10. México	51	0.4	0.5
11. Indonesia	39	0.3	0.2
12. Honduras	27	0.2	4.4
Otros países	172	1.2	N.D
TOTAL MUNDIAL	13.821	100.0	

Fuente: CORPOICA. Producción de panela en Colombia. 1997.

Se pueden apreciar además, otros nombres con que se conoce la panela en el mundo:

- CHANCACA - México, Perú y Chile
- PILONCILLO - Costa Rica
- PAPELÓN - Venezuela y algunos países de Centroamérica
- RAPADURA - Cuba, Brasil, Bolivia y Ecuador
- GUR - La India
- MUSCOVADO SUGAR - Filipinas
- JAGGERY y KHANDSARI - Sur del Asia
- BLACK SUGAR - Japón y Taiwan
- PAPADURA - Algunos países de América Latina

El consumo aparente de panela en Colombia pasó de 1.091.363 Tm en 1991 a 1.431.405 Tm en 2001, período en el cual creció a tasas moderadas del 1,9% anual. Este crecimiento ha tenido una dinámica inferior a al crecimiento de la población, lo que conlleva a que el consumo per cápita se haya reducido principalmente en los 1999 y 2000, pues de 33,3 Kg/Hab en 1993 pasó a 31,1 Kg/Hab en el 2000, aunque en 2001 crece de nuevo a 33,4 Kg/Hab (Tabla 3).

No obstante, esta reducción en el consumo también se debe al cambio de preferencias y a los hábitos alimenticios de los consumidores que en 1949 consumían 2 Kg de panela por 1 Kg de azúcar, mientras hoy consumen 2 Kg de azúcar por 1,5 Kg de panela (RODRIGUEZ B. G., 2001).

Tabla 3. Estimación del consumo aparente de panela en Colombia

Año	Producción ¹ (Tm)	Importaciones ² (Tm)	Exportaciones ² (Tm)	Consumo Aparente (Tm)	Consumo Percápita (Kg/Hab)
1990	1.092.629				
1991	1.092.551	9	1.198	1.091.363	30,6
1992	1.175.648		1.780	1.173.868	32,3
1993	1.236.794	3	1.224	1.235.573	33,3
1994	1.239.403		2.074	1.237.328	32,7
1995	1.254.779	19	2.814	1.251.983	32,5
1996	1.251.751	5	975	1.250.781	31,9
1997	1.289.515	2	1.333	1.288.184	32,2
1998	1.309.679	1.039	947	1.309.771	32,2
1999	1.301.946	4.315	1.373	1.304.888	31,5
2000	1.301.503	3.801	4.724	1.300.579	30,9
2001	1.436.838		5.434	1.431.405	33,4
2002	n.d.	20	3.166		

Fuentes: Ministerio de Agricultura y DANE. Cálculos Observatorio Agrocadenas.

1. La producción corresponde a Caña Panela y no incluye material verde.

2. Los datos de comercio exterior corresponden a Chancaca - Panela, Raspadura (Partida Arancelaria 1701111000).

n.d. No disponible.

1.4 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE PANELA

Para 250 kilogramos de panela (Producción diaria), se han establecido los costos de producción, asumiendo que los productores compran la caña y que los jornales para corte, transporte de la caña, molienda y proceso, son pagados independientemente de si son familiares o amigos. A partir de estos datos, es posible determinar el costo por kilogramo de panela y verificar que los productores no estén perdiendo dinero al establecer los precios de venta (Tabla 4).

Tabla 4. Costos de producción de panela por 250 kilogramos

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Caña	Kg	5100	24	122400
Corte	Jornal	10	8000	80000
Transporte	Jornal	2	8000	16000
Molienda y proceso	Jornal	5	8000	40000
Hoja de bijao	Ciento	2.5	2000	5000
Combustible	Lt	10	1000	10000
TOTAL	-	-	-	\$ 273400

Fuente: Cámara de Comercio - FUNGA. Línea promisorio panela. 2000.

$$\text{Costo por kilogramo de Panela} = \frac{273400}{250} = \$1093,6$$

Tanto en la vereda del Guamo como en San Marcos los productos son vendidos en la misma zona al **consumidor directo**: Panela de un kilo a \$ 1400; panela de 250 gramos a \$ 350; miel el litro a \$ 500, panela de coco de un kilo \$ 2500; panela de coco de 320 gramos \$ 600. **Intermediarios**: panela de un kilo \$ 1.200, panela de 250 gramos a \$ 250 y panelin \$ 100.

1.5 PROCESO DE PRODUCCIÓN

1.5.1 Corte y almacenamiento de la caña.

El corte de la caña se realiza cuando la caña alcanza el sazonado adecuado, ó sea cuando tiene la mayor concentración de sólidos solubles, y alcanza la madurez en sacarosa. Las cañas inmaduras y sobremaduras dan rendimientos menores y poseen mayor cantidad de azúcares reductores lo cual influyen negativamente en la dureza y el color de la panela. La edad de corte para cada variedad es determinada por los investigadores usando las curvas de sacarosa obtenidas en el laboratorio (CIMPA, 2000).

El índice de madurez esta determinado por la mayor concentración de sólidos solubles, el cual se halla con el uso del refractómetro de campo o el densímetro, con escala en °Brix. Para esto se toman muestras representativas del cultivo, a las cuales se les realiza una lectura de la concentración de sólidos solubles (en los jugos) en el sexto o séptimo entrenudo del tercio superior (B) y otra del tercio inferior (A). Con estas dos lecturas se determina el índice de madurez (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estado de madurez de la caña de acuerdo con el índice de madurez

Índice de madurez (B/A)	Estado de Madurez
0,95 - 1,0	Caña madura
1,0	caña sobremadura
< 0,95	caña inmadura

Fuente: CIMPA. Madurez de la caña. 2000.

Una vez cortada la caña debe almacenarse máximo por tres días, después del cuarto día la inversión es alta, aumentando el porcentaje de reductores (Figura 2). El pH de los jugos al iniciar el proceso en la hornilla cuando ha tenido un buen manejo agronómico es de 5.2, para el cual se requiere el encalamiento.

Figura 2. Apronte de la caña

1.5.2 Extracción del jugo.

En esta operación se obtienen dos productos: el jugo crudo como producto principal y el bagazo húmedo (Figura 3). El nivel de extracción y la concentración de sólidos solubles de los jugos afecta directamente el rendimiento en la producción. El porcentaje de extracción (peso del jugo*100/peso de la caña) depende de las condiciones de operación del molino y tiene efectos marcados sobre la calidad y cantidad de jugo que se obtiene. En términos generales para molinos de 3 mazas una extracción óptima está en 58-60% y para molinos de 6 mazas uno detrás de otro hasta el 68%, para extracciones mayores hasta 75% debe realizarse una lixiviación o adicionar un solvente, al bagazo para remover la cantidad requerida de azúcares (Convenio ICA-CIMPA, 1992).

Figura 3. Molienda de caña

El jugo obtenido directamente del molino, físico - químico es un dispersoide compuesto por materiales en todos los tamaños, desde partículas gruesas hasta iones y coloides. El material grueso consiste principalmente de tierra, partículas de bagazo y cera. 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 y constituyentes minerales.

El bagazo o remanente de los tallos de la caña de azúcar después de extraerse el jugo es utilizado en la generación de calor mediante su combustión en las hornillas o calderas. En los trapiches CIMPA se utiliza el bagazo como sale del molino, con 45% de humedad, en los tradicionales se requiere someterlo a un proceso de secado natural previo, el cual tiene una duración entre 20 y 40 días en cobertizos llamados bagaceras, hasta conseguir una humedad de menos del 30%. El tiempo de secado depende de algunos factores como son: dimensiones del arrume, condiciones

climáticas del sitio, humedad con la que sale el bagazo del molino y características de construcción de la bagacera (Convenio ICA-CIMPA, 1992).

1.5.3 Limpieza de los jugos

La limpieza de los jugos es indispensable para obtener panelas libres de sólidos insolubles e impurezas y menor color. La limpieza de los jugos se divide en dos etapas la prelimpieza y la clarificación.

La prelimpieza de los jugos en el proceso de producción de panela, consiste en eliminar por medios físicos y a temperatura ambiente el material grueso con el que sale el jugo de caña del molino. Este material consiste principalmente en tierra, partículas de bagazo y cera, para su separación se usa el pozuelo, las mallas y los sistemas de prelimpieza diseñados por CIMPA, denominados prelimpiadores uno y dos. Cualquiera de estos equipos de prelimpieza requieren para su buen funcionamiento un adecuado mantenimiento y limpieza, mínimo cada 6 h, con el fin de evitar la fermentación de los jugos y como consecuencia un aumento de la acidez de los jugos, y de los azúcares reductores. Se recomienda utilizar en su construcción acero inoxidable, material resistente a la corrosión y fácil de limpiar (Convenio ICA-CIMPA, 1992).

Los prelimpiadores usan la diferencia de densidad de las partículas como principio para su separación. Deben estar cubiertos para evitar la caída de impurezas mayores, como hojas las cuales dificultan el buen funcionamiento del equipo y durante la molienda las impurezas que flotan se deben retirar varias veces al día, este material puede pasarse nuevamente por el molino, con el fin de recuperar parte del jugo retenido. 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 (Figura 4).

Figura 4. Prelimpiadores diseñados por CIMPA. (A) Prelimpiador 1: vistas isométrica, techo, frente y lateral. (B) Prelimpiador 2: techo, corte A-A' y frente.

Dependiendo del tamaño del trapiche el sistema se compone de uno o dos prelimpiadores. El primero tiene como función recibir el jugo del molino y remover las partículas de mayor densidad y tamaño que son las que se separan más rápidamente, por esta razón su altura es mayor que la del prelimpiador 2 y es más corto con el propósito de evitar la fermentación de los jugos por tiempos de residencia prolongados. El prelimpiador 2 remueve las impurezas con densidad más cercana a las del jugo, que son más difíciles de separar, tales como lodos y partículas pequeñas con este propósito la menor altura se compensa con una mayor longitud, para lograr una mayor permanencia del jugo sin aumentar su volumen.

La clarificación tiene como fin eliminar los sólidos en suspensión, las sustancias coloidales y algunos compuestos colorantes presentes en los jugos durante la producción de panela mediante la aglomeración de dichas partículas.

Terminada la prelimpieza se pasa el jugo directamente a la paila recibidora a una temperatura cercana a la del ambiente para iniciar su calentamiento hasta 50-55°C. El calentamiento del jugo acelera su velocidad de movimiento, lo que permite la coagulación o formación de partículas de mayor tamaño y densidad. Estas partículas son más fácilmente removibles por medios físicos. Parte de las sustancias precursoras y generadoras de color e impurezas en el producto final, permanecen en solución, sin poder ser removidas debido a su tamaño y requieren la adición de otras sustancias que permitan su eliminación manual. El jugo precalentado se pasa a la paila clarificadora donde se adiciona un agente clarificante para aumentar la coagulación de las impurezas presentes en el jugo (Figura 5).

Figura 5. Labores de limpieza de las mieles mediante la adición de clarificantes naturales en las pailas.

La coagulación consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre la sustancia adicionada (coagulante) y la solución (jugos) que dan como resultado la remoción o desestabilización de las fuerzas que mantienen unidas las partículas. Los agentes clarificantes o coagulantes son de dos tipos los polielectrólitos y los coagulantes metálicos.

Los primeros son polímeros de alto peso molecular naturales o químicos, conformados por uno o varios tipos de monómeros unidos en cadenas lineales o ramificadas que poseen un gran número de sitios activos por cadena y forman macromoléculas de tamaño coloidal. Un exceso de mucílago es perjudicial, la panela presentará problemas al tener una consistencia blanda y babosa.

Los coagulantes metálicos se pueden clasificar en tres grupos: sales de aluminio, sales de hierro y compuestos varios, de los cuales los más importantes son la cal, el carbonato de sodio, el carbonato de magnesio, el ácido fosfórico, el fosfato monocálcico y el bióxido de carbono entre otros. A las impurezas que flotan, se les denomina cachaza, ésta se retira manualmente con un remellón y se deposita en unos recipientes llamados cachaceras. En estas se separan los jugos que pudieron salir en la remoción de la cachaza quedando en el fondo del recipiente, de donde son devueltos al proceso en la paila clarificadora y la cachaza se lleva a la paila cachacera donde se concentra hasta formar el melote.

Mucílagos vegetales: 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.

Los mucílagos se suelen confundir con las gomas y pectinas, diferenciándose de estas sólo 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. Se forma en el interior de las plantas durante su crecimiento. Se asocia 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 el país los mucílagos mas empleados son los obtenidos del balso, cadillo y el guásimo (Figura 6).

Su uso depende de la disponibilidad y costumbres de la zona. Una de ellas es la del Valle del Cauca y Risaralda, 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, o el fique.

El Cadillo pertenece a la familia de las Tiliáceas (*Triumfetta lappula* L.) es conocida vulgarmente como pega-pega, el mucílago se encuentra en el tallo y las hojas. Para su utilización se construye una escoba con las ramas la cual se introduce en los jugos cuando estos alcanzan aproximadamente 50°-55°C, se agita durante 3 min, se deja calentar, y se retira la cachaza negra cuando se alcanza una temperatura de 85° C aproximadamente. Esta escobilla tiene una vida útil de aproximadamente 6 h.

El Guásimo cuyo nombre científico es *Guázuma Ulmifolia* Lamark, es un árbol frecuente de las llanuras cálidas colombianas por debajo de los 1.200 metros sobre el nivel del mar. Se utilizan, comúnmente, las cortezas de aproximadamente 10 ramas, las cuales se maceran para ser retiradas de las ramas y facilitar la liberación de los aglutinates. Con estas cortezas se forma una escoba la cual se trabaja como el cadillo.

El Balso: Es un árbol muy común en los climas templados del país, como la Hoya del Río Suárez. Esta planta es del orden de las Malvales, familia de las Sterculiaceae, su nombre científico es *Heliocarpus popayanensis*. Para su

utilización se retira la corteza del árbol teniendo cuidado de cortarlo por cuadros estilo domino, nunca todo el contorno ya que el árbol se muere.

Figura 6. Mucilagos vegetales usados para la clarificación

Estos cuadros de corteza se maceran o machaca con un mazo con el propósito de liberar los mucílagos. Se dejan en remojo hasta que forme una solución con una viscosidad de 6 cp (similar a la clara del huevo). Se emplea de esta solución un volumen igual al 2.5% en volumen de jugo, dividido en dos aplicaciones. La primera cuando los jugos han alcanzado una temperatura de 50-55°C. y la segunda cuando los jugos alcanzan 75°-85°C. Se retira la cachaza de la misma forma que en los anteriores. Para obtener los mejores resultados la velocidad de calentamiento debe ser superior a 1,5°C por minuto, y el pH de los jugos en el momento de adicionar el aglutinante de 5.8.

Polímeros químicos: Existe la alternativa de reemplazar los mucílagos vegetales por compuestos químicos que realizan la misma función, pero en las investigaciones realizadas hasta el momento por el CIMPA no han mejorado los resultados obtenidos con los mucílagos naturales, y en algunos de los casos presentan residuales. De los polímeros se han evaluado las poliacrilamidas aniónicas, catiónicas y no iónicas. De estas sólo las primeras,

especialmente el Mafloc 975, presentaron resultados comparables a los del balso en la clarificación.

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 prepara en soluciones hasta de 2.000 p.p.m. se agrega al jugo con pH de clarificación de 5,4 -6,4. en una dosis de 2 a 10 p.p.m.

El grado de acidez de los jugos es uno de los factores importantes de controlar en el proceso de 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 que oscurecen la panela. Si el pH inicial de los jugos es de 5.2 no requiere ser elevado en el momento de adicionar el aglutinante natural puesto que este se encontrará en 5.8, que es el valor ideal para el óptimo desempeño del Balso, y con el cual el porcentaje máximo de azúcares reductores no excederá el 6 a 9%, trabajando el proceso a las temperaturas adecuadas. Cuando el manejo agronómico no ha sido el óptimo y el pH inicial es inferior a 5.2, se recurre al encalamiento de los jugos con el propósito de ajustar el pH a las condiciones ideales. Un exceso de cal es perjudicial pues cuando se encala a pH superiores a 6,0 se presenta un marcado oscurecimiento de la panela (PRADA L. E., 2002).

El encalado se debe hacer en forma de lechada de cal, es decir una suspensión de cal apagada en agua o en el mismo jugo en concentraciones de 12-15 grados Baumé (100 a 150 gramos de cal / litro de agua) (Figura 7). Al agregar cal en frío, según estudios que realiza actualmente CIMPA, la acción de los floculantes vegetales mejora, y se obtienen jugos más limpios. Pero presenta el inconveniente de formar una cachaza menos densa e

incrementar el tiempo de separación del jugo, por la poca diferencia de densidades entre el jugo y la cachaza.

Figura 7. Preparación de la lechada de cal

La calidad de la cal es un factor importante a tener en cuenta en el proceso de producción de panela, pues si la cal no es de grado alimenticio, su adición aporta impurezas al producto final. La calidad de la cal se determina por análisis de laboratorio, en el que se incluyen, el porcentaje de CaO aprovechable, la prueba de asentamiento, sustancias insolubles en ácido clorhídrico, la humedad, el 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. Si se observa un incremento gradual del pH del jugo alcalinizado y el asentamiento de materiales lodosos en el agua de panela, es indicio de que se está usando cal de mala calidad, sobrecalcinada o muerta, cuyas partículas se hidratan muy lentamente.

Las reacciones dadas, producto de la clarificación y el encalamiento, se manifiestan en las sales que **el Calcio** forma con muchos ácidos orgánicos,

tales como el glicólico y el málico, que se disocian débilmente. También tiende a asociarse con aminoácidos como el aspártico para formar estructuras de quelatos poco ionizadas e iones complejos. 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.

La **Sílice** está presente principalmente como SiO₂ disuelto, coloidal y en suspensión y en forma de silicatos. La mayor parte de la sílice se elimina en el proceso de clarificación. La solubilidad es extremadamente baja. 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 de los jugos.

En el jugo, el **Hierro** y **Aluminio** pueden estar en suspensión en grandes cantidades, formando parte de las partículas férricas. Sin embargo, sólo en un grado muy limitado se presentan en solución. Las sustancias inorgánicas **Potasio, sodio y cloro** se encuentran en forma iónica, en el jugo de la caña y la mayor parte permanecen en él, sin sufrir ningún cambio durante el proceso de clarificación.

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.

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.

Entre los **aminoácidos** presentes en el jugo de la caña se tienen: ácido aspártico, ácido glutámico, valina, alanina, glicina, serina, lisina y leucina. 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.

Las **proteínas** tienen un peso molecular elevado y forman soluciones coloidales; al combinarse en forma compleja con 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 desnatura por el calentamiento. Se entiende por desnaturación 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.

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.

Las **pectinas** son carbohidratos de composición compleja y al igual que las gommas, 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 (Convenio ICA-CIMPA, 1992).

1.5.4 Evaporación y concentración de los jugos de caña

La **evaporación**: es la etapa que sigue a la clarificación, el calor suministrado es aprovechado básicamente en el cambio de fase del agua (de líquido a vapor), se elimina cerca del 90% del agua presente, durante esta etapa los jugos permanecen a la temperatura de ebullición del agua. En esta etapa se adiciona parte del agente antiespumante para evitar derramamiento del jugo. El **agente antiespumante y antiadherente** es un aceite vegetal con punto de fusión superior a los 128° C.

La **concentración**: es la fase final del proceso, se presentan temperaturas superiores a las de ebullición, se debe adicionar el agente antiadherente con

el propósito de evitar que se queme en las paredes de la paila la jalea. 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 los 100°C la inversión se acelera notablemente, por lo que se debe procurar mantener los jugos el menor tiempo posible en esta etapa y a un pH cercano a 5.8, para evitar el aumento de los reductores. El "Punto" de panela se obtiene dependiendo de la altura sobre el nivel del mar entre 118 - 125°C, la cual corresponde a un porcentaje de sólidos solubles entre 88- 94 ° Brix, para panela en bloque y 122-128°C para panela granulada (Figura 8).

Figura 8. Evaporación - Concentración de los jugos de caña

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 caramelizar fácilmente y en caso contrario se dificultará la solidificación. Por este motivo la determinación de los sólidos solubles (° Brix), a la temperatura de las mieles en las pailas, es un poco complicada y como la determinación de la pureza llevaría demasiado tiempo, es imposible realizarla cuando no se tiene un laboratorio químico.

En la práctica, cuando no se cuenta con un laboratorio químico adecuado, la medición de la temperatura de ebullición nos da una lectura rápida del punto de panela, debido, a que ella está relacionada con la presión atmosférica del lugar, los sólidos solubles (°Brix) y la pureza de las mieles. En general las propiedades físicas valoradas para la panela moldeada son la viscosidad y adherencia de las mieles, que el operario evalúa a "ojo" mediante la velocidad de escurrimiento de éstas 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" (RODRIGUEZ G., 2001).

Es posible determinar la cantidad de panela que se debe producir a partir de la cantidad de sólidos solubles presentes en el jugo, medidos con el sacarímetro ó refractómetro (Figura 9). Para ello se utiliza una fórmula que relaciona el peso del jugo clarificado con los ° Brix obtenidos:

Panela teórica = Peso jugo clarificado * ° Brix jugo clarificado

Peso jugo clarificado = Peso jugo crudo - Peso cachaza

Figura 9. Medición de brix con (A) Sacarímetro; (B) Refractómetro

1.5.5 Batido, moldeo, secado y empaque

En esta etapa es importante tener en consideración que el producto obtenido durante el punteo esta libre de contaminación microbiológica. Se debe aislar de las anteriores y mantener el máximo de cuidado para no contaminar el producto y con ello disminuir su vida útil. El personal, equipos y utensilios deben estar limpios y libres de contaminación, en todo momento, al igual que el cuarto de batido y moldeo (Figura 10). Este debe estar libre de la presencia de insectos y animales. El agua donde se lavan los utensilios debe cambiarse mínimo cada cuatro horas y adicionársele cal para disminuir la fermentación causada por los residuos orgánicos. La temperatura de secado no debe ser muy alta.

Figura 10. Aspecto del cuarto de batido y moldeo: Nótese las bateas de aluminio y el canal de llegada de las mieles con punto de panela; a cada lado se ubican las mesas de moldeo.

El producto no se debe empacar en caliente, ni colocarse para su enfriamiento o empaque en un sitio desaseado. El empaque no solo debe proteger el producto sino identificar la industria alimenticia que lo produce, el producto y propiedades nutricionales y hacerlo atractivo al consumidor. El polietileno biorientado de 300 micras ofrece una buena presentación y preserva la panela de la humedad. (VILLAMIZAR C., 1997).

La hoja de bijao ha sido utilizada tradicionalmente en muchas zonas paneleras. A ésta se le aplica un tratamiento de secado (deshidratación inducida) en el que se estima pasa de 8-10 % a 1-3% de humedad. La desventaja de esta forma de empaçado radica en que algunas hojas presentan grietas, por lo tanto no asegura la calidad del producto.

1.5.6 Almacenamiento y distribución

La distribución y comercialización del producto debe realizarse en un vehículo que lo proteja de las condiciones climáticas, sin mezclarlo con otros productos que puedan alterar sus propiedades físico químicas o organolépticas. En el punto de venta se debe tener en cuenta la rotación del producto, la higiene del sitio donde se exhibe o almacena el producto y la ubicación, no colocarlo cerca de otros productos aromáticos como ambientadores, jabones o detergentes (VILLAMIZAR C., 1997).

1.5.7 El color de la panela

La panela posee un color sui generis muy propio de cada variedad de caña y que no se justifica modificar por medios artificiales que le hace perder su carácter de producto natural, teniendo en cuenta que se puede obtener un buen color de panela con una apropiada limpieza de los jugos. Si durante el proceso se presenta incremento de los azúcares reductores o una limpieza deficiente el color natural de la variedad se oscurece. Otra de las causas de las coloraciones oscuras de la panela es la deficiencia de fósforo en los jugos, la cual no se presenta con un buen manejo agronómico. Pero cuando los jugos presentan deficiencia de fósforo, se le adiciona durante el proceso de producción de panela de Fosfato Monocálcico usando dosis de 250 a 300 p.p.m. o ácido fosfórico de 50- 100 p.p.m.

Desde el punto de vista técnico los dos productos funcionan bien pero económicamente resulta más conveniente el ácido fosfórico por sus menores costos.

Los **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 Azufre. Elemento que el organismo no está en capacidad de metabolizar o asimilar, sino que va acumulando, y cuando se llega al límite máximo permisible se presenta problemas de toxicidad, cuyos efectos se reflejan principalmente en el sistema respiratorio. Dichos límites han sido determinados por las máximas entidades en control de aditivos en 0,7 mg de dióxido de azufre (SO₂) por kilogramo de peso corporal/persona/día. 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 toxicólogo, y del aumento de costos de producción 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.

Los **Colorantes** son utilizados debido a las exigencias del comercializador, el uso de colorantes no sólo incrementa los costos de producción sino que le quita a la panela su carácter de producto natural. Algunos de los colorantes empleados no están permitidos por su comprobado efecto cancerígeno,

como es el caso de algunas zonas del país donde se utiliza una anilina 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 buen manejo de la limpieza de los jugos y las campañas de concienciación sobre el no uso de estos colorantes (PRADA L. E., 2002).

1.5.8 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. La hornilla panelera consta de la cámara de combustión, ducto de humos, chimenea y área de transferencia de calor (Figura 11).

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. Su tamaño y forma dependen del tipo de cámara. 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. Sus dimensiones son fundamentales para obtener una buena transferencia de calor. Debe realizarse una limpieza de la capa de ceniza. 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.

Las pailas o fondos son vasijas o recipientes metálicos que reciben los jugos y les transfieren el calor necesario para realizar la clarificación, evaporación y concentración. Las calderas con aletas se emplean para aumentar la

transferencia de calor en las etapas de clarificación y evaporación donde se deben alcanzar velocidades de calentamiento de 1.5 a 3°C por minuto. El material recomendable en su construcción es el acero inoxidable que no contamina el producto con desprendimiento de metales, es resistente a la corrosión y facilita su aseo e higiene. Es muy importante que el diseño y construcción de la hornilla se realice de acuerdo con las condiciones ambientales y la cantidad de caña sembrada para que su funcionamiento sea óptimo. Es importante tener presente que una hornilla diseñada para 100 Kg de panela/h en un sitio no producirá la misma calidad ni cantidad de panela en otro sitio de condiciones climáticas diferentes de igual forma que el manejo agronómico es individual de cada lote (PRADA L. E., 1999).

Figura 11. Partes principales de la hornilla Corpoica - tipo Cundinamarca (resaltadas); algunos de los procesos que tienen lugar en la hornilla.

1.5.9 Manejo de jugos

Existen tres formas de flujo de jugos a través de la hornilla: paralelo, contracorriente y mixto (Figura 12), su utilización un factor fundamental al

momento de adaptar la tecnología, puesto que depende de las costumbres regionales. En el flujo paralelo los gases circulan en la misma dirección que lo hacen los jugos. 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, y en la sección de evaporación y concentración las temperaturas son relativamente bajas. En el flujo contracorriente los jugos y los gases circulan en dirección opuesta. Es el flujo ideal, pero se corre el riesgo de que se queme 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. Este manejo de jugos es el utilizado por CIMPA en la mayoría de sus diseños (PRADA L. E., 1999).

Figura 12. Esquema general de las hornillas de flujo paralelo, de contraflujo y de flujo combinado.

1.6 PROCESO DE EMPAQUE

Actualmente, muchos productores de panela estudian la posibilidad de utilizar empaques más apropiados para la distribución y comercialización de la panela de hoja. En varias zonas paneleras, el uso de la hoja de bijao como empaque de la panela ha desaparecido, perdiendo así, lo que la caracteriza como un producto natural. En reemplazo por la hoja, se han utilizado empaques plásticos como polietileno, poliestireno y otro tipo de empaques termoencogibles, que comúnmente se encuentran en lugares de cadena y supermercados (Olímpicas, Ley, etc.). Igualmente la mayoría de las zonas distribuyen la panela en cajas de cartón (40 panelas de 1/2 libra por caja), cuando la cantidad de panela que se exige es mucho mayor, y por lo tanto es necesario disminuir costos.

Existen supermercados (Olímpicas) que tienen estantes con panela de hoja (sin recubrimiento plástico), a precios relativamente altos, en comparación con los de la zona que la produce (más del doble), debido a que hay muchos intermediarios en el proceso de venta.

Se han realizado pruebas de empaque en panela criolla en la vereda Candelaria (San Marcos), dentro de unos de los proyectos que adelanta la Fundación Gaviota; evaluando el cambio en las características organolépticas del producto en un periodo de prueba de dos (2) meses (ver anexo F). Para estas pruebas se utilizó Streck (PVC), sin realizar tratamientos previos de esterilización a la hoja bijao.

1.7 USOS DE LA PANELA

Esta se puede utilizar en la industria alimenticia para la fabricación de productos alimenticios, además como proveedora de insumos para otras industrias y en la industria farmacéutica, como por ejemplo:

- Bebidas refrescantes (con limón y naranja agria).
- Bebidas calientes (café, chocolate, aromáticas y tés).
- Salsa para carnes y repostería.
- Conservas de frutas y verduras.
- Edulcorar jugos.
- Tortas, bizcochos, galletas y postres.
- Mermeladas.
- La elaboración de platos típicos.
- Dulces (guayaba, corozo, plátano, etc.).
- Como cicatrizante.
- Aminorar síntomas de resfriado y gripas. (CORPOICA. 1999).

2. METODOLOGÍA

2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto correspondió a una investigación de tipo experimental por su ejecución y de tipo aplicada por sus resultados. Fue dividida en dos partes: una prueba de rendimiento con tres variedades de caña, evaluando aspectos relacionados con el proceso de obtención de caña y panela; y otra con ensayos de empacado aplicando tratamientos previos a la hoja de bijao (ver anexo A). La investigación fue apoyada por la **Fundación Gaviota FUNGA**, quien ejecutó un proyecto en beneficio de 41 personas pertenecientes a dos (2) asociaciones de pequeños productores de Galeras y San Marcos.

2.2 LOCALIZACIÓN

La investigación fue realizada en las estancias Hoyos y Hoyos, Los Garrido, Los Manchego y Los Arrieta, Vereda de Candelaria, Municipio de San Marcos (Sucre), pertenecientes a la Asociación de Paneleros de Candelaria ASOPACAN y en la estancia a cargo de Rugero Gamarra Presidente de la Asociación de Paneleros del Guamo ASOPAGUAM, Vereda el Guamo, Municipio de Galeras (Sucre). La zona de estudio fue en los municipios de Galeras y San Marcos (Sucre). San Marcos pertenece a la Subregión San Jorge localizada en el suroccidente de Sucre con una extensión aproximada de 3213 km². El clima predominante es el cálido, con precipitaciones promedio de 1500 mm anuales, temperatura promedio de 28°C y humedad relativa del 79%; mientras que Galeras se encuentra localizado a 38 Km de

la capital del Departamento de Sucre, hace parte de la Subregión Sabanas al igual que los municipios de Sincé, Betulia, Corozal, Sampués, Buenavista, Los Palmitos y San Pedro; con una extensión de 297 km². Presenta clima cálido, temperaturas promedio de 28°C situado a 74 metros sobre el nivel del mar, con precipitación anual de 1200 mm y dos periodos representativos uno seco que va de Diciembre a Marzo y un periodo de lluvia que va de Abril a Noviembre.

2.3 VARIABLES E INDICADORES

2.3.1 Variables independientes

Varietades: Se conocen como las distintas clases de caña utilizadas para la producción de caña panelera (POJ 2878, ICA 24 y Calancona).

Epocas de cosecha: Conocidas como el momento en el que son recolectadas las cañas maduras (Invierno – Verano).

Empaques: Entendido como los distintos tratamientos de empaque que se aplicaron a la panela en prueba. (E₁: Hoja de bijao, E₂: Hoja de bijao + baño de maría, E₃: Hoja de bijao + baño de maría + streck (PVC), E₄: Hoja de bijao + baño de vapor, E₅: Hoja de bijao + baño de vapor + streck (PVC)).

Estancias: Lugares donde se realizaron las pruebas de empaque.

Tiempo de proceso: Espacio comprendido entre etapa - etapa ó entre la primera y ultima etapa del proceso.

2.3.2 Variables dependientes

Peso: Cantidad en masa de elementos obtenidos en varias etapas del proceso.

Humedad relativa: Grado de humedad en el ambiente de almacenamiento.

Humedad del producto: Porcentaje de agua presente en el producto panela.

Grados Brix: Sólidos solubles presentes en el jugo de caña y en la panela.

Combustible: Material utilizado para generar calor en las hornillas.

2.4 PRUEBAS DE RENDIMIENTO EN CAÑA

Se hicieron ensayos con las variedades POJ2878 e ICA24 conocidas como "PH" y "Bejuco" respectivamente en la vereda Candelaria (San Marcos) y la variedad "Calancona" en el Guamo (Galeras). Las pruebas fueron realizadas en diferentes estancias de la vereda, con la intención a la vez de estudiar las distintas condiciones de suelo y tratamientos previos hechos al cultivo (abonos, compost, etc.). El orden y ejecución de las actividades fue el siguiente:

2.4.1 Corte de caña

El área de la parcela demostrativa tanto en la vereda Candelaria como en el Guamo fue $\frac{1}{4}$ de hectárea, con un tiempo de permanencia de un (1) año. El corte de la caña fue por entesaque y por parejo, tomando muestras representativas de cada variedad (52 m²). Tanto como la caña y el follaje

fueron pesados, con el propósito de saber la cantidad total de biomasa presente, de este modo conocer la producción promedio de caña (Ton de caña/ha) y follaje. Para el análisis de datos se hicieron pruebas en distintas épocas de cosecha (Invierno, verano), puesto que la cantidad de jugo tiene variación con los cambios climáticos.

2.4.2 Molienda

Se tomaron datos de rendimiento en jugo (kg de jugo/kg de caña) y el tiempo necesario para éste proceso, al igual que las características del molino; de ese modo poder establecer la capacidad real de éste (Kg de caña/hora). Para lograr un estimativo previo de la cantidad de panela que se debía producir, se midió el contenido de azúcares (°Brix) presentes en el jugo previamente clarificado, con la ayuda de un sacarímetro (0 a 30 grados).

2.4.3 Obtención de panela

Durante el proceso se anotaron resultados de eficiencia (kg de panela/hora) y productividad (kg de panela/kg de caña), tanto en obtención de panela, como en el tiempo utilizado para dicha producción. Es necesario aclarar que la cantidad de panela obtenida en la prueba, no es un parámetro suficiente para la selección de la mejor variedad de caña, puesto que éste es un proceso artesanal (ver anexo D) y presenta muchas variables que son de importancia para la obtención de panela (**temperatura de cocción, cantidad de aglutinante empleado, etc.**). Por lo tanto, se compararon los datos teóricos con los datos reales obtenidos durante la prueba.

Para obtener una excelente toma de datos se implementó un formato (ver anexo B) de parámetros de rendimiento, que permitiera obtener la información más específica y detallada posible. Todos los resultados del

ensayo fueron recogidos a partir de los formatos y no fue necesario hacer observaciones fuera de éste.

2.5 PRUEBAS DE EMPAQUE

2.5.1 Tratamientos

Se aplicaron cinco tratamientos a la hoja de bijao como empaque, para evaluar la pérdida de humedad del producto (ver anexo L).

1. Hoja de bijao
2. Hoja de bijao con previo tratamiento en baño de maría
3. Hoja de bijao con previo baño de maría, recubierto con streck (PVC)
4. Hoja de bijao con previo tratamiento en baño de vapor
5. Hoja de bijao con previo baño de vapor, recubierto con streck (PVC)

Se utilizaron 15 panelas de un (1) kilogramo para la prueba. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones (es decir, tres panelas por tratamiento) tomando datos iniciales y finales de peso, humedad y azúcares (° Brix), incluyendo datos de humedad relativa en el ambiente de almacenamiento.

Los datos finales se tomaron al cabo de ocho semanas. Los resultados finales de variación de humedad del producto, fueron evaluados con un análisis estadístico (**ANOVA y comparación de tratamientos por contrastes ortogonales**), con el propósito de tener las bases y argumentos necesarios para la escogencia del empaque más adecuado. El análisis de varianza se realizó con el programa Excel (Microsoft Office, 1998).

2.5.2 Almacenamiento

La prueba completa fue realizada en cuatro estancias de la vereda Candelaria (San Marcos), los tratamientos se mantuvieron con humedades relativas y temperaturas de 65 a 80 % y 20 a 30 °C, respectivamente, con el propósito de estudiar y evaluar las condiciones optimas para el almacenamiento del producto panela de hoja. Los datos de peso fueron recogidos a partir de un formato (ver anexo C).

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 PRUEBAS DE RENDIMIENTO

3.1.1 Rendimiento en caña

Con el propósito de comparar los resultados, fue ideal para la evaluación de caña producida, manejar un área de cosecha igual (52 m²), ya que al utilizar diferentes datos, la interpretación de los mismos se basaría más en hipótesis, que en hechos concretos (Tabla 5).

Tabla 5. Producción estimada de caña por variedad

Variedad	Área cosechada (m²)	Tipo de corte	Caña cosechada (Ton)	Producción estimada (Ton/ha/año)	Peso follaje (Kg)
POJ 2878	52	Entresaque	0.3	57.7	51
ICA 24	52	Entresaque	0.35	67.3	43
Calancona	52	Por parejo	0.38	73	107

La diferencia entre las dos formas de recolección utilizadas radica en que el corte por parejo (corte a ras), aunque genera mayores rendimientos, para los productores no sería rentable, ya que tendrían que esperar un año (1) para volver a cosechar. Mientras que por entresaque (se recolectan solo las cañas maduras), se cosecharían a los cuatro (4) ó seis (6) meses, permitiendo recolectar caña todo el año y mantener una producción constante (Figura 13).

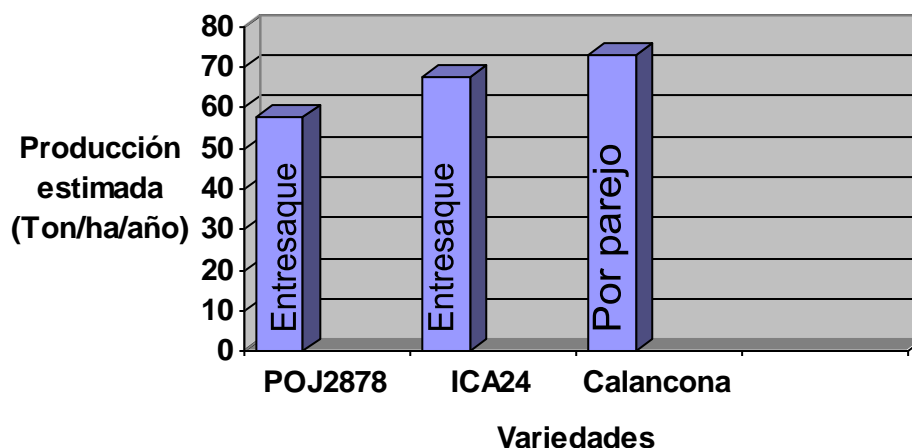


Figura 13. Producción estimada a partir de 52 m² de área cosechada.

El rendimiento en caña obtenido por las diversas variedades en prueba, fue bueno, pasar de 56 a 67 Ton/caña/año en promedio (**es decir, un aumento del 20%**), ha sido bastante satisfactorio para los productores. Además de la buena resistencia al suelo que presentaron las variedades de caña, los sistemas de siembra y tratamientos aplicados al cultivo (abonos orgánicos, compost, etc.) fueron bastante decisivos al momento de ampliar la producción. Todas las variedades en prueba aumentaron su producción, por lo cual, se tuvieron en cuenta otras variables para la selección de la mejor variedad.

3.1.2 Rendimiento en jugo

Realizar ensayos en diferentes épocas de cosecha, permitió estudiar que tanto varía la cantidad de jugo durante el verano e invierno. En verano la cantidad de jugo es menor, puesto que se evapora gran cantidad de agua debido a la escasez de lluvias y las elevadas temperaturas. Mientras que en invierno las cañas absorben mayor cantidad de agua, por lo tanto se incrementa el rendimiento en jugo. Además fue necesario comparar rendimientos en parcelas sin ningún tipo de tratamiento aplicado al suelo. (Tabla 6).

Tabla 6. Rendimientos en jugo y panela por estancia

NOMBRE DE LA ESTANCIA	VARIEDAD DE CAÑA	ÉPOCA DEL AÑO	RENDIMIENTO EN JUGO(%)	PRODUCCIÓN DE PANELA (Kg de panela / hora)
	POJ 2878 (P.D)	Invierno	58.17	9.7
Los Garrido	ICA 24 (P.D)	Invierno	59.11	5.5
	POJ 2878 (P.D)	Verano	54.51	11.22
Los Manchego	POJ 2878	Verano	46.76	5.25
El Guamo	Calancona (P.D)	Verano	46.52	11.67

P.D: Parcela demostrativa (Tratada con abonos orgánicos)

Se estudio también la situación previa y actual del rendimiento en jugo y producción de panela, lo que permitió establecer el incremento que pueden proporcionar estas variedades con un buen manejo previo del cultivo.

Tabla 7. Rendimiento previos y actuales en diversas variedades de caña

VARIEDAD DE CAÑA	EPOCA DEL AÑO	RENDIMIENTO EN JUGO (%)		PRODUCCIÓN DE PANELA (g de Panela/Kg de Jugo)	
		ANTES	ACTUAL	ANTES	ACTUAL
POJ 2878 (PH)	Invierno	54.5	58-59	120	140
	Verano	46.8	48-49	140	150
ICA 24 (Bejuco)	Invierno	54.7	59.1	120	130
Calancona	Verano	46.5	47.8	140	150

Es fácil apreciar el rendimiento óptimo obtenido en jugo, en las variedades **POJ 2878** e **ICA 24** evaluadas en época de invierno se mostraron porcentajes de extracción casi iguales a un 60%. Por lo general estas variedades sin abono orgánico, no arrojaban resultados mayores de un 54%, es decir, **un aumento del 11%** (Tabla 7), respecto a la situación anterior (Figura 14).

En época de verano la cantidad de jugo disminuye, debido a que se generan muchas pérdidas de agua en la caña, pero a su vez se mantiene la cantidad de sólidos solubles, lo que sí es importante al momento de obtener la panela. Al disminuir el contenido agua presente en la caña, disminuye en gran manera el tiempo proceso en la etapa de cocción, ya que la cantidad de agua evaporada va a ser mucho menor, por lo que se llega mucho más rápido a la etapa de punteo.

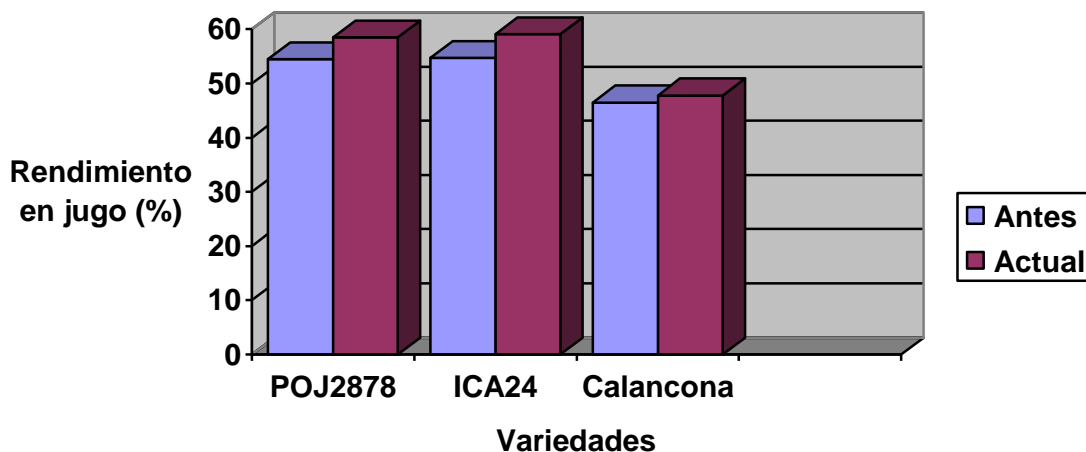


Figura 14. Rendimientos de jugo; en invierno para las variedades POJ 2878 e ICA 24 y en verano para la variedad Calancona.

3.1.3 Rendimiento en panela

Cabe recordar que la cantidad real de panela producida no es un parámetro suficiente para la selección de la mejor variedad, puesto que hay otras variables inmersas dentro del proceso de elaboración de panela y que son fundamentales para su obtención. Por tal motivo se compararon los resultados tanto teóricos como reales (Tabla 8).

Tabla 8. Producción teórica y real de panela

VARIEDAD DE CAÑA	ÉPOCA DEL AÑO	º BRIX JUGO	PRODUCCIÓN DE PANELA TEORICA (Kg de panela / hora)	PRODUCCIÓN DE PANELA REAL (Kg de panela / hora)
POJ 2878 (P.D)	Invierno	17	12.1	9.7
ICA 24 (P.D)	Invierno	17	8.28	5.5
POJ 2878 (P.D)	Verano	18	12.64	11.22
POJ 2878	Verano	18	7.02	5.25
Calancona (P.D)	Verano	18	12.35	11.67

P.D: Parcela demostrativa

Al igual que en jugo, el rendimiento en panela fue excelente para todos los cultivos abonados, esto indica que los tratamientos orgánicos, no solo pueden aumentar el volumen de jugo entre **5 y 6% del volumen normal de jugo obtenido**, sino que también pueden aumentar la cantidad de sólidos solubles presentes entre **9 y 10% de sólidos solubles normales presentes en el jugo** (Tablas 6, 7 y 8).

A pesar de que la producción de panela teórica es superior al valor real obtenido, los resultados son satisfactorios, teniendo en cuenta que el nivel

tecnológico del proceso actual de los productores es artesanal, y por lo tanto, es difícil obtener rendimientos mayores.

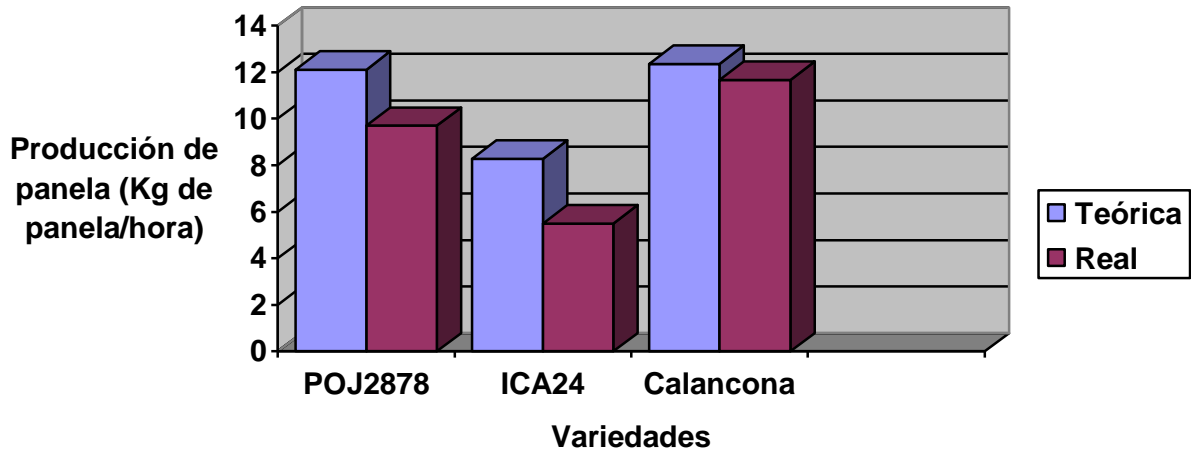


Figura 15. Producción de panela; en invierno para las variedades POJ 2878 e ICA 24 y en verano para la variedad Calancona

Las variedades "POJ 2878" y "Calancona" presentaron los mejores rendimientos, con 140 y 150 gramos de panela / kilogramo de jugo en promedio. Los resultados muestran que la mejor variedad en todos los aspectos es la "POJ 2878", siendo la variedad "Calancona" una segunda opción para su implementación. Es importante recalcar la eficiencia de los abonos orgánicos, pues estos dan los nutrientes necesarios a la planta, que le permiten tener un crecimiento adecuado y óptimo.

3.2 PRUEBAS DE EMPAQUE

Para la prueba se calculo el promedio de perdida de humedad por tratamiento. De todas las estancias, se calculo un promedio por cada repetición, con el propósito de realizar un análisis de varianza global. Y a la vez se obtuvo un promedio de perdida de humedad por tratamiento (Tabla 9)

Tabla 9. Promedio de perdida de humedad por tratamiento

Tratamiento	Promedio de perdida de humedad (gramos de agua /semana)
Hoja de bijao	14.3
Hoja de bijao + Baño de María	16.7
Hoja de bijao + B. María + Streck (PVC)	1
Hoja de bijao + Baño de vapor	9.8
Hoja de bijao + B. Vapor + Streck (PVC)	0

Como se puede apreciar en la tabla 9, mientras que las panelas empacadas sin streck (PVC) pierden aproximadamente de **9 a 17 gramos de agua por semana**, con el plástico esta pérdida se reduce hasta **0 y 1 gramo de agua por semana**, es decir una **reducción del 92%** en comparación con el tratamiento tradicional.

La diferencia de los resultados entre los tratamientos con baño de maría y baño de vapor, radica en que al aplicar un baño de maría a la hoja, los espacios intercelulares aumentan, por lo que se pierde cierta cantidad de humedad en el producto. Mientras que con el baño de vapor se conservan estos espacios y permite una menor permeabilidad. Con respecto a las

características de suavidad y textura de la hoja, ambos tratamientos dieron buenos resultados, permitiendo una mejor manipulación durante el empaclado. Sin embargo, una de las ventajas del baño de maría es la seguridad de tener una hoja con menos probabilidad de contaminación con microorganismos.

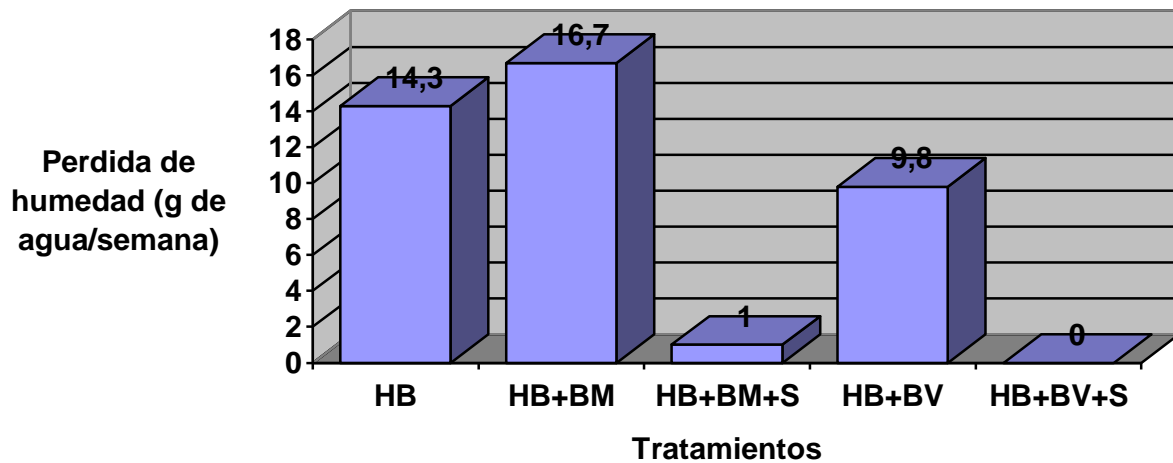


Figura 16. Promedio de pérdida de humedad por tratamiento

3.2.1 Análisis de varianza (ANOVA)

Para el análisis se realizó un diseño completamente al azar, con cinco (5) tratamientos y tres (3) repeticiones. Para el cálculo se utilizó el programa EXCEL, quien suministró los siguientes resultados para un nivel de significancia del 1%:

Tabla 10. Resultados del análisis de varianza en el programa EXCEL

Tratamiento	Pérdida de humedad (gramos de agua /semana)			Y _j	— X
	1	2	3		
1	17.5	10.5	15	43	14.33
2	15	20	15	50	16.67
3	0	0	3	3	1
4	14.5	10	5	29.5	9.83
5	0	0	0	0	0
— X					8.37

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Fila 1	3	43	14,33333333	12,58333333
Fila 2	3	50	16,66666667	8,333333333
Fila 3	3	3	1	3
Fila 4	3	29,5	9,833333333	22,58333333
Fila 5	3	0	0	0

Origen de las Variaciones	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamiento	692,73333	4	173,183333	18,6218*	0,00012563	0
Error	93	10	9,3			
Total	785,73333	14				

* Existe diferencia significativa entre tratamientos

De la tabla 10, se puede decir que hay diferencias entre los tratamientos, pero no es suficiente para aclarar cual de los tratamientos es el mejor, por lo cual se utilizó el método de comparación por contrastes ortogonales.

3.2.2 Comparación de tratamientos por contrastes ortogonales

El propósito de este análisis es el de verificar cual o cuales de los tratamientos es el mejor, para ello se establecieron las siguientes hipótesis:

- 1) Que los tratamientos 3 y 5 son iguales a los tratamientos 1, 2 y 4

$$U_1 + U_2 - U_3 + U_4 - U_5 = 0$$
- 2) Que el tratamiento 3 es igual al tratamiento 5

$$U_3 - U_5 = 0$$

Tabla 11. Comparación de tratamientos

TRATAMIENTOS	1	2	3	4	5	$(\sum C_j Y_j)^2$	$\sum n_j C_j^2$	FC	FT
COMPARACIONES	43	50	3	29.5	0				
1, 2 y 4 vs 3 y 5	1	1	-1	1	-1	$(119.5)^2$	15	102.37*	10.04
3 vs 5	0	0	1	0	-1	$(3)^2$	6	0.161	10.04

* Existe diferencia significativa

Los cálculos estadísticos confirman que los tratamientos 3 y 5 son mucho mejores que los tratamientos 1, 2, y 4, por lo tanto, los más adecuados para evitar la pérdida de humedad en el producto. Entre los tratamientos 3 y 5 no hay diferencia significativa, es decir, que cualquiera de los dos métodos de empaçado evita casi por completo la pérdida de humedad en el producto. Por lo anterior, es de suma importancia tener en cuenta estas dos formas de empaçado, para la conservación, distribución y comercialización de la panela de hoja.

4. CONCLUSIONES

La agroindustria de la panela se ha convertido para los productores, en una de las alternativas más viables para el mejoramiento de sus ingresos. La realización de esta investigación ha dejado resultados muy satisfactorios en cuanto a la producción de caña, al incremento en los rendimientos del proceso de elaboración de panela y al empaçado. La implementación de variedades mucho más resistentes, con una mayor producción y rendimiento, acompañado por el mejoramiento en la presentación y comercialización de este producto, será la base para una economía más sólida y competitiva para los productores.

Los resultados de la investigación fueron los esperados tanto en la prueba de rendimiento como en la de empaque, puesto que los productores están dispuestos a cambiar o añadir las variedades (**POJ 2878 y Calancona**) que generaron mayores rendimientos. Los tratamientos aplicados al suelo fueron decisivos al momento de obtener resultados positivos; por lo que resulta necesario buscar la forma de intensificar el uso de estos abonos, con el fin de proporcionar mejores ingresos tanto a los productores como a sus familias.

En cuanto al empaque es más que necesario aplicar un previo tratamiento a la hoja de bijao, ya sea, con **baño de vapor** o con **baño de maría**, al aplicar un buen tratamiento a la hoja, tendrá una mejor suavidad para el empaçado y además mayor durabilidad, logrando que el producto panela se conserve por mucho más tiempo, evitando que el empaque emita sustancias no deseables al producto.

Al mismo tiempo utilizar un recubrimiento termoencogible (**streck PVC**) que evite la ganancia ó pérdida de humedad, de tal modo que el contenido de azúcares reductores no aumente y el producto se mantenga con una dureza constante. Lo ideal es tener un sistema de empackado que permita mantener las características propias de este producto y a la vez darle una mejor presentación al momento de comercializarlo.

Además se hicieron ensayos de venta en la misma vereda con resultados positivos; en donde los clientes se mostraron satisfechos con esta presentación del producto, ya que da una sensación de limpieza e higiene.

Además de estas pruebas, se realizaron otras actividades dentro del proyecto **FUNGA - PRONATTA**, para contrarrestar la problemática en los demás componentes del proceso productivo; en donde se obtuvieron resultados bastante satisfactorios (ver anexo E). Es claro que al optimizar el proceso, la cantidad de panela será mayor, por ende habrá mejor bonificación para los productores y una cadena de comercialización mucho mayor de la panela criolla.

Cabe recalcar que esta investigación fue parte de un proyecto que benefició en gran manera a los productores de las veredas, objeto de estudio y se presta para la continuación de otras investigaciones en el campo del desarrollo tecnológico (trapiches móviles, mejoramiento de hornillas, etc.) que pueden ser de provecho, con miras al mejoramiento de la agroindustria panelera en Sucre.

5. RECOMENDACIONES

5.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

- En la medida en que los productores se apropien de variedades mucho más resistentes al suelo y que generen mayores rendimientos, podrán ampliar su producción dando resultados satisfactorios y ante todo permitirá, sin ninguna duda, mejorar sus ingresos.
- En lo posible utilizar molinos que permitan mayor rapidez y mejor rendimiento en jugo y aunque los equipos no sean tan modernos es de vital importancia un buen mantenimiento y adecuación de éstos. Se debe evitar la caída de residuos de aceite en el jugo, para ello se pueden diseñar tubos a la salida del molino a fin de que no haya contacto entre el jugo y el aceite.
- Sería de mucha ayuda la implementación de un prelimpiador, que permita la separación del material extraño en el jugo crudo. Un jugo mucho más limpio evita que el operario se exponga por más tiempo al calor de las pailas para retirar la cachaza producida. De ese modo se puede evitar sofocaciones al trabajador, que puedan generar malestares de tipo laboral.
- Es importante que la clarificación comience desde el momento en que el jugo sale del prelimpiador, así se obtendrán mejores características organolépticas en el producto final (color, textura y sabor). Lo mejor para esto es introducir el aglutinante (guásimo) en el momento que el jugo se

encuentre en la primera paila, de ese modo se pueden evitar contratiempos en la clarificación.

- Es ideal que en la última paila, se mantenga una cantidad mínima de jugo, esto puede aumentar la rapidez de evaporación del jugo, de esta manera se gastaría menos tiempo durante el proceso. Lo más apropiado es adoptar los modelos de hornillas establecidos por el **CIMPA** (ver anexo G), para una mayor optimización en el proceso.
- Al momento de agregar el jugo a las pailas, el horno ya debe estar generando el calor necesario, con el propósito de no retardar el proceso.
- El bagazo utilizado en las hornillas debe estar lo suficientemente seco para asegurar una óptima transferencia de calor.

5.2 TRATAMIENTO DE LA HOJA DE BIJAO Y EMPAQUE

- **Momento de corte:** Lo ideal es, sin duda alguna, cortar las hojas cuando están florecidas, como se hace actualmente, sin embargo, en caso de extrema necesidad, se puede hacer una excepción y cortar las hojas antes, pero arriesgándose a que no presente las mismas características de textura de la hoja ya florecida.
- **Tratamiento:** Para asegurar una hoja con excelentes características de suavidad, textura y limpieza, es conveniente realizar tratamientos de esterilización, ya sea aplicando un baño de maría o baño de vapor.
- **Métodos de almacenamiento:** Es necesario que las panelas se encuentren a temperaturas y humedades relativas de 20 a 30 °C y 60 a 80 % respectivamente, con lo que se aseguraría una mejor conservación

del producto y facilitaría tanto la distribución como la comercialización de la panela de hoja.

5.3 OTRAS RECOMENDACIONES DADAS POR EL CIMPA

Con base en escritos, técnicas y materiales utilizados por el CIMPA, las condiciones y recursos de los productores beneficiarios del proyecto y teniendo en cuenta los objetivos formulados en el proyecto a continuación se encuentran algunas recomendaciones que pueden ser de utilidad para obtener un producto de mejor calidad.

APRONTE DE CAÑA

El efecto del tiempo de apronte depende de las condiciones ambientales y de la variedad y se manifiesta sobre la pérdida de peso de la caña, de la calidad de la panela y en términos generales de la disminución de la panela obtenida. Es recomendable que la caña permanezca el menor tiempo posible en el sitio del cultivo después del corte, puesto que el calor del sol deshidrata el tallo y acelera el desdoblamiento de la sacarosa; por lo tanto aumenta la concentración de azúcares invertidos en los jugos del tallo, disminuye los rendimientos de la producción de panela y reduce su calidad. Es preciso además que la caña no permanezca en el trapiche por más de cinco días porque se incrementaría el contenido de azúcares reductores y daría como resultado panelas de consistencia muy blanda.

MOLIENDA Ó EXTRACCIÓN DE JUGOS

Se consideran satisfactorias aquellas relaciones de extracción que están por encima del 55%. La variedad de caña debe proporcionar altos contenidos de jugo y sólidos solubles para asegurar una cantidad de producto satisfactoria.

Lo ideal es seleccionar equipos que tengan un buen balance entre el molino y el motor y entre estos y la hornilla, además el montaje y operación de los mismos debe ser el adecuado. Igualmente el mantenimiento del molino es un factor clave para no permitir el desgaste desuniforme de las mazas y piezas.

MANTENIMIENTO DEL MOLINO

El mantenimiento de los molinos paneleros es muy sencillo y cuando se realiza adecuadamente se reducen las reparaciones costosas, la pérdida de tiempo, el desgaste prematuro de las piezas, los accidentes y la pérdida de caña cortada. Una buena practica de mantenimiento incluye:

- Conservar siempre limpia la maquina
- Antes de poner a funcionar el molino, comprobar que todas las tuercas y tornillos estén bien ajustados.
- Verificar que las uniones de la banda plana estén en buen estado.
- Es importante lubricar el molino porque además de favorecer el movimiento, se reduce el consumo de energía y el desgaste de las piezas, obteniendo una mayor vida útil del equipo.
- Los engranajes deben estar permanentemente lubricados y en lo posible protegidos con una cubierta metálica o de madera.
- Terminada la molienda se deben lavar las piezas del molino que han estado en contacto con el jugo.

CLARIFICACIÓN DE LOS JUGOS

La limpieza de los jugos se realiza en pozuelos de madera sin retenedor de impurezas los cuales no son muy recomendables para obtener una panela con las mejores características ya que en estos se eliminan muy pocas

impurezas, favorecen la degradación microbiana causando pérdidas de sacarosa por inversión (en algunos casos por falta de limpieza del pozuelo), las cuales traen como consecuencia disminución de la calidad y el rendimiento de la panela.

Se recomienda para realizar una adecuada limpieza de los jugos construir el prelimpiador diseñado por el CIMPA. El funcionamiento del prelimpiador se basa en la separación del material extraño en los jugos, por la diferencia de la densidad existente entre las impurezas y el mismo. El mejor sitio para instalarlo es a la salida del jugo del molino, reemplazando el tradicional pozuelo. Las ventajas de utilizar prelimpiadores son las siguientes:

- 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
- Evita que el operario permanezca por mucho tiempo retirando la cachaza
- Disminuyen los costos de producción y se incrementa la rentabilidad

Con respecto a la clarificación se recomienda que se cuantifique la cantidad de mucílago empleado en el proceso dado que de esto depende una mejor clarificación de jugos, incidiendo directamente en la calidad del producto final. Además es importante que dentro futuras capacitaciones, teniendo en cuenta la variedad de la caña, la calidad de los jugos y las condiciones climáticas de la zona, se determine la mejor forma y cantidad para agregar guásimo.

EVAPORACIÓN Y CONCENTRACIÓN

El CIMPA y CORPOICA han diseñado diversos modelos de hornillas mejoradas que permiten alcanzar niveles de autosuficiencia energética y disminuir significativamente los efectos negativos al ambiente.

COMBUSTIBLE UTILIZADO

En las hornillas mejoradas se utiliza el bagazo con ciertos porcentajes de humedad, por lo cual no hay necesidad de combustibles adicionales. En la práctica el bagazo nunca se seca completamente y su contenido de humedad final depende tanto del tiempo de secado como de las condiciones ambientales de la zona.

RECOMENDACIONES PARA UNA BUENA COMBUSTIÓN

Para mantener una combustión completa con altas temperaturas y bajas pérdidas es necesario tener en cuenta:

- La cantidad de bagazo suministrado y sus características deben ser las del diseño, ya que en estas condiciones la hornilla presenta un óptimo diseño.
- El suministro de bagazo en pequeñas cantidades con alta frecuencia provoca una combustión buena y estable.
- Es necesario una buena limpieza de la parrilla, para garantizar una entrada regular de aire. Además hay que evitar la formación de torta de cenizas.

MOLDEO Y EMPAQUE

La panela por ser higroscópica al medio ambiente, puede perder o absorber humedad. Debido a que la absorción de humedad produce deterioro y la temperatura tiene influencia en este proceso, la panela en climas cálidos y húmedos sufre mayor daño. La panela protegida en empaques adecuados, según las condiciones climáticas, puede conservarse en buen estado por largo tiempo. Es más propensa a alterarse la panela con producciones altas de azúcares reductores, baja en sacarosa, con aditivos y contenido de humedad. A medida que aumenta la absorción de humedad, ésta se ablanda, cambia de color, aumenta los azúcares reductores, disminuye la sacarosa y aparecen microorganismos: mohos, levaduras y bacterias. Por tanto este punto es determinante en la vida útil del producto.

Se recomienda hacer una buena selección y tratamiento de la hoja de bijao, ya que se ha observado que algunas de las hojas tienen grietas que impiden una adecuada protección del producto. Los materiales plásticos termoencogibles son ideales para almacenar la panela por largos periodos de tiempo sin que se modifiquen sus características organolépticas; adicionalmente facilitan el diseño de empaques individuales higiénicos que satisfacen las expectativas del consumidor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CIMPA - CORPOICA. 1999 – 2000. Rendimientos Básicos para el Buen Manejo del Cultivo de Caña Panelera. Barbosa. Marzo de CIMPA. Diagnostico técnico en producción y en transformación de la caña en panela de hoja en los municipios de Galeras y la Subregión San Jorge. Informe Técnico (Plegable).

CIMPA - CORPOICA. 2000. Caña Panelera. La Madurez y su Determinación. Mayo (Plegable).

FUNDACIÓN GAVIOTA "FUNGA" y Cámara de Comercio de Sincelejo. 2000. Investigación de mercado de las 5 líneas promisorias: Lácteos, Cárnicos, Panela de hoja, Productos Agrícolas, Bienes Básicos de la Subregión San Jorge y el Municipio de Galeras, Sincelejo Julio.

MANUAL DE CAÑA PANELERA.1992. Convenio ICA – CIMPA. Barbosa.

MICROSOFT OFFICE. Microsoft EXCEL. 1998.

PRADA L. E. 2002. Manual de Mejoramiento en la Calidad de Miel y Panela. CORPOICA – CIMPA – PRONATTA.

PRADA L. E. 2000. La Panela un Producto Vital. CORPOICA - CIMPA.

PRADA, L. E. 1999. Cartilla Buenas Practicas de Manufactura en las Industrias Bocado y Panelera. CORPOICA – CIMPA – SENA.

RODRIGUEZ, G. 2001. Un Análisis de la Cadena Agroindustrial. Manual de Caña Azúcar Para la Producción de Panela. CORPOICA.

RODRÍGUEZ B. G. 1997. La Panela en Colombia. Un análisis de la caña agroindustrial. Memorias II curso Internacional de Caña Panelera y su agroindustria. CORPOICA. Barbosa.

VILLAMIZAR, C. 1997. Sistema de Empaque y Embalaje de Panela para Comercio Internacional. Memorias II curso Internacional de Caña Panelera y su agroindustria. CIMPA. Barbosa.

ANEXOS

Anexo B. Parámetros de rendimiento en el proceso de obtención de caña y panela

CARACTERÍSTICAS DEL MOLINO

Tipo:

Potencia:

RPM:

CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO

Estancia:

Variedad:

Tipo de abono:

Tiempo de permanencia:

Época del año:

Rendimiento de caña cosechada

Característica

Kilogramos

Peso de la caña

Peso follaje

Total (Biomasa)

Rendimiento jugo de caña

Característica

Kilogramos

Peso del jugo

Tiempo de molienda (horas)

Capacidad real del molino (Kg de caña)

/hora)

Porcentaje de extracción (%)

Rendimiento en panela producida

Característica

Kilogramos

Panela producida (moldes de 1 Kg)

Tiempo de proceso (horas)

Productividad (Kg de Panela / Kg de jugo)

Productividad (Kg de Panela / hora)

Rendimiento en bagazo como combustible

Característica

Kilogramos

Peso bagazo

Peso leña

Total combustible

Productividad (Kg de bagazo / hora)

Cachaza producida (Kg)

Anexo C. Evaluación de peso (gramos) en pruebas de empaque

Estancia:

Fecha:

TRATAMIENTO	1	2	3
Hoja de bijao			
Hoja de bijao + Baño de María			
H. de bijao + B. De María + Streck			
Hoja de bijao + Baño de Vapor			
H. de bijao + B. De Vapor + Streck			

**Anexo E. Resultados con base a indicadores de metas del proyecto
“FUNGA - PRONATTA”**

INDICADOR	ESCENARIO PREVIO	ESCENARIO ACTUAL	INCREMENTO (%)	REDUCCIÓN (%)
• Rendimientos en caña				
Producción (Ton/ha/año)	52 a 65	65 a 69	15	
Capacidad real del molino (Kg/caña/hora)	42.5 a 152.2	500 a 550	440	
Extracción (%)	36 a 45	48 a 59	32	
Productividad (Kg/panela/hora)	3.3 a 9.5	9.7 a 11.2	63	
• Capacidad de producción de Panela o sus nuevas presentaciones				
Producción de Panela (Ton/año)	21.6	36	67	
Presentaciones (kilogramos)	1	1, ½ y ¼	-	-
• Consumo de leña				
Consumo de leña (Kg de leña/hora)	22.3 a 55	0 a 3		92
• Ingresos				
Ingresos netos (\$) (mensuales)	360.000	921.000	155.83	

Fuente: FUNGA-PRONATTA. Resultados del proyecto "Producción sostenible de nuevas presentaciones de panela criolla y el uso de subproductos para nutrición animal mediante capacitación tecnológica a dos asociaciones de pequeños productores del Departamento de Sucre". 2003.

Anexo G. Hornilla panelera tipo CIMPA

Fuente: CIMPA. Diseño de hornillas con bajo consumo de leña. 2000

Anexo H. Esquema panelero móvil

Fuente: DYNATERM LTDA. Elaboración de panela con calderas de vapor y trapiches móviles. 1995.

Anexo I. Mapa del Departamento de Sucre

Anexo J. Mapa del Municipio de San Marcos

Anexo K. Mapa del Municipio de Galeras

Anexo L. Pruebas de empaque

Figura 17. Diferentes tratamientos aplicados para la prueba de empaque.