



## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS  
ÓPTIMOS PARA LA PRODUCCIÓN Y  
AROMATIZACIÓN DE MIEL HIDROLIZADA,  
PANELA SOLUBLE Y AZÚCAR



**AUTOR: Walter F. Quezada Moreno**  
2007

## PRESENTACIÓN

La Universidad Técnica del Norte ha logrado en los últimos años un significativo desarrollo en investigación científica, evidenciado a través del financiamiento de varios proyectos investigación por parte de organismos como: SENACYT, CONESUP y MINISTERIO DEL AMBIENTE. El proyecto de investigación, “*Determinación de parámetros de proceso para la producción y aromatización de miel hidrolizada, panela soluble y azúcar*”, aprobado y financiado por el CONESUP y ejecutado por la Universidad Técnica del Norte, es uno de ellos.

El presente documento, cumple con uno de los objetivos que es transferir y difundir información técnica al sector dedicado a la agroindustrialización de la caña de azúcar, en especial al panelero. Creemos que este sector, tendrá que entrar en procesos de cambio para una producción de calidad, exigida hoy en día por los mercados.

Asimismo, dejo constancia de agradecimiento a las Autoridades de la Universidad Técnica del Norte y del Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP), quienes brindaron el apoyo necesario para la ejecución del presente estudio. Al Ingeniero Marco Cahueñas, Profesor de Diseños Experimentales de la FICAYA e Ingeniera Elcira Pita, responsable económico de proyectos del Centro Universitario de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad.

Walter F. Quezada Moreno.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de indagar para obtener productos nuevos, de calidad, bajo costo, facilidad y aprovechamiento para el consumo; y así, entregarlos a uno de los sectores escasamente desarrollados como es el panelero, me motivo a proponer y terminar el presente trabajo de investigación. Determinantes que permitió visualizar claramente la problemática del sector, para establecer cuidadosamente parámetros de control en el proceso. La miel hidrolizada, panela soluble y azúcar natural aromatizados con aceite esencial de anisillo, tipo y hierbabuena a obtenerse en las agroindustrias paneleras, proporciona nuevas alternativas de producción, comercialización y uso. La investigación, cumplió los objetivos siguientes:

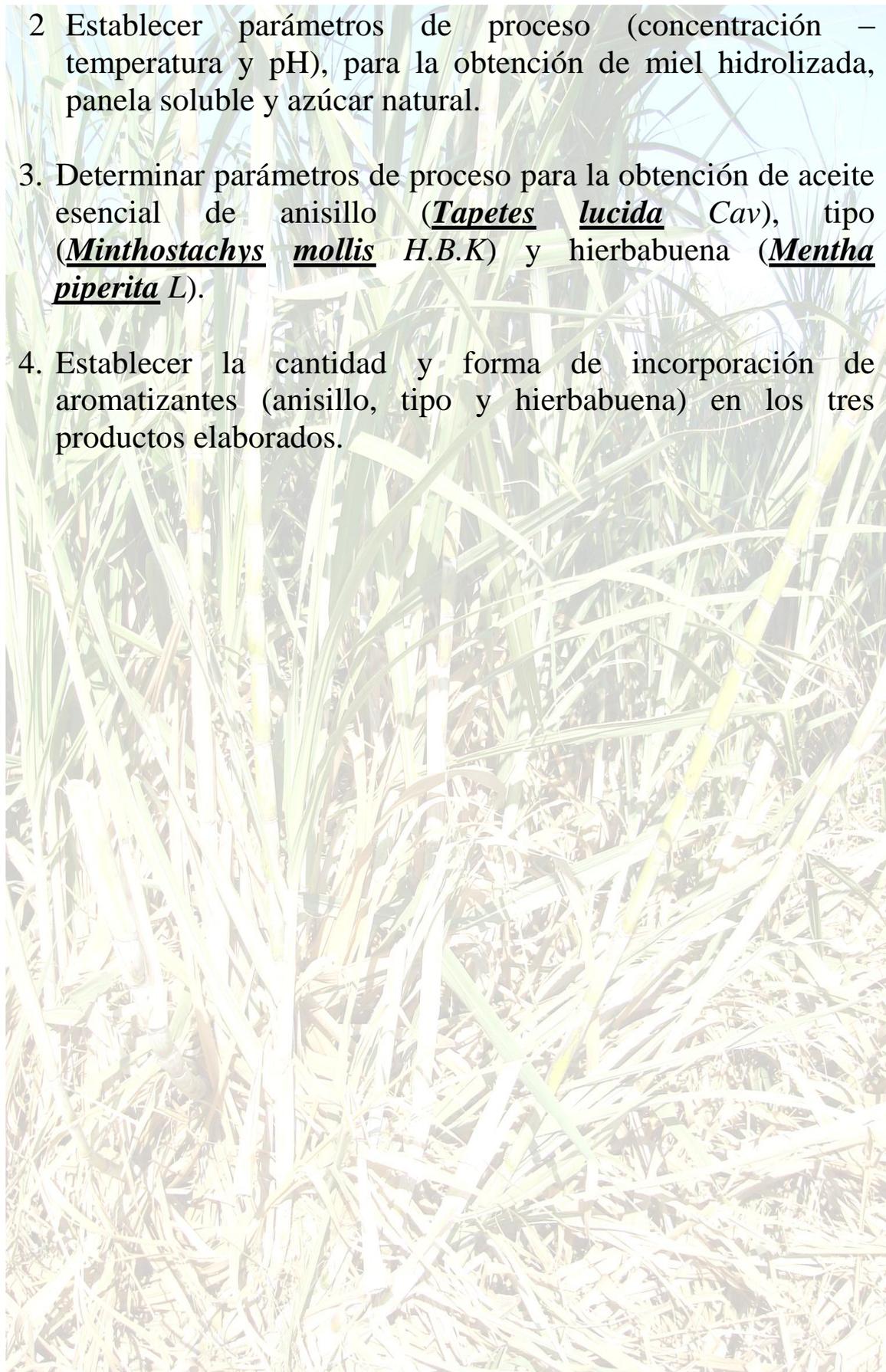
## OBJETIVOS

### Objetivos Generales

1. Desarrollar tecnologías apropiadas para la elaboración de edulcorantes aromatizados, como miel, panela y azúcar
2. Difundir los resultados al sector panelero de la región norte del país.

### Objetivos específicos

1. Establecer el volumen de solución clarificadora de yausabara (*Pavonea sepium* St. Hil) por volumen de jugo de caña.



2. Establecer parámetros de proceso (concentración – temperatura y pH), para la obtención de miel hidrolizada, panela soluble y azúcar natural.
3. Determinar parámetros de proceso para la obtención de aceite esencial de anisillo (*Tapetes lucida* Cav), tipo (*Minthostachys mollis* H.B.K) y hierbabuena (*Mentha piperita* L).
4. Establecer la cantidad y forma de incorporación de aromatizantes (anisillo, tipo y hierbabuena) en los tres productos elaborados.

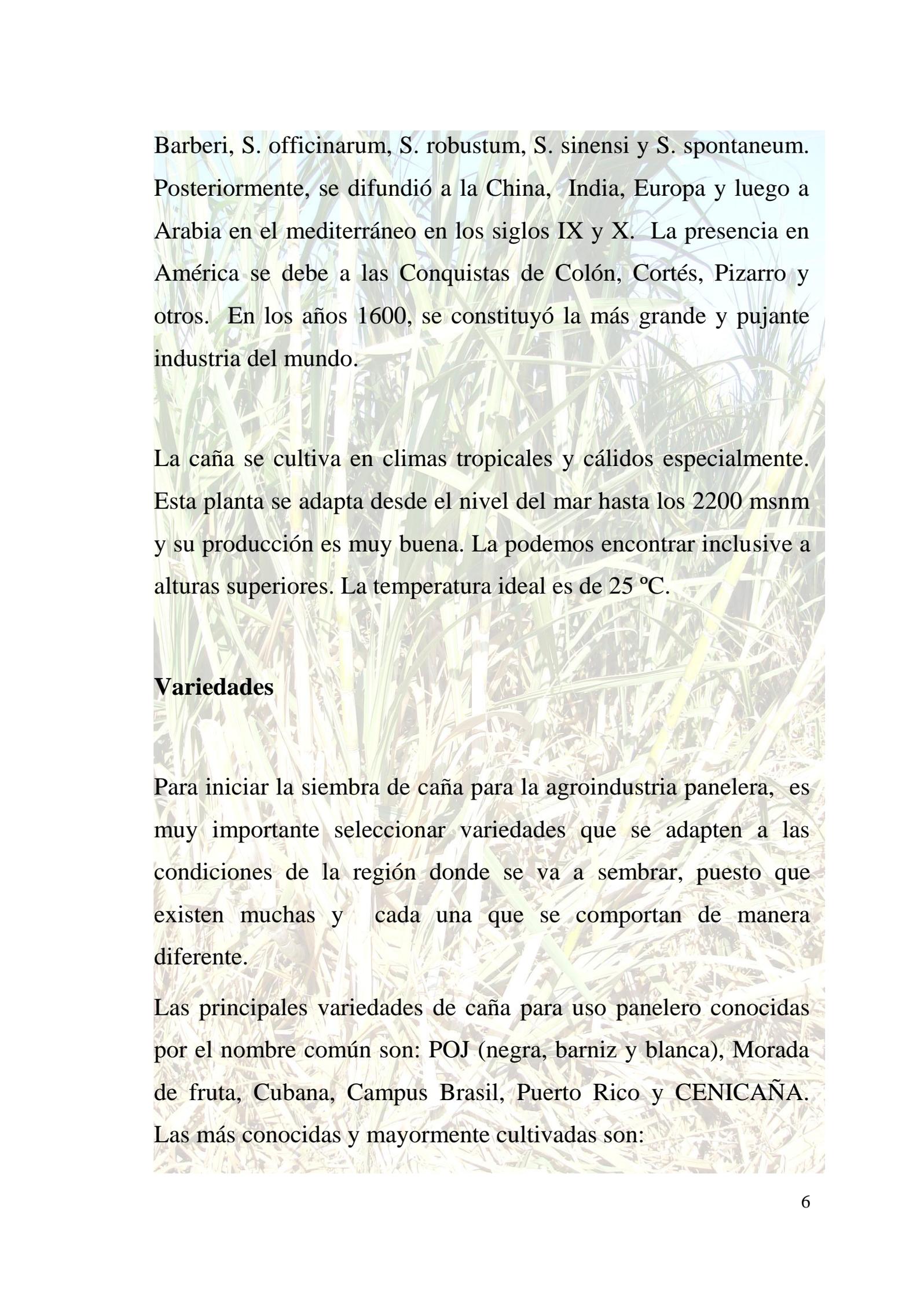
## LA CAÑA

La caña (*Saccharum officinarum*) es una hierba gigante, pertenece a la familia de las gramíneas, del que se utiliza el tallo como materia prima para la agroindustria panelera y azucarera.

Tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura con 5 ó 6 cm. de diámetro. El sistema radicular lo compone un robusto rizoma subterráneo; puede propagarse por estos rizomas y por trozos de tallo. El tallo es esponjoso y alberga jugo rico en azúcares, en especial sacarosa.



Genéticamente es una planta monoica, con capacidad de producir separadamente en la misma planta inflorescencias tanto masculinas como femeninas. Estudios recientes indican que la caña de azúcar, es originaria de Nueva Guinea y que luego fue introducida a Indochina, península de Malaya y Bengala y otros. En la India fue cultivada como planta de jardín, y por hibridación se logró la diversidad de especies del género *Saccharum*: S.



Barberi, *S. officinarum*, *S. robustum*, *S. sinensi* y *S. spontaneum*. Posteriormente, se difundió a la China, India, Europa y luego a Arabia en el mediterráneo en los siglos IX y X. La presencia en América se debe a las Conquistas de Colón, Cortés, Pizarro y otros. En los años 1600, se constituyó la más grande y pujante industria del mundo.

La caña se cultiva en climas tropicales y cálidos especialmente. Esta planta se adapta desde el nivel del mar hasta los 2200 msnm y su producción es muy buena. La podemos encontrar inclusive a alturas superiores. La temperatura ideal es de 25 °C.

### **Variedades**

Para iniciar la siembra de caña para la agroindustria panelera, es muy importante seleccionar variedades que se adapten a las condiciones de la región donde se va a sembrar, puesto que existen muchas y cada una que se comportan de manera diferente.

Las principales variedades de caña para uso panelero conocidas por el nombre común son: POJ (negra, barniz y blanca), Morada de fruta, Cubana, Campus Brasil, Puerto Rico y CENICAÑA. Las más conocidas y mayormente cultivadas son:

<b>Variedad Cubana</b>	<b>Variedad Puerto Rico</b>	<b>Variedad Campus Brasil</b>	<b>Variedad POJ</b>
<p data-bbox="263 465 512 1144">Variedad de tallos largos y de color amarillo verdoso. El número de tallos es mayor a 10 por cepa. Permanecen erguidas, hasta su corte.</p> 	<p data-bbox="534 465 804 1144">Largo, erecto, recto de color violeta. El entrenudo es cilíndrico, de longitud mediana con diámetro de 28 mm, tiene anillo ceroso y no tiene canal de yema.</p> 	<p data-bbox="826 465 1059 1205">Largo, reclinado y curvado, de color verde blanquecino cuando joven y verde amarillento al madurar. Diámetro entre 30 y 33 mm...</p> 	<p data-bbox="1082 465 1315 1464">Tallos largos, de color morado. Posee abundante pelusa y fácil deshoje. No resiste el pisoteo. Las cañas son duras, razón por la cual no es recomendable para molinos accionados por fuerza animal.</p> 

Para realizar el corte es necesario conocer el Índice de madurez de la caña. Se calcula según la ecuación:

$$IM = \frac{^{\circ}\text{Brix superior}}{^{\circ}\text{Brix inferior}} \times 100$$

Menor a 85 % = Tierna; 85 a 100 % = Madura y Mayor a 100% = Sobre-madura

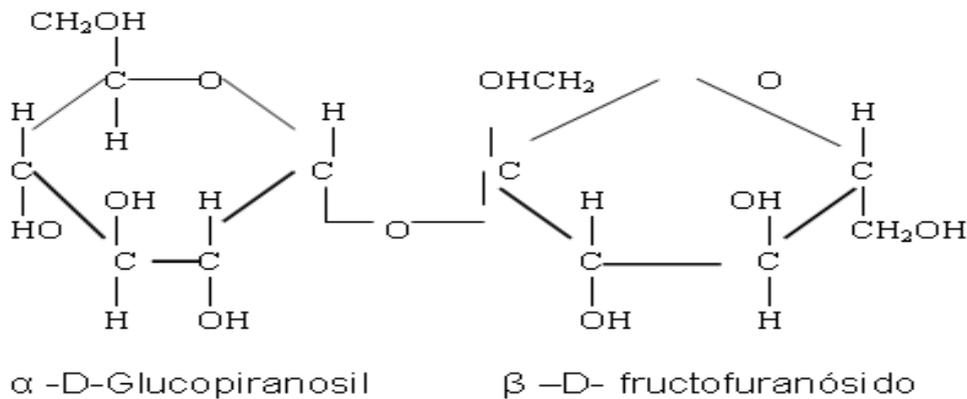
### Composición de la caña de azúcares

La composición de la caña de azúcar varía de acuerdo a factores de cultivo y variedades. Los mayores componentes son el agua, azúcares en el jugo y fibra.

Caña triturada	Cantidad (%)
Agua	73 - 76
Parte sólida	24 - 27
Fibra seca	11 - 16
Sólido soluble	10 - 16
Componentes del guarapo	Sólidos solubles %
Azúcares	75 - 92
Sacarosa	70 - 88
Glucosa	2 - 4
Fructuosa	2 - 4
Sales	3 a 4.5
Ácidos orgánicos	1 a 3
Ácidos inorgánicos	1.5 a 4.5
Proteínas	0.5 a 0.6
Almidones	0.001 a 0.05
Gomas	0.3 a 0.6
Ceras, grasas, fosfátidos	0.05 a 0.15

## Azúcares en la caña

La sacarosa es el azúcar más importante en la caña. El rendimiento de azúcar depende de este disacárido. La glucosa y fructosa están presentes en menor proporción. La estructura corresponde a la sacarosa.



## Inversión de la sacarosa

Azúcar invertido, es la cantidad de glucosa y fructosa en partes iguales, que se origina por el desdoblamiento de la sacarosa. La inversión se produce por efecto de ácidos, enzimas, álcalis y altas temperaturas. El ácido cítrico es un producto utilizado para disminuir el pH del jugo de la caña e invertir la sacarosa del mismo. La inversión que sufre la sacarosa se muestra en la siguiente ecuación química.



## **METODOLOGÍA**

### **Materias primas e insumos**

Caña (jugo)

Solución de la planta de yausabara (*Pavonia sepium* St. Hill)

Grasa vegetal

Plantas de anisillo (*Tagetes pusilla* H.B.K.)

Plantas de Tipo (*Mintostachys mollis* H.B.K.)

Plantas de Hierbabuena (*Mentha viridis* L.)

Aceite esencial de tipo

Aceite esencial de anisillo

Aceite esencial de hierbabuena

Agua

### **Equipos**

Molino horizontal de tres mazas

Equipo de concentración y pailas de acero

Turbidímetro

Peachímetro

Refractómetros de 0 a 28, 28 a 64 y de 56 a 90 ° brix de escala

Termómetro con punta metálica

Cromatógrafo de gases - masas

Equipo de extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor

Laboratorio para análisis bromatológico

## Ubicación del lugar de estudio

La investigación *“Determinación de parámetros óptimos para la producción y aromatización de miel hidrolizada, panela soluble y azúcar”* se realizó en la provincia de Imbabura, específicamente en los laboratorios de Industria Azucarera de la Universidad. En estos laboratorios se determinó parámetros de clarificación, elaboración de productos sin la incorporación de sustancias químicas como clarificadoras, obtención de aceites esenciales y aromatización. Los análisis de laboratorio se realizaron en UTPL de la ciudad de Loja. Los análisis sensoriales de los productos elaborados, se realizó en la ciudad de Ibarra, aprovechando el apoyo de 10 personas (amas de casa) en diferentes días y hogares del cantón Ibarra. Además, se trabajó en paneleras de la región.

## Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo **documental y experimental**. Es documental, puesto que para obtener información sobre el tema se precisó de la revisión de material bibliográfico. La investigación documental es todo aquel material de índole permanente, es decir, al que se pueda acudir como fuente o referencia en cualquier momento o lugar, sin que altere su naturaleza o sentido para que aporte información de una realidad

o acontecimiento fundamental. Y es experimental, ya que los datos se obtuvieron de manera directa mediante ensayos (clarificación, concentración, extracción y análisis cuantitativo y sensorial). La investigación experimental, es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento y disminución de variables y su efecto en las conductas observadas.

El estudio propuesto y ejecutado, corresponde al área de Investigación Agroindustrial y a un tipo de propuesta, que se enmarca en proyectos de desarrollo tecnológico y productivo.

De hecho, toda investigación tiene validez, cuando las variables en estudio son medibles de tal manera que persista la comprobación de hipótesis. Lo antes indicado, indujo a plantear las siguientes hipótesis.

### **HIPÓTESIS PRIMERA**

- La cantidad de solución clarificadora de yausabara y temperatura de incorporación inciden en la turbidez del jugo.

Para medir estadísticamente los factores y variables en estudio, se aplicó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con arreglo factorial AxB, con tres repeticiones. La unidad experimental fue de 1 litro de jugo.

### Factores en estudio

<b>A:</b> Cantidad de solución clarificadora	<b>B:</b> Temperatura de incorporación (°C)
<b>A1:</b> T1= 0.5 litros de solución clarificadora / 25 litros de jugo	<b>B1:</b> Temperatura ambiente
<b>A2:</b> T2= 1 litros de solución clarificadora / 25 litros de jugo	<b>B2:</b> 50
<b>A3:</b> T3 =1.5 litros de solución clarificadora / 25 litros de jugo	<b>B3:</b> 60
	<b>B4:</b> 70
	<b>B5:</b> 80
	<b>B6:</b> 90
	<b>B7:</b> Temperatura de ebullición

El proceso de extracción de jugo y trituración de yausabara (Pavonia sepium St. Hil) utilizada para clarificar, se realizó en un molino.



El efecto del clarificante incorporado a diferentes temperaturas del jugo, se evaluó mediante turbidez. Siendo el mejor tratamiento el tratamiento A3B6.



## **HIPÓTESIS SEGUNDA**

- El pH y concentración en grados brix, inciden en la calidad organoléptica de la miel hidrolizada.

Se controló el pH, con las variables (sabor y cristalización). Mientras que la concentración con la variable (viscosidad y/o espesor de la miel). Los resultados fueron obtenidos mediante análisis sensorial. Se utilizó FRIEDMAN, como modelo matemático para variables cualitativas. Los valores a diferentes pH y concentración son:

<b>P: pH del jugo (± 0.05)</b>	<b>C: Concentración (± 0.5)</b>
P1: 3.6	C1: 76
P2: 3.8	C2: 78
P3: 4.0	C3: 80
P4: 4.2	

Para evaluar los resultados del análisis sensorial, se utilizó la ecuación matemática:

$$X^2 = \frac{12}{NK(K+1)} \sum (RJ)^2 - 3N(K+1)$$

N = Número de hileras (N= 10 repeticiones)

K = Número de columnas (T = 6 tratamientos)

RJ = Suma de rangos en la columna J

∑ = Cuadrado de la suma de rangos

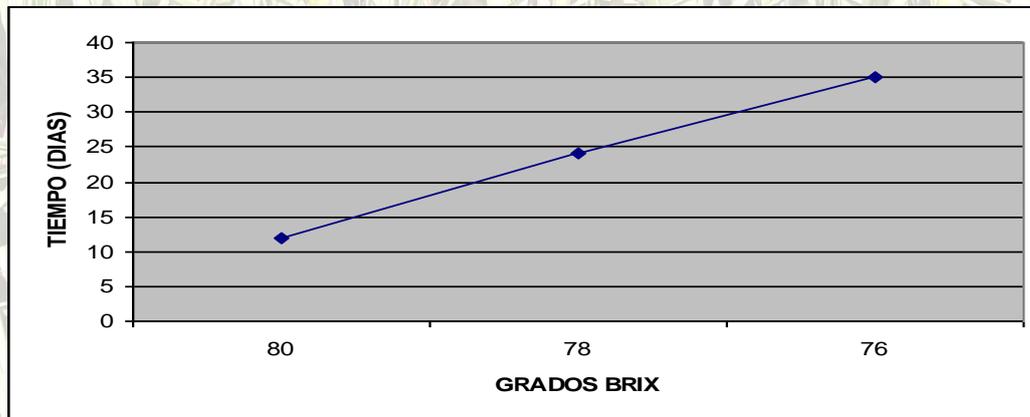
### **SABOR**

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	∑	CUADRADOS
1	2	2	2	2	2	3.5	4	2	2	1.5	23	529
2	2	2	2	2	2	3.5	1.5	2	2	6	25	625
3	2	2	2	2	2	1	1.5	2	2	1.5	18	324
4	5	5	5	5	5	3.5	4	4.5	5	4	46	2116
5	5	5	5	5	5	6	6	6	5	4	52	2704
6	5	5	5	5	5	3.5	4	4.5	5	4	46	2116
Suma	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	210	8414

Los resultados del mejor tratamiento tanto para pH (a través de sabor) y concentración (viscosidad o espesor) son: P3C2 seguido de P2C2. Mielés a pH inferior a 3.8 son muy ácidas y pH superior a 4 forman cristales, afectando características propias de una miel.

## Cristalización de la sacarosa

Tiempo (días)	Grados Brix ( $\pm 0.5$ )	Temperatura de ebullición( $\pm 1$ )
12	80	109.8
24	78	108
35	76	105.7



## VISCOSIDAD DE LA MIEL

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma$	CUADRADOS
1	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2	2	2.5	18	324
2	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5	5	5	5	5.5	53	2809
3	4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4	4	4	2.5	36	1296
4	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2	2	2.5	18	324
5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	6	6	6	6	5.5	57	3249
6	2	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	2	2	2	2.5	28	784
Suma	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	210	8786

Según resultados, se establece que el mejor tratamiento en cuanto a espesor y/o viscosidad, es el número 5 (P3C2), que corresponden a  $\text{pH} = 4(\pm 0.05)$  y concentración  $78(\pm 0.5)^\circ\text{B}$ . Le siguen los tratamientos 2 (P2C2) y 3 (P2C3) respectivamente.

### **HIPÓTESIS TERCERA**

- La cantidad y forma de incorporación del aromatizante incide en la intensidad del aroma de la miel hidrolizada, panela soluble y azúcar natural.

Las variables utilizadas fueron: aroma y color

Para evaluar variables cualitativas se utilizó FRIEDMAN (análisis no paramétrico) para cada producto final obtenido. La aromatización de la miel hidrolizada, panela soluble y azúcar natural, se realizó de dos formas.

- Con planta fresca
- Con esencia, por atomización (spray)

<b>Cantidad de planta (anisillo, tipo y hierbabuena).</b>	<b>Tiempo de aplicación</b>
D1 = 125 gramos	T1 = 2 segundos
D2 = 250 gramos	T2 = 4 segundos
D3 = 375 gramos	T3 = 6 segundos
D4 = 500 gramos	

Se aplicó al mejor tratamiento ( $\text{pH} = 4 (\pm 0.05)$ ) y grado de concentración  $78 \text{ }^\circ\text{B} (\pm 0.5)$  para la miel hidrolizada (P3C2). El tratamiento P3C2 = E1

Número	Combinación (simbología)
1	E1D1
2	E1D2
3	E1D3
4	E1D4
5	E1T1
6	E1T2
7	E1T3

El tratamiento que mayor aceptación fue aquel que se utilizó como aromatizante 250 gramos de planta fresca en la etapa de concentración y 2 segundos de aplicación por atomización manualmente para los tres productos, según la cantidad que se indica en el balance de materiales. Esta operación permite dispersar las partículas de aceite a mayor cantidad de producto.



# MANEJO DEL EXPERIMENTO



## EXTRACCIÓN DEL JUGO

La extracción tiene como objeto separar el jugo de caña por compresión, haciéndola pasar a través de masas de acero que giran en sentido contrario. La extracción se define como el jugo extraído que se obtiene de la caña. La ecuación es:

$$E = \frac{\text{jugo extraído}}{\text{Jugo de la caña}} = \frac{\text{Caña} - \text{bagazo}}{\text{Caña} - \text{fibra de la caña}}$$

La extracción se realizó en un molino eléctrico de laboratorio de tres masas de capacidad de 800 litros por hora. La caña debe de estar limpia y que haya sido cortada recientemente, para evitar bajos rendimientos del producto y deterioro de la misma. La fotografía muestra el molino de laboratorio utilizado para la obtención de jugo de caña.



## INCREMENTO DE LA TEMPERATURA DE EBULLICIÓN

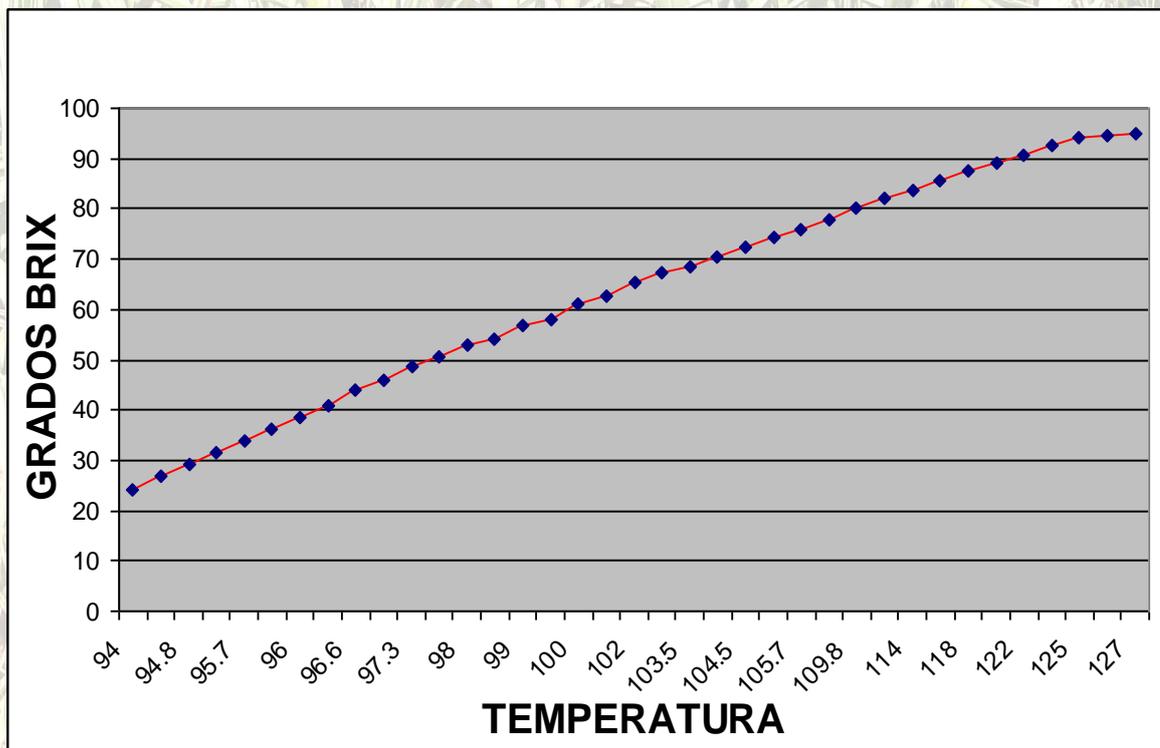
El comportamiento de la temperatura de ebullición en el jugo de la caña clarificado según la concentración de sólidos solubles en el jugo, se detallan en el cuadro siguiente.

TEMPERATURA	GRADOS BRIX	TEMPERATURA	GRADOS BRIX
94	24	103.1	67.3
94.5	27	103.5	68.4
94.8	29	104.1	70.4
95.4	31.6	104.5	72.2
95.7	33.8	105.2	74.3
95.8	36	105.7	76
96	38.4	108	78
96.2	41	109.8	80
96.6	44	112	82.2
97	46	114	83.8
97.3	48.7	116	85.6
97.6	50.5	118	87.5
98	52.8	120	89
98.5	54	122	90.8
99	56.8	124	92.5
99.6	58	125	94
100	61	126	94.5
101	62.8	127	94.9
102	65.2		

Los resultados muestran que, a medida que se incrementa la concentración de la solución expresada en grados brix (sólidos solubles en la solución), el punto de ebullición también se incrementa, es decir, el incremento del punto de ebullición es directamente proporcional a la concentración de la solución. Esto se confirma con la segunda ley de RAOULT que dice “El aumento ebulliscópico de una solución es proporcional a la

concentración molal de la solución”. Significa que a mayor concentración de sólidos solubles en la solución, mayor será el punto de ebullición de la misma. Efectivamente se evidencia la presencia de las propiedades coligativas en soluciones no electrolíticas, especialmente en los azúcares, que son: descenso de la presión de vapor, incremento del punto de ebullición, descenso del punto de cristalización y aparecimiento de una determinada presión osmótica.

### ELEVACIÓN DEL PUNTO DE EBULLICIÓN A DIFERENTES CONCENTRACIONES



## **PARÁMETROS DE PROCESO (CONCENTRACIÓN – TEMPERATURA Y PH), PARA LA OBTENCIÓN DE MIEL HIDROLIZADA**

La miel como un hidrato de carbono, producto de la concentración de sustancias azucaradas de la caña, constituida en casi su totalidad por azúcares invertidos y sacarosa, es viscoso y de sabor dulce, translúcido, soluble en agua y color café rojizo brillante. La calidad del producto depende de una buena clarificación expresado como turbidez en unidades NTU, concentración ( $78 \text{ }^{\circ}\text{B} \pm 0.5$ ) y  $\text{pH}=4$ .



Según resultados de la caracterización de la miel, se establece que es rica en minerales, azúcares y altamente energético.

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADOS
Humedad	%	17.8
Azúcares totales	%	81.1
Azúcares reductores	%	32.62
Azúcares invertidos	%	48.48
Acidez	mequiv/100g	202.2
Cenizas	%	3.30
Fósforo	mg/100g	82.7
Hierro	ppm	26,22
Calcio	ppm	327,69
Magnesio	ppm	923,72
Turbidez	%T	92
Energía	Kcal / 100g	328,86

## **PARÁMETROS DE PROCESO (CONCENTRACIÓN – TEMPERATURA), PARA LA OBTENCIÓN DE PANELA SOLUBLE**

La panela como producto sólido obtenido por evaporación del agua del jugo de la caña de azúcar, es de sabor dulce y aroma característico, rico en minerales y azúcares. Actualmente se comercializa en forma de bloques cuadrados, rectangulares y redondos. Según datos del punto de ebullición del jugo de caña, la mejor concentración para panela es de 118°C a 120°C, que corresponde a 88 a 89°B. Para panela soluble la concentración y temperatura es similar al de azúcar 125°C, que corresponde a 94°B aproximadamente. La cantidad de almidón incorporado para ayudar a aglutinar es del 2%. Para obtener panela debe evitarse invertir la sacarosa, manteniendo en lo posible pH cercanos a la neutralidad.



La composición de la panela, indica que es altamente energética, rico en azúcares, minerales especialmente calcio y fósforo.

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADOS
Humedad panela	%	8.62
Humedad panela soluble	%	2.11
Azúcares totales	%	96.42
Azúcares reductores	%	8.94
Azúcares invertidos	%	87.48
Acidez	mequiv/100g	58.2
Cenizas	%	2.13
Fósforo	mg/100g	88.7
Calcio	ppm	219
Cenizas sulfatadas	ppm	Negativo
Energía	Calorías	345

## PARÁMETROS DE PROCESO (CONCENTRACIÓN – TEMPERATURA Y PH), PARA LA OBTENCIÓN DE AZÚCAR NATURAL

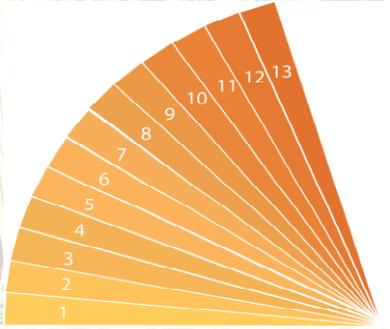
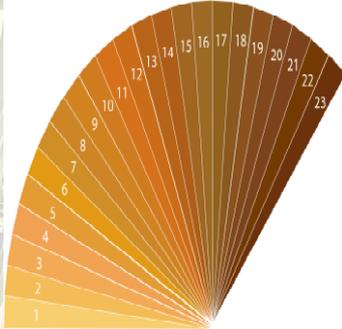
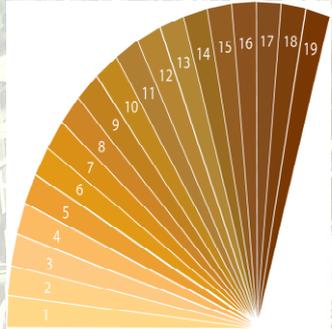
Azúcar, es el producto obtenido de la concentración del jugo de caña mediante un proceso de cristalización por el método natural. Otros autores definen al azúcar como “cuerpo sólido, cristizable, perteneciente al grupo químico de los hidratos de carbono, de color blanco en estado puro, soluble en el agua y en el alcohol y de sabor muy dulce”

La composición del azúcar es similar a la de panela. La energía es ligeramente menor al azúcar sulfatado de mesa y rico en minerales y azúcares. La humedad del azúcar natural para se conserve sus características, es importante que no sobrepase el valor indicado.

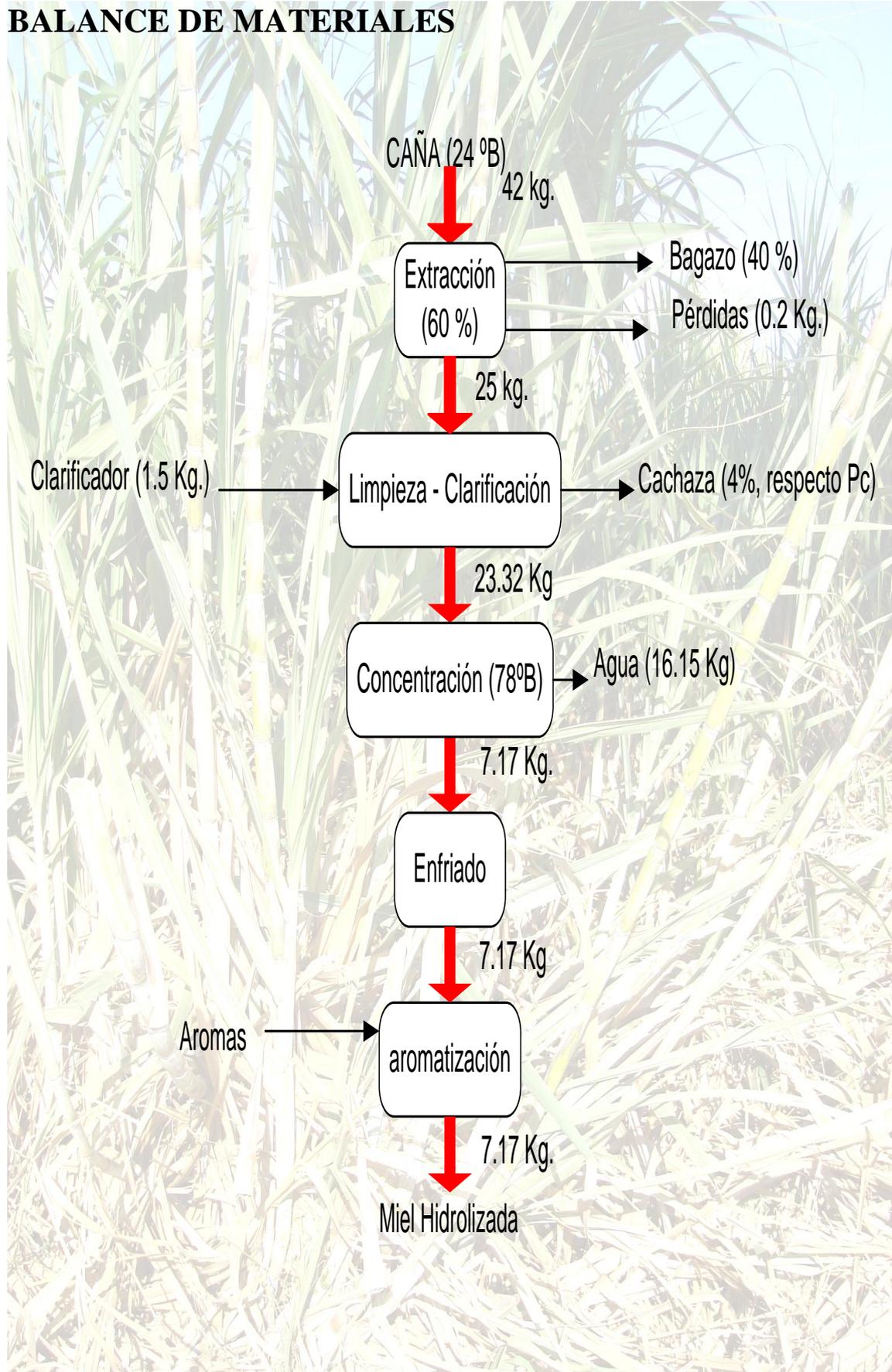
DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADOS
Humedad	%	2.11
Azúcares totales	%	98.58
Azúcares reductores	%	3.44
Azúcares invertidos	%	95.14
Acidez	mequiv/100g	35.3
Cenizas	%	3.36
Fósforo	mg/100g	50.6
Hierro	ppm	55
Impurezas	%	0.51
Energía		348

## COLOR DE LOS PRODUCTOS

El color, es una característica de opinión que determina la aceptación o rechazo del producto. Es una característica de impresión que hace en la retina del ojo, la luz reflejada por los cuerpos.

<b>Miel hidrolizada</b>	<b>Panela</b>	<b>Azúcar natural</b>
		
<b>Color entre 6 a 9</b>	<b>Color entre 8 a 10</b>	<b>Color entre 5 a 7</b>

## BALANCE DE MATERIALES

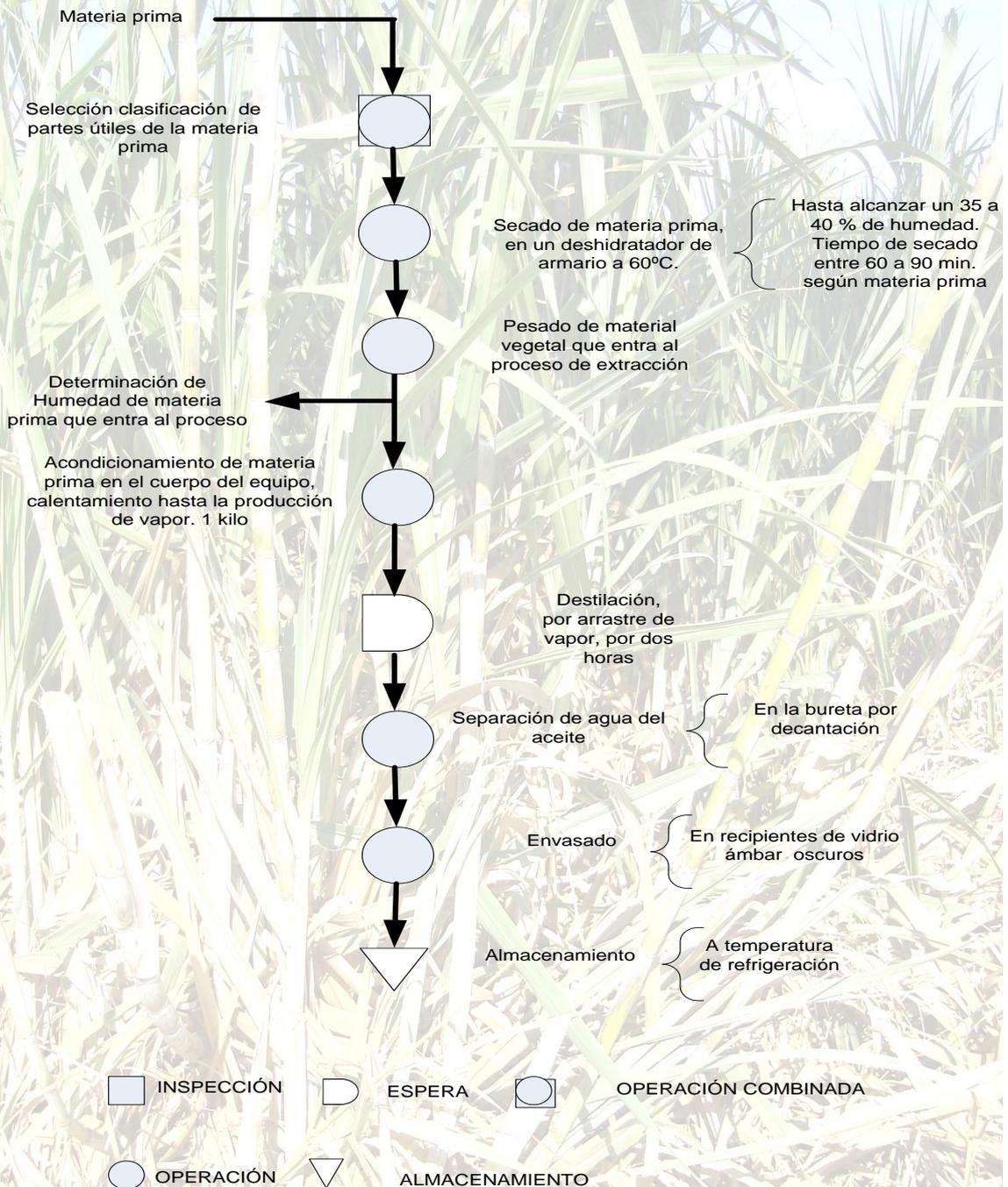


El rendimiento de la miel hidrolizada, panela soluble y azúcar se determinó siguiendo el mismo proceso del diagrama para la miel hidrolizada. Los resultados muestran que mayor rendimiento se obtiene al obtener miel, seguido de la panela soluble y finalmente el azúcar natural.

<b>Rendimiento de Miel Hidrolizada:</b>	<b>Rendimiento de Panela Soluble: (2% de almidón)</b>	<b>Rendimiento de Azúcar Natural:</b>
$\% R = \frac{P_f}{P_i} \times 100$ $\% R = \frac{7.17 \text{ Kg.}}{42 \text{ Kg.}} \times 100$ $\% R = 17.07$	$\% R = \frac{P_f}{P_i} \times 100$ $\% R = \frac{6.13 \text{ Kg.}}{42 \text{ Kg.}} \times 100$ $\% R = 14.59$	$\% R = \frac{P_f}{P_i} \times 100$ $\% R = \frac{6.01 \text{ Kg.}}{42 \text{ Kg.}} \times 100$ $\% R = 14.3$

# DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL



Para el estudio se utilizó plantas de anisillo, tipo y hierbabuena, que fueron recolectadas de diferentes sectores de Imbabura (sector de Imbiola y la Esperanza) y Carchi (San Gabriel y el Ángel).



La fotografía de la izquierda muestra la planta de tipo (Mintostachys mollis H.B.K), centro la planta de anisillo conocido como anís silvestre (Tagetes Pusilla HBK) y a la derecha la planta de Hierbabuena (Mentha viridis L).

El secado se realizó utilizando un deshidratador de armario, que antes de entrar al proceso de extracción por arrastre de vapor, fueron previamente deshidratadas hasta humedad aproximada de 50%.



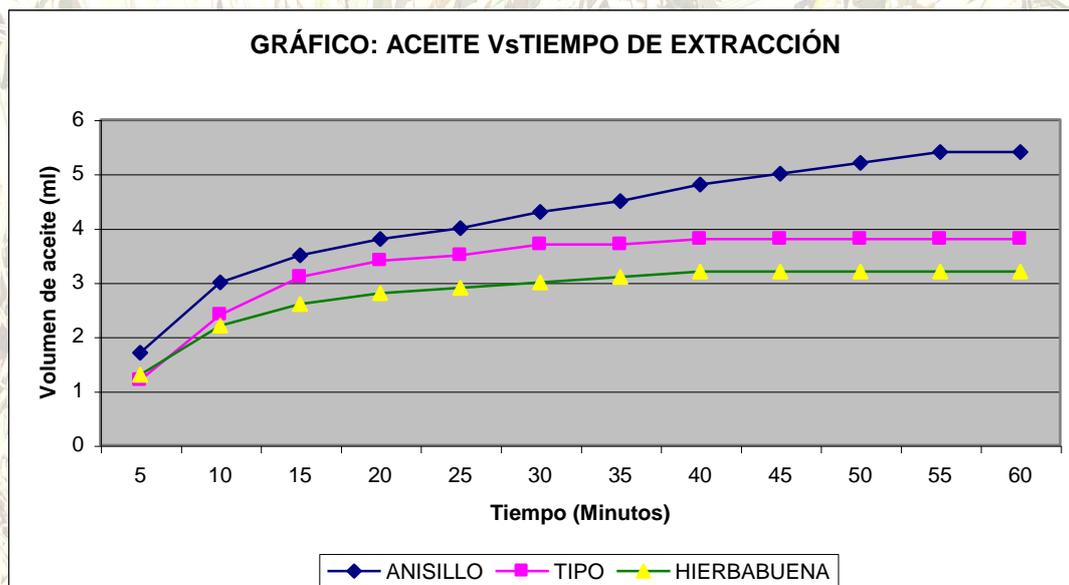
Los resultados de la extracción de las tres plantas utilizando 2 litros de agua durante 3 horas de extracción con intervalos de 30 minutos, indican que mayor rendimiento se obtiene con el anisillo, seguido del tipo y finalmente hierbabuena.

Muestra	Tipo de destilación	Muestra (g)	Humedad	Esencia (ml)	Rendimiento (%)
Tipo	Arrastre de vapor	500	64	1.6	0.32
Anisillo	Arrastre de vapor	500	30	2.7	0.54
Hierbabuena	Arrastre de vapor	500	73	1.3	0.26

## VOLUMEN DE EXTRACCIÓN

Tiempo (minutos)	Volumen de aceite (ml)		
	ANISILLO	TIPO	HIERBABUENA
5	1.7	1.2	1.3
10	3	2,4	2.2
15	3.5	3,1	2.6
20	3.8	3,4	2,8
25	4	3,5	2,9
30	4.3	3,7	3
35	4.5	3,7	3.1
40	4.8	3,8	3,2
45	5	3,8	3,2
50	5.2	3,8	3,2
55	5.4	3.8	3.2
60	5.4	3,8	3.2

Resultados muestran que durante los primeros 20 minutos de extracción se obtiene mayor cantidad de producto, en todas las plantas.



## CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES

El tipo contiene 42 compuestos en el aceite esencial, el anisillo 12 y 34 la hierbabuena. Los más importantes por su porcentaje son:

TIPO		ANISILLO		HIERBABUENA	
Compuesto	%	Compuesto	%	Compuesto	%
Acetato de carvacrilo	19	Anetol	68	DL-carvona	36,5
Trans-cariofillene	10	Estragol	24,5	Anetol	15,3
Germacreno D	9,5	Germacreno D	2,7	Germacreno D	8,8
Carvacrol	7,6			Limoneno	7,2
Limoneno	6,7			Estragol	4,9
Orto-cimeno	6,5			Trans-cariofileno	3,1
gamma-terpineno	5,4			1,8-cineol	2,5
Biciclogermacreno	5,3			(+)-epi-biciclosesquifelandreno	2,3
				Beta-bourboneno	2,3

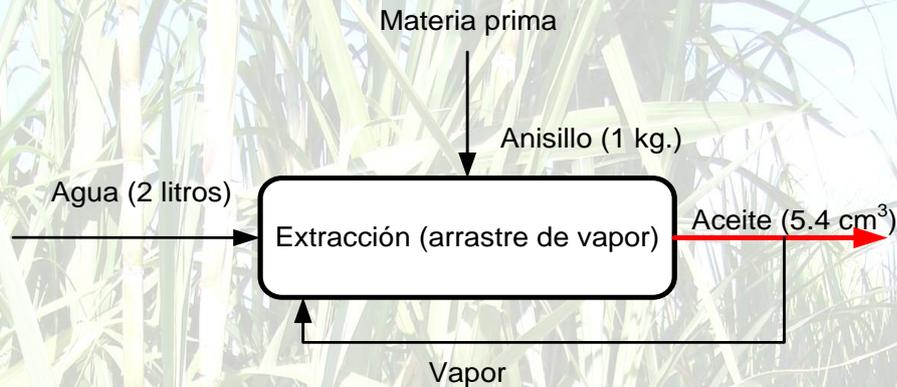
## ENVASADO Y USO



Los aceites esenciales obtenidos en el laboratorio Universidad Técnica del Norte, se envasó en frascos oscuros y luego se utilizaron para aromatizar los productos elaborados, incorporando mediante atomización a través de un aplicador spray durante 2, 4 y 6 segundos, esto es aproximadamente 1, 2 y 3 gotas de aceite esencial en 7. 17 kilogramos de miel, 6.13 kilogramos para panela soluble y 6.01 kilogramos para azúcar aproximadamente.

Los aceites esenciales son líquidos volátiles, en su mayoría insolubles en agua, pero fácilmente solubles en alcohol, éter y aceites vegetales y minerales. El uso de estos productos es para la alimentación, aromaterapia, fragancias, desinfectar y otros.

## BALANCE DE MATERIALES PARA EL ACEITE ESENCIAL



El rendimiento se determinó según la siguiente ecuación matemática.

$$\% R = \frac{V(ml) \text{ esencia}}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100$$

$$\% R = \frac{5.4ml.}{1000 g.} \times 100$$

$$\% R = 0.54 (\text{Anisillo})$$

$$\% R = 0.32 (\text{Tipo})$$

$$\% R = 0.26 (\text{Hierbabuena})$$

## CONCLUSIONES

- A pesar de la extensa información bibliográfica revisada, se encontró muy poco sobre aspectos relacionados de procesos de miel hidrolizada de caña de azúcar y la única es la generada en nuestra institución. La información acerca de panela en su mayoría es de Colombia y muy escasa del Perú y Ecuador. La información de azúcar natural es escasa y proviene de Colombia y muy limitada de Ecuador y Perú. La planta de anisillo, ha sido muy poco estudiada, como tampoco existe información sobre formas de aromatización con la misma. Al igual que la planta de yausabara (*Pavonia sepium*), a pesar de ser muy utilizada en la agroindustria panelera del norte del país, existe escasa información sobre las bondades y usos de la misma. La Universidad Técnica del Norte es la que mayor información ha generado, mediante investigaciones para agroindustria panelera donde interviene la planta de yausabara.
- Para obtener buenos porcentajes de extracción, se debe ajustar bien a los molinos paneleros y así el bagazo obtenido, puede ser manejado y utilizado adecuadamente en la caldera. Se estima extracciones muy buenas entre el 50 al 65 %. Se puede obtener extracciones superiores al 70 %, pero el bagazo que sale del molino se desintegra demasiado, mientras que con extracciones inferiores al 50 % los

rendimientos del producto final, son inferiores a los esperados.

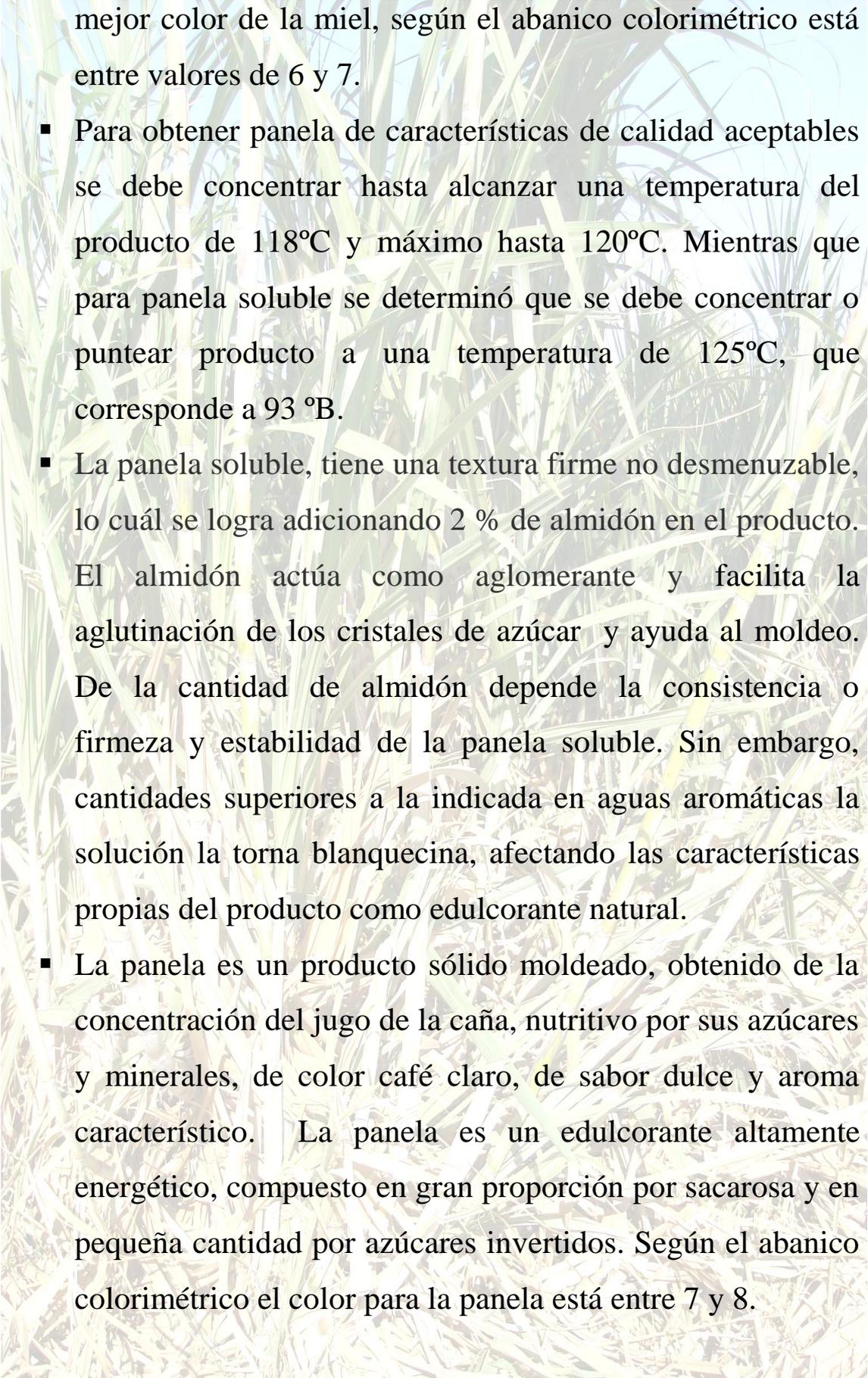
- A pesar de utilizarse a nivel panelero la planta de yausabara, los paneleros desconocen de dosis y el efecto de los mucílagos incorporados a diferentes temperaturas del jugo.
- Plantas en estado fisiológico de floración contienen mayor cantidad de mucílago y para extraerlo debe triturarse los tallos, ya que los mismos se encuentran únicamente en el corazón del tallo.
- Para extraer mayor cantidad de mucílago de la planta de yausabara, se debe previamente deshojar, lavar, triturar y macerar entre 5 y 10 minutos en agitación, en 15 litros de agua por cada 0.5 Kg. de tallos. La cantidad de mucílago obtenido depende del tiempo de maceración, agitación y volumen de agua.
- En la clarificación del jugo se estableció que el mejor tratamiento fue el A3B6. Al adicionar 1.5 litros de solución por cada 25 litros de jugo a 90°C, se obtiene menor turbidez expresado en unidades NTU. Significa, que se logró separar mayor cantidad de no azúcares del jugo.
- Incorporar volúmenes superiores a 1.5 litros de solución clarificadora (mucílago) por cada 25 litros de jugo de caña, se incrementa la densidad del mismo, consecuentemente la evaporación se retarda, y causa inversión de la sacarosa por

el tiempo de permanencia a altas temperaturas, que afectan la formación de cristales en la producción de panela y azúcar. En panela no se logra la dureza requerida, en azúcar no se obtiene una buena cristalización y en aguas aromáticas existe turbidez en todos los productos obtenidos. Además, la miel se vuelve más difusa, Mientras que, incorporar al jugo en volúmenes inferiores al señalado, la turbidez aumenta. Al poner la solución clarificadora al jugo en ebullición, no es recomendable, los mucílagos de la planta se coagulan instantáneamente y no logran atrapar los no azúcares, consecuentemente la turbidez es mayor.

- La velocidad del incremento del punto de ebullición es menor a concentraciones bajas y mayor a concentraciones altas. Es decir, a medida que los sólidos solubles de la solución (grados brix) se incrementan el punto de ebullición se incrementa. Consecuentemente, la concentración de sólidos es directamente proporcional con el punto de ebullición de la solución.
- Una miel hidrolizada es un azúcar invertido y el ácido cítrico es un compuesto ideal para invertir la sacarosa. Además, el ácido es un clarificante de soluciones azucaradas y excelente para lograr un color especial (amarillo ámbar) translúcido. El ácido cítrico se debe incorporar al jugo a temperaturas de 95°C y hasta alcanzar un pH del jugo entre 3,8 a 4. De los dos valores el segundo (pH

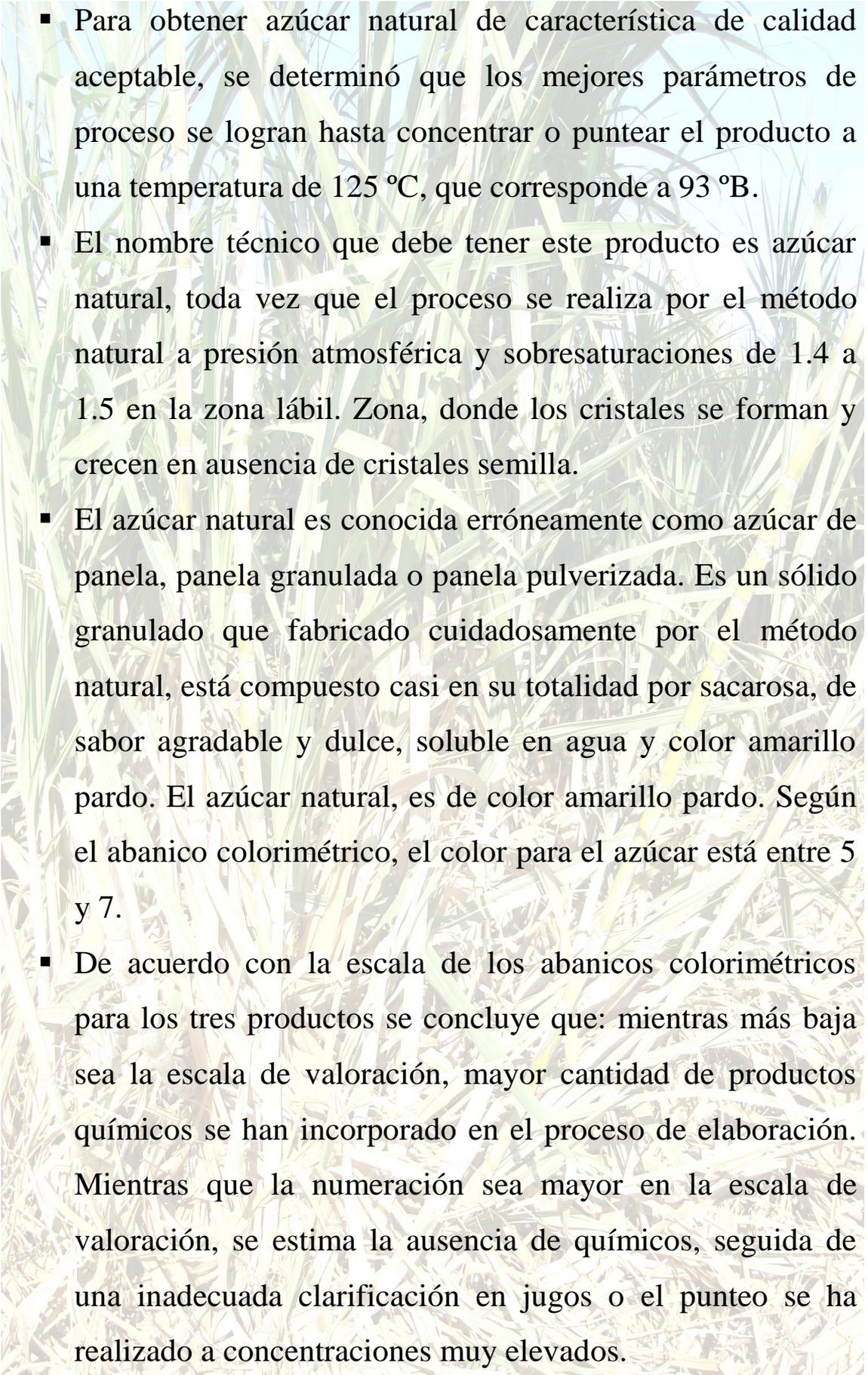
= 4), es el mejor, por presentar un sabor no muy ácido. Poner ácido cítrico al jugo a temperaturas inferiores a 95°C, resulta un producto oscuro y escasamente translúcido. Consecuentemente, mayor es la turbidez de la miel.

- Miel con pH inferior a 3,8 son muy ácidas y con pH superior a 4, cristalizan en poco tiempo. Una miel que presente cristales de azúcar es señal suficiente para asegurar que no se ha realizado una correcta inversión de la sacarosa. Por tal motivo, pierde las características de miel.
- El tamaño de los cristales son mayores a medida que el pH es mayor a 4 ( $\pm 0.05$ ), y viceversa. La cantidad de cristales en el envase depende del tiempo de almacenamiento, por lo que, a mayor tiempo de almacenamiento mayor cantidad de cristales.
- La temperatura de punteo para miel hidrolizada es de 108 ( $\pm 1$ ) °C, que corresponde a una concentración expresada en sólidos solubles (grados brix) = 78 ( $\pm 0.5$ ). Asimismo, mieles con grados brix inferior a la establecida y muy concentrada pierde las características de miel.
- La miel es un líquido viscoso, producto de la concentración de sustancias azucaradas del jugo de la caña, constituido en mayor cantidad por azúcares invertidos y en menor cantidad sacarosa. El sabor de la miel debe ser agridulce, translúcido, altamente soluble en agua, amarillo ámbar brillante y el



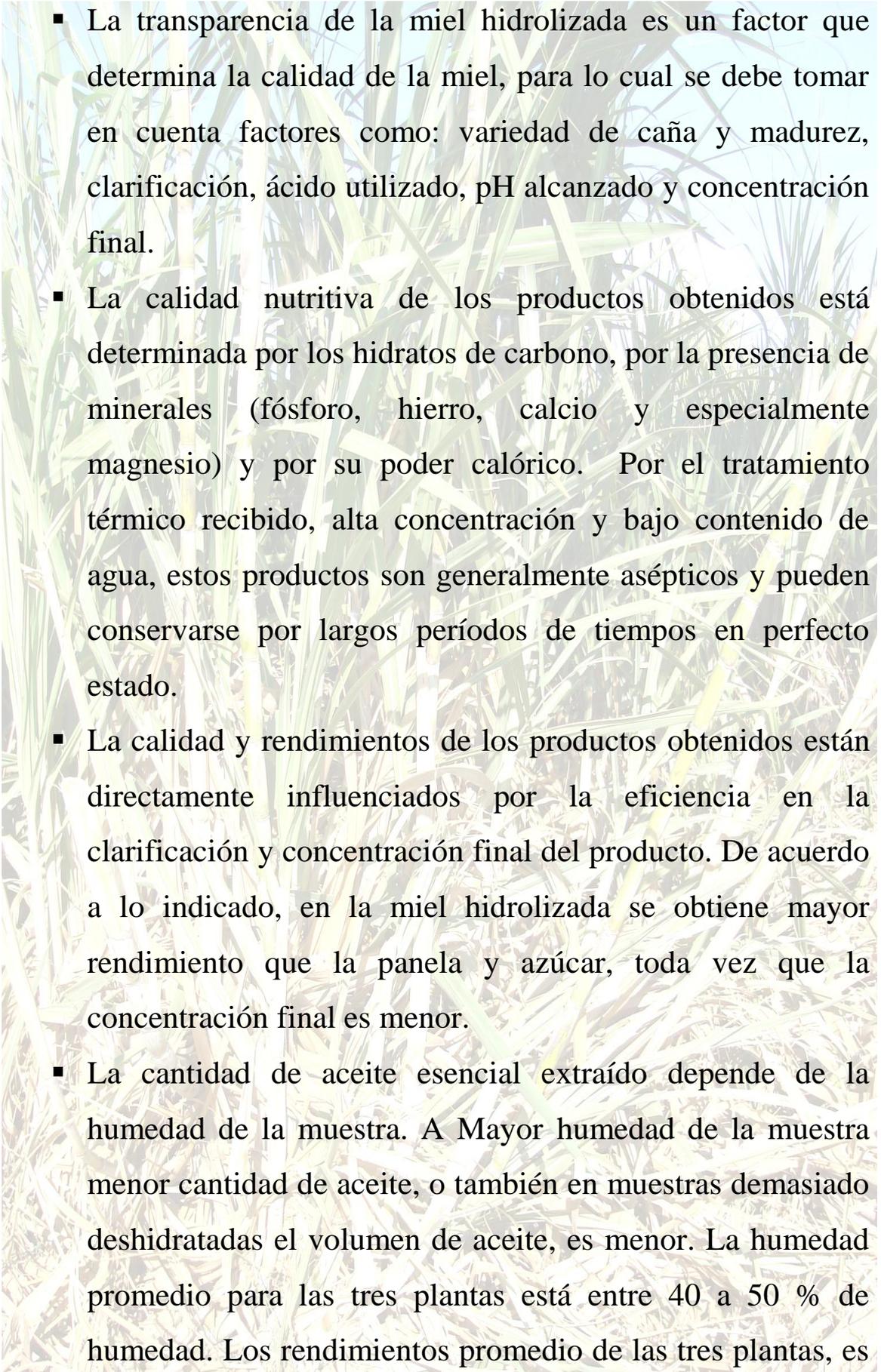
mejor color de la miel, según el abanico colorimétrico está entre valores de 6 y 7.

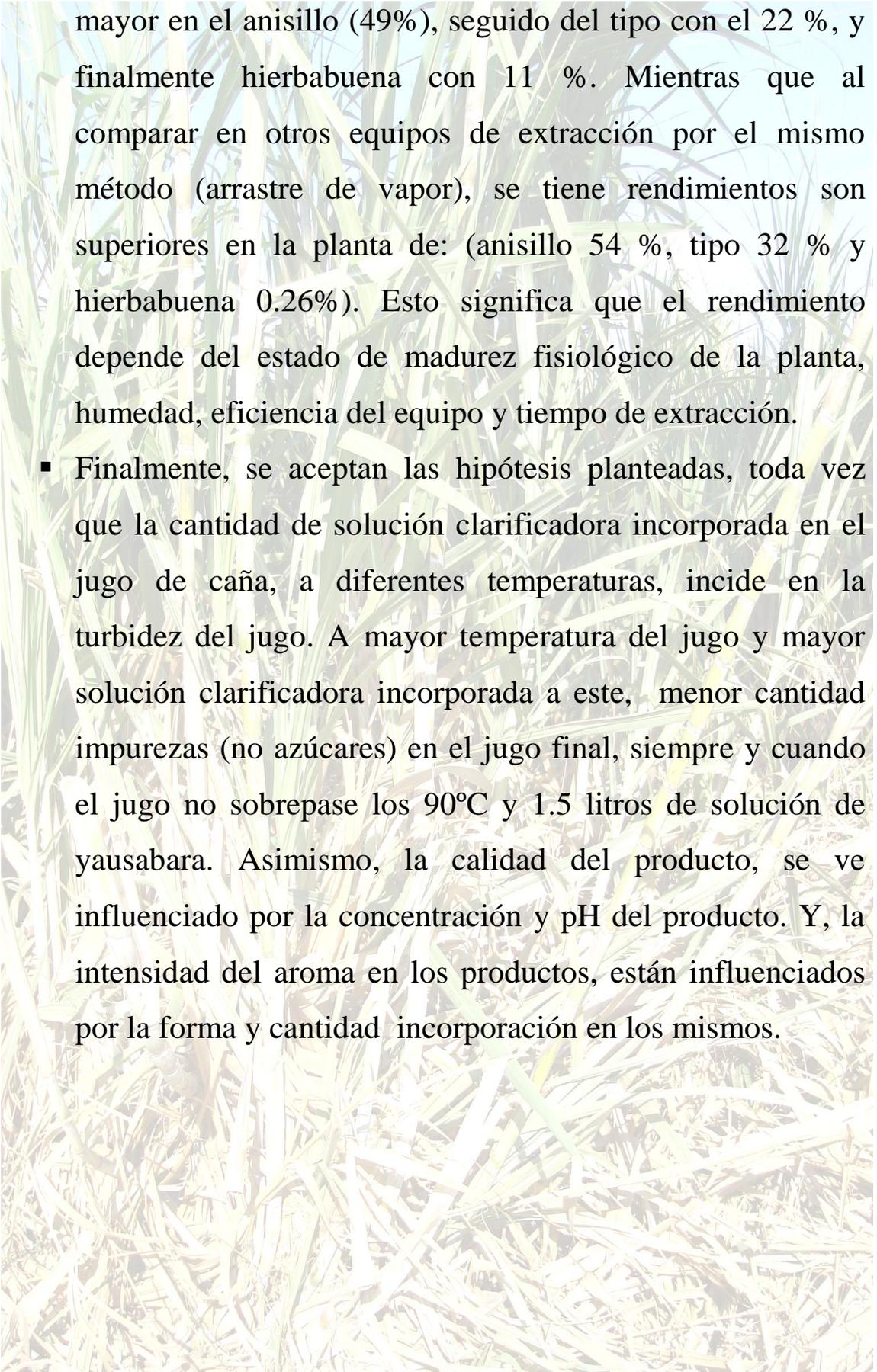
- Para obtener panela de características de calidad aceptables se debe concentrar hasta alcanzar una temperatura del producto de 118°C y máximo hasta 120°C. Mientras que para panela soluble se determinó que se debe concentrar o puntear producto a una temperatura de 125°C, que corresponde a 93 °B.
- La panela soluble, tiene una textura firme no desmenuzable, lo cuál se logra adicionando 2 % de almidón en el producto. El almidón actúa como aglomerante y facilita la aglutinación de los cristales de azúcar y ayuda al moldeo. De la cantidad de almidón depende la consistencia o firmeza y estabilidad de la panela soluble. Sin embargo, cantidades superiores a la indicada en aguas aromáticas la solución la torna blanquecina, afectando las características propias del producto como edulcorante natural.
- La panela es un producto sólido moldeado, obtenido de la concentración del jugo de la caña, nutritivo por sus azúcares y minerales, de color café claro, de sabor dulce y aroma característico. La panela es un edulcorante altamente energético, compuesto en gran proporción por sacarosa y en pequeña cantidad por azúcares invertidos. Según el abanico colorimétrico el color para la panela está entre 7 y 8.

- 
- Para obtener azúcar natural de característica de calidad aceptable, se determinó que los mejores parámetros de proceso se logran hasta concentrar o puntear el producto a una temperatura de 125 °C, que corresponde a 93 °B.
  - El nombre técnico que debe tener este producto es azúcar natural, toda vez que el proceso se realiza por el método natural a presión atmosférica y sobresaturaciones de 1.4 a 1.5 en la zona lábil. Zona, donde los cristales se forman y crecen en ausencia de cristales semilla.
  - El azúcar natural es conocida erróneamente como azúcar de panela, panela granulada o panela pulverizada. Es un sólido granulado que fabricado cuidadosamente por el método natural, está compuesto casi en su totalidad por sacarosa, de sabor agradable y dulce, soluble en agua y color amarillo pardo. El azúcar natural, es de color amarillo pardo. Según el abanico colorimétrico, el color para el azúcar está entre 5 y 7.
  - De acuerdo con la escala de los abanicos colorimétricos para los tres productos se concluye que: mientras más baja sea la escala de valoración, mayor cantidad de productos químicos se han incorporado en el proceso de elaboración. Mientras que la numeración sea mayor en la escala de valoración, se estima la ausencia de químicos, seguida de una inadecuada clarificación en jugos o el punteo se ha realizado a concentraciones muy elevados.

- Desde el punto de vista cualitativo existe diferencia, según el análisis organoléptico en atributos de: transparencia, sabor y color; toda vez que factor calculado (FC) es menor que el factor tabular (Ft).
- Al concentrar el producto (miel) e incorporar el ácido cítrico el mejor tratamiento fue el P3C2 (concentración  $78 (\pm 0.5)^\circ\text{B}$  y  $\text{pH} = 4 (\pm 0.05)$ ), esto por el puntaje entregado por los panelistas, en cuanto a viscosidad y sabor. Y, al aromatizar todos los productos, se concluye que los mejores tratamientos tanto para miel hidrolizada, panela soluble y azúcar natural son: 2 (E1D2) y 5 (E1T1); 5 (F1T1) y 5 (N1T1) respectivamente.
- Por facilidad, operatividad y costo se recomienda utilizar en las paneleras un termómetro digital de punta metálica para controlar parámetros en el proceso (punteo), toda vez que un refractómetro es mucho más costoso y requiere experiencia y habilidad para establecer medidas exactas en concentraciones y temperaturas elevadas del producto.
- Un sistema adecuado para incorporar aromatizantes concentrados y líquidos como los aceites esenciales, es vía atomización, utilizando un dispositivo spray, que permite pulverizar la muestra líquida y llegar a la mayor cantidad de material a aromatizar.

- La cantidad y forma de incorporación del aromatizante en la miel hidrolizada, panela y azúcar inciden en la calidad organoléptica de los productos elaborados
- La ventaja de atomizar mediante un aplicador spray, se evidencia cuando el aromatizante se pulveriza y por consiguiente se pone en contacto con la mayor cantidad en el producto. Atomizar significa, dividir en partes sumamente pequeñas el líquido (aceite esencial) o pulverizar.
- Se debe evitar sobrepasar temperaturas de concentración superiores a 127 o más, porque la inversión de sacarosa es insostenible, provocando caramelización.
- La mejor forma de medir la calidad de los derivados de la agroindustria panelera, es mediante análisis sensorial, ya que es la única técnica analítica que permite evaluar una muestra dentro de un contexto real de consumo, donde se estrechan relaciones entre alimento y consumidor.
- La miel hidrolizada aromatizada, panela soluble y azúcar natural aromatizados, pueden conservarse al ambiente por largo tiempo (más de 2 años), sin presentar alteraciones en el producto, debido a su alta concentración y composición. Alimentos altamente concentrados, aparece una presión osmótica, que evita el deterioro del alimento, según una de las propiedades coligativas de las soluciones no electrolíticas, tal es el caso de los azúcares.

- 
- La transparencia de la miel hidrolizada es un factor que determina la calidad de la miel, para lo cual se debe tomar en cuenta factores como: variedad de caña y madurez, clarificación, ácido utilizado, pH alcanzado y concentración final.
  - La calidad nutritiva de los productos obtenidos está determinada por los hidratos de carbono, por la presencia de minerales (fósforo, hierro, calcio y especialmente magnesio) y por su poder calórico. Por el tratamiento térmico recibido, alta concentración y bajo contenido de agua, estos productos son generalmente asépticos y pueden conservarse por largos períodos de tiempos en perfecto estado.
  - La calidad y rendimientos de los productos obtenidos están directamente influenciados por la eficiencia en la clarificación y concentración final del producto. De acuerdo a lo indicado, en la miel hidrolizada se obtiene mayor rendimiento que la panela y azúcar, toda vez que la concentración final es menor.
  - La cantidad de aceite esencial extraído depende de la humedad de la muestra. A Mayor humedad de la muestra menor cantidad de aceite, o también en muestras demasiado deshidratadas el volumen de aceite, es menor. La humedad promedio para las tres plantas está entre 40 a 50 % de humedad. Los rendimientos promedio de las tres plantas, es



mayor en el anisillo (49%), seguido del tipo con el 22 %, y finalmente hierbabuena con 11 %. Mientras que al comparar en otros equipos de extracción por el mismo método (arrastre de vapor), se tiene rendimientos son superiores en la planta de: (anisillo 54 %, tipo 32 % y hierbabuena 0.26%). Esto significa que el rendimiento depende del estado de madurez fisiológico de la planta, humedad, eficiencia del equipo y tiempo de extracción.

- Finalmente, se aceptan las hipótesis planteadas, toda vez que la cantidad de solución clarificadora incorporada en el jugo de caña, a diferentes temperaturas, incide en la turbidez del jugo. A mayor temperatura del jugo y mayor solución clarificadora incorporada a este, menor cantidad impurezas (no azúcares) en el jugo final, siempre y cuando el jugo no sobrepase los 90°C y 1.5 litros de solución de yausabara. Asimismo, la calidad del producto, se ve influenciado por la concentración y pH del producto. Y, la intensidad del aroma en los productos, están influenciados por la forma y cantidad incorporación en los mismos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DIRECCIONES WEB

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIAS, R. (sa). El proceso de elaboración de la panela. Centro Universitario del Sur. Colombia. [Documento en línea]. Disponible: [http://www.condesan.org/eforos/agroindustria\\_rural/air2david.htm](http://www.condesan.org/eforos/agroindustria_rural/air2david.htm) [Consulta: 2007, mayo 20].

BANDONI, A. (2002). Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica. CYTEC. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

BEDOLLA, S., DUEÑAS, C., ESQUIBEL, I., FAVELA, T., GUERRERO, R., MENDOZA, E., NAVARRETE, A., OLGUÍN, L., ORTIZ, J., PACHECO, O., QUIROZ, M., RAMIREZ, A. TRUJILLO, M. (2003). Introducción a la tecnología de alimentos. Academia del área de plantas piloto de alimentos. 2da. Edición. LIMUSA. Noriega Editores. México.

BIASIOLI, DE WEITZ Y DE CHANDÍAS (1996). Química General e Inorgánica. Serie Arquetipo. KAPELUZ. Buenos Aires.

BRAVERMAN. (1993). Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. Edición Manual Moderno. México.

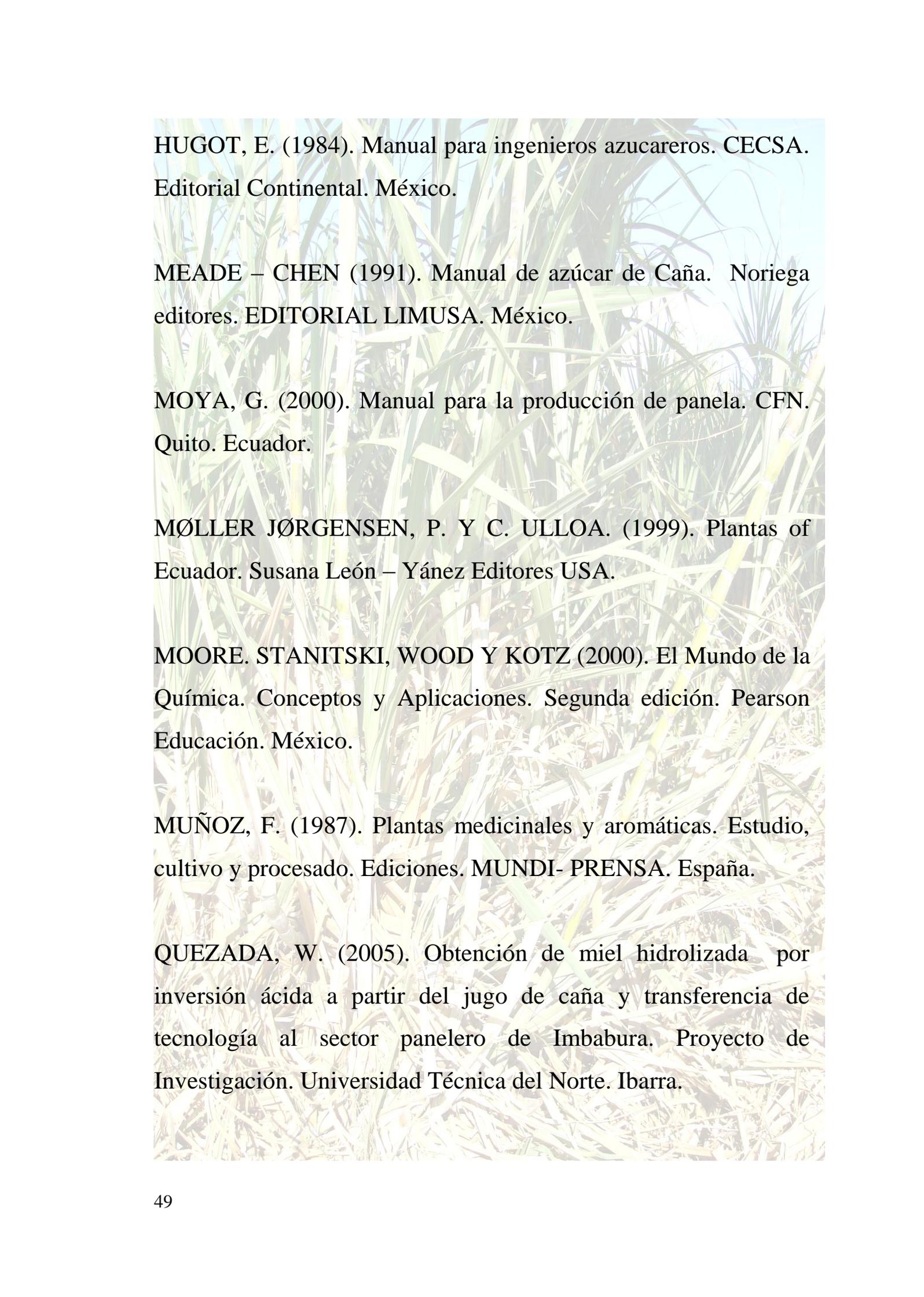
BURILLO, J. (2003). Investigación y experimentación de plantas aromáticas y medicinales en Aragón. Cultivo, transformación y analítica. Gobierno de Aragón. Unión Europea. Edita Gobierno de Aragón. Zaragoza España.

CAIRO, M. (sa). Aceite esencial a partir de la corteza del limón (Citrus limonium). [Documento en línea]. Disponible: [www.monografias.com](http://www.monografias.com) [Consulta: 2007, febrero 20].

CARPENTER, R. LYON, D., HASDELL, T. (2002). Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de los alimentos. Editorial acribia. Zaragoza España.

COSTE, E., (s.a). Análisis Sensorial de Quesos. España. [Documento en línea]. Disponible: <https://www.fromages.com/usa/cremeus.asp>. [Consulta: 2007, marzo 20].

GORDILLO, G. GARCÍA, H. (1992). Manual para el diseño y operación de hornillas paneleras. Convenio de Investigación y divulgación para el mejoramiento de la industria panelera. ICA – HOLANDA. CIMPA. Barbosa. Colombia.



HUGOT, E. (1984). Manual para ingenieros azucareros. CECSA. Editorial Continental. México.

MEADE – CHEN (1991). Manual de azúcar de Caña. Noriega editores. EDITORIAL LIMUSA. México.

MOYA, G. (2000). Manual para la producción de panela. CFN. Quito. Ecuador.

MØLLER JØRGENSEN, P. Y C. ULLOA. (1999). Plantas of Ecuador. Susana León – Yánez Editores USA.

MOORE. STANITSKI, WOOD Y KOTZ (2000). El Mundo de la Química. Conceptos y Aplicaciones. Segunda edición. Pearson Educación. México.

MUÑOZ, F. (1987). Plantas medicinales y aromáticas. Estudio, cultivo y procesado. Ediciones. MUNDI- PRENSA. España.

QUEZADA, W. (2005). Obtención de miel hidrolizada por inversión ácida a partir del jugo de caña y transferencia de tecnología al sector panelero de Imbabura. Proyecto de Investigación. Universidad Técnica del Norte. Ibarra.

RUIZ, S. (2005). Identificación de componentes y determinación de las propiedades físicas del aceite esencial de Sacha Anís (*Tagetes filifolia* Lag.), Ajenjo (*Artemisia sodiroi* Hieron.), Monte de Oso (*Siparuma eggersii* Hieron.) y Tipo de Cerro (*Clinopodium nubigenum* (Kunth) Kuntze) utilizando Cromatografía de Gases – EM. Tesis de Grado previa la obtención de título de Ingeniera Química. Universidad Técnica Particular de Loja. Escuela de Ingeniería Química. Loja.

ULLOA, C. MØLLER JØRGENSEN, P. (1995). Árboles y arbustos de los Andes del Ecuador. Ediciones ABYA – YALA. Quito.

**DIRECCIONES WEB. Buscar con el prefijo <http://www>.**

[Documento en línea]. Disponible: <http://www.invima.gov.co/version1/normatividad/alimentos/decreto21061983%20.pdf>. [Consulta: 2007, julio 25].

[Documento en línea]. Disponible: <http://www.quassab.com/Es/LaPanela/Default.asp>. [Consulta: 2007, febrero 10]



[Documento en línea]. Disponible:  
<http://www.moyobamba.net/chancaca/>. [Consulta: 2007, mayo  
10].

[Documento en línea]. Disponible: [http://www Herbotecnia.com.  
Ar/minthostachys-mollis-cultivo/htm](http://www.Herbotecnia.com.Ar/minthostachys-mollis-cultivo/htm). [Consulta: 2007, junio  
20].

[Documento en línea]. Disponible:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Yerba\\_Buena](http://es.wikipedia.org/wiki/Yerba_Buena) [Consulta: 2007, julio  
25].

[Documento en línea]. Disponible:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Mentha\\_spicata](http://es.wikipedia.org/wiki/Mentha_spicata). [Consulta: 2007,  
julio 25]

[Documento en línea]. Disponible:  
<http://www.ecoaldea.com/plmd/hierbabuena.htm> [Consulta:  
2007, julio 25]

[Documento en línea]. Disponible:  
[http://www.geocities.com/FashionAvenue/2811/fichas/peppermin  
t.html](http://www.geocities.com/FashionAvenue/2811/fichas/peppermint.html). [Consulta: 2007, julio 25].

[Documento en línea]. Disponible:  
<http://healthlibrary.epnet.com/GetContent.aspx?token=8482e079-8512-47c2-960c-a403c77a5e4c&chunkid=125114> [Consulta: 2007, junio 23].

[Documento en línea]. Disponible:  
<http://www.sensolab.net/index.htm> [Consulta: 2007, marzo 25].

[Documento en línea]. Disponible:  
<http://www.fredmeyer.com/Es-Herb/Peppermint.htm> [Consulta: 2007, abril 15].

[Documento en línea]. Disponible:  
[www.paneleralamolienda.com.ec/cuadro.jpg](http://www.paneleralamolienda.com.ec/cuadro.jpg) [Consulta: 2007, febrero 12].

[Documento en línea]. Disponible:  
<http://www.inia.gob.pe/boletin/boletin0010/panela.htm>  
[Consulta: 2007, enero 20].

[Documento en línea]. Disponible:  
<http://www.procana.org/canazuc1.htm> [Consulta: 2007, enero 20].

[Documento en línea]. Disponible: Proyecto ac  
esenciales\esencias 2\((type a title for your page here).htm  
[Consulta: 2007, junio 20].

[Documento en línea]. Disponible: Proyecto ac  
esenciales\esencias 2\extracción de aceites esenciales.htm.  
Rincón del vago. [Consulta: 2007, junio 20].

[Documento en línea]. Disponible: Proyecto ac  
esenciales\esencias1\aceites esenciales \_ componentes.htm.  
[Consulta: 2007, junio 20].

[Documento en línea]. Disponible: [www//Proyecto ac.  
Esenciales/ esencias/Procesos PFNM. 2006, Chile.htm](http://www//Proyecto ac.<br/>Esenciales/ esencias/Procesos PFNM. 2006, Chile.htm) [Consulta:  
2007, junio 20].

[Documento en línea]. Disponible:  
[http://conabioweb.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/t  
agetesfilifolia/FICHAS/ficha.htm](http://conabioweb.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/t<br/>agetesfilifolia/FICHAS/ficha.htm) [Consulta: 2007, junio 20].

[Documento en línea]. Disponible:  
[http://www.fao.org/docrep/meeting/X4983s.htm#P83\\_2232](http://www.fao.org/docrep/meeting/X4983s.htm#P83_2232).  
[Consulta: 2007, junio 19].