

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**FACTORES DE PROCESO QUE AFECTAN LA CALIDAD SENSORIAL DE LA  
PANELA GRANULADA DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*)**

**POR:  
FRANCIS DANIELA MEDINA MELARA**

**TESIS**



**CATACAMAS, OLANCHO**

**HONDURAS C.A**

**DICIEMBRE, 2013**

**FACTORES DE PROCESO QUE AFECTAN LA CALIDAD SENSORIAL DE LA  
PANELA GRANULADA DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*)**

**POR:**

**FRANCIS DANIELA MEDINA MELARA**

**HECTOR ALONZO GÓMEZ GÓMEZ M.Sc.**

**Asesor Principal**

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO  
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA**

**CATACAMAS, OLANCHO**

**HONDURAS C.A**

**DICIEMBRE, 2013**

## **ACTA DE SUSTENTACION**

## DEDICATORIA

A **Dios** todo poderoso por darme esta inmensa bendición y por ser fiel en todo momento.

A mis **Padres** Jorge Alberto Medina Peña y Dania Esther Melara Ordoñez por estar siempre conmigo apoyándome, aconsejándome, dándome fuerzas para poder llegar hasta donde estoy y por el inmenso sacrificio que hicieron por educarme.

A mis **Abuelitos** Roberto Melara y Estela Ordoñez, porque a ellos les debo parte de mi vida. A mis **Tíos** Roberto, Hugo, Javier, Karla, Enrique todos de apellido Melara Ordoñez por manifestar de muchas maneras su apoyo siempre en cada etapa de mi vida, han demostrado ser un ejemplo para mí.

A mis **Hermanos** María José, Dania Iveth y Jorge Gustavo dos de apellido Medina Melara por estar siempre conmigo, a mi sobrinita que pronto vendrá a este mundo y que desde ya la tomo en cuenta como parte de este logro en mi vida.

## AGRADECIMIENTO

A **Dios** por darme vida, fuerza y la sabiduría para superarme cada día y por permitirme llegar hasta el final de mi carrera.

A **mis padres** Dania Melara y Jorge Medina por ser mi ejemplo, por el sacrificio inmenso que han hecho para sacarme adelante para y poder educarme, ese es el mejor regalo que ha podido darme para enfrentar la vida.

A **la Universidad Nacional de Agricultura** por permitirme ser parte de su gran familia y de su historia, por haberme formado y preparado para enfrentar los retos que se pondrán frente a mí a lo largo de mi vida.

A **mis asesores** M.Sc. Héctor Gomez, Lic. Zoila flores y Lic. Mario Gonzales por darme la oportunidad de formar parte de mi trabajo brindándome su apoyo.

Un agradecimiento. A mis compañeros de la clase 2013 en especial a **Ernesto Zelaya** por ser una pieza clave en mi vida y por estar conmigo en los buenos y malos momentos a todos ellos infinitas gracias por compartir conmigo vivencias que jamás se borrarán de mi mente.

## CONTENIDO

	Pag.
ACTA DE SUSTENTACION.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
CONTENIDO.....	iv, v
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. General.....	2
2.2. Específicos.....	2
III. REVISION DE LITERATURA.....	3
3.1. Caña de azúcar.....	3
3.1.1. Composición de la caña de azúcar.....	3
3.1.2. Productos derivados de la caña.....	4
3.1.3. El azúcar en la alimentación humana.....	5
3.2. La panela.....	6
3.2.1. Composición nutricional de la panela.....	6
3.2.2. Beneficios del consumo de panela.....	7
3.2.3. Usos de la panela.....	8
3.2.4. Factores que afectan la calidad del jugo para la producción panela.....	8
3.2.5. Características de los jugos para panela.....	9
3.2.6. Manejo tecnológico de los jugos para el proceso de panela.....	10
3.2.7. Reacciones de deterioro en el jugo.....	11
3.2.8. Proceso de panela granulada.....	12

3.2.9. Criterios de calidad de la panela .....	12
3.2.10. Factores de proceso que afectan la calidad de la panela .....	13
3.2.11. Manifestaciones de deterioro en la panela .....	14
3.3. Oferta demanda y consumo de panela a nivel mundial .....	15
3.3.1. Situación productiva de la industria panelera en Honduras .....	15
IV. MATERIALES Y METODOS .....	17
4.1. Ubicación de la investigación .....	17
4.2. Materiales.....	17
4.3. Equipo .....	17
4.4. Metodología .....	17
4.5. ETAPA I: Caracterización físico y química de los jugos .....	18
4.6. ETAPA II. Evaluación de la panela granulada .....	20
V. RESULTADOS Y DISCUSION .....	23
5.1. ETAPA I. Análisis físicos y químicos del jugo de caña de azúcar para panela granulada.....	23
5.2. Etapa II. Evaluación sensorial de la panela .....	25
VI. CONCLUSIONES .....	24
VII. RECOMENDACIONES .....	30
VIII. BIBLIOGRAFIA .....	31
ANEXOS .....	37

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pag.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Composición química promedio de la caña de azúcar .....	4
<b>Cuadro 2.</b> Composición por cada 100 g de panela.....	7
<b>Cuadro 3.</b> Requisitos de calidad de la panela granulada .....	13
<b>Cuadro 4.</b> Resultados de la caracterización de jugo.....	23
<b>Cuadro 5.</b> Resultados de calidad y aceptabilidad general por temperatura de punteo. ....	26

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 1.</b> Descripción de las etapas de la investigación. ....	18
<b>Figura 2.</b> Estructura del diseño de bloques con estructura factorial.....	21
<b>Figura 3.</b> Resultados de calidad (color, sabor, textura) y aceptabilidad general. ....	27

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pag.</b>
<b>Anexo 1.</b> Hoja de evaluación de la textura.....	38
<b>Anexo 2.</b> Hoja de evaluación del color .....	39
<b>Anexo 3.</b> Hoja de evaluación del sabor.....	40
<b>Anexo 4.</b> Hoja de evaluación de aceptabilidad general.....	41
<b>Anexo 5.</b> Resultados de análisis de la caracterización del jugo etapa I .....	42
<b>Anexo 6.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de la evaluación de la panela etapa II.....	44

**Medina Melara D. 2013.** Factores de proceso que afectan la calidad sensorial de la panela granulada de caña de azúcar (*saccharum officinarum*). Tesis Lic. T. A, Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras. 46 pag

## RESUMEN

La panela granulada es un azúcar no refinada, elaborada a nivel artesanal bajo condiciones de proceso no estandarizadas, dando origen a productos de calidad variable. En este trabajo se estudiaron los factores temperatura y tiempo de punteo en el proceso de elaboración, desarrollando el trabajo en dos etapas. En la primera etapa se hizo la caracterización del jugo de las cuatro variedades de caña (Canal point, Cubana roja, Pindar y Cubana blanca), en base a pH, sólidos solubles (°Brix), humedad, rendimiento y acidez del jugo, analizando los datos mediante un diseño completamente aleatorizado. Para todos los parámetros hubo diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ), resultando la Pindar y la Canal Point con los mejores °Brix. En la segunda etapa se evaluó las temperaturas de punteo (123°C y 128 °C) y tiempo de batido (6 min y 10 min), en el proceso de panela, en las tres variedades de caña, evaluando sensorialmente aceptabilidad general y calidad (color, sabor, y textura) utilizando un diseño de bloques completamente aleatorizado con estructura factorial, resultando doce tratamientos, con tres repeticiones cada uno. No hubo efecto estadísticamente significativo ( $p > 0.05$ ), de la interacción temperatura de punteo y tiempo de batido; sin embargo al analizar los factores individualmente resultó diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ), solamente para la temperatura de punteo, obteniendo los mejores resultados a 123 °C, para todos los parámetros sensoriales evaluados.

**Palabras claves:** temperatura de punteo, tiempo de batido, evaluación sensorial

## **I. INTRODUCCION**

En Honduras el cultivo de caña de azúcar ha sido durante años uno de los rubros de mayor importancia económica del país. El sector azucarero de Honduras está conformado por siete ingenios, que cuentan con aproximadamente 45,500 hectáreas de caña de azúcar, dedicándose principalmente a la elaboración de azúcar refinada. Sin embargo debido a las tendencias de una alimentación saludable, los consumidores prefieren edulcorantes que aporten beneficios a la salud y dentro de ellos está la panela (FAO 2006, Martin 2012, Linden y Hovius 2010).

La panela granulada es un alimento nutritivo elaborado a partir de la evaporación y concentración de jugos de caña y debe cumplir con ciertos parámetros de calidad como uniformidad y consistencia del grano, color café rojizo a dorado y la textura. Sus propiedades organolépticas están determinadas por factores agroecológicos y las condiciones de proceso, como la temperatura de punteo y el tiempo de batido; no considerarlas puede dar origen a variación de la calidad en el producto final (FAO 2006, Mujica y Guerra 2008).

El propósito de esta investigación fue evaluar los factores de proceso a nivel artesanal más importantes que afectan la calidad sensorial de la panela granulada, (temperatura de punteo y tiempo de batido de la panela), evaluando las características sensoriales aceptabilidad general y calidad (color, sabor y textura).

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. General**

- ✓ Evaluar los factores de proceso que afectan la calidad sensorial en panela granulada de caña de azúcar.

### **2.2. Específicos**

- ✓ Caracterizar el jugo de caña de azúcar mediante análisis físicos y químicos.
- ✓ Determinar la temperatura de punteo y tiempo de batido óptimo en el proceso artesanal de panela granulada.

### **III. REVISION DE LITERATURA**

#### **3.1. Caña de azúcar**

En el mundo, la caña de azúcar es uno de los cultivos comerciales más importantes para la fabricación de varios tipos de edulcorantes. En Centro América, Honduras es el mayor cultivador de caña, se siembra en los departamentos de Cortes, Yoro, Atlántida y Santa Barbara, en el norte del país; Choluteca, Francisco Morazán, Olancho, Valle en el centro sur (Cerrato 2007).

Honduras ocupa el cuarto lugar a nivel centroamericano con una producción de 11 millones de quintales de azúcar que representan más de 500 toneladas métricas. A nivel nacional se consumen unos siete millones de quintales que representan unas 36 toneladas métricas (Azucar de Honduras 2013).

La caña de azúcar es una gramínea del género *Saccharum*, cultivada en zonas tropicales y subtropicales, su reproducción es agámica y raíces muy ramificadas. Su forma es recta con tallos cilíndricos de 2 a 5 metros de altura, diámetro variable de 2 a 4 cm y nudos pronunciados sobre los cuales se insertan alternadamente las hojas delgadas. Las hojas son el órgano especializado para que se realice el proceso de fotosíntesis (Cerrato 2007, Mosquera y Carrera 2007).

##### **3.1.1. Composición de la caña de azúcar**

La caña de azúcar, está compuesta principalmente por agua, una parte sólida rica en fibra (celulosa) y una gran parte de sólidos solubles entre los que sobresalen sacarosa, glucosa y fructosa. En el jugo también están presentes otros componentes como minerales, proteínas y grasas, que pueden estar en forma libre o combinada y su composición determina las características nutritivas en el jugo en el cuadro 1 composición del jugo (Mosquera y Carrera 2007 del jugo (Mosquera y Carrera 2007).

**Cuadro 1.** Composición química promedio de la caña de azúcar

<b>Componentes</b>	<b>Contenido (%)</b>
Agua	74.5
Cenizas	0.5
Fibra	10
Azucares	
Sacarosa	12
Glucosa	0.9
Ceras y grasas	0.2
Sustancias nitrogenadas	0.4
Pectina	0.2
Acidos libres	0.8

Fuente: (Mosquera Y Carrera 2007).

### **3.1.2. Productos derivados de la caña**

La caña de azúcar es un cultivo excepcional en cuanto al desarrollo industrial y el agro, se caracteriza por su gran diversidad de usos y productos derivados. Entre los productos obtenidos de la caña de azúcar está el alcohol que surge de la fermentación que proviene directamente del jugo extraído de la caña de azúcar, el contenido de azucares en el jugo favorece a la fermentación.

Otro producto derivado de la caña de azúcar es la melaza que puede utilizarse en sus diferentes partes o procesos de la caña, puede servirse como melaza, el bagazo y las hojas

que caen son utilizados para el forraje (alimento para ganado), también el bagazo de caña es un residuo utilizado para la producción de biocombustible. Además la caña de azúcar es la Principal materia prima para la fabricación de azúcar conocido normalmente en forma de cristales solidificados (Bolívar *et al.* (2005).

Según Ledesma (2013) expresa que los tipos de azúcares son:

a).. Azúcar Blanco: Se denomina así ya que pasa por diversos procesos de refinamiento y centrifugado, el porcentaje de sacarosa en el azúcar refinada es entre 99.8% y 99.9%

b). Azúcar Rubio: Es el azúcar negro con menos impurezas, sin que alcance la calidad de refinamiento del azúcar blanco, tiene entre 95-98% de sacarosa.

c). Azúcar negro: También llamado azúcar moreno o crudo, es un azúcar no refinado. Contiene impurezas naturales de la caña de azúcar. Utilizada en procesos más industrializados de producción de alimentos contiene como mínimo un 85% de sacarosa.

d). Panela: Este tipo de azúcar no sufre ningún refinado ni centrifugado ni nada que acabe con sus propiedades. Se obtiene al evaporar los jugos de la caña de azúcar, contiene 83 % de sacarosa.

### **3.1.3. El azúcar en la alimentación humana**

Es vital incluir azúcar en la dieta humana, nuestro cuerpo no solo depende del apoyo de grasas y proteínas, también es necesario incluir carbohidratos ya que son poderosas fuentes de energía, además es un gran soporte para nuestro sistema nervioso Sin embargo es importante determinar la proporción de azúcar adecuada, organismos como la FAO (organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación) y la OMS

(organización mundial de la salud) recomiendan que la ingesta de azúcar debe representar entre 10 al 15 % de la ingesta total de energía, es decir 25g de azúcar refinados en 1000 kcal, equivalente a 2 cucharadas al día (Blanco 2002, Botanical 2013).

El consumo excesivo de azúcares refinados en la dieta diaria implica problemas serios que a consecuencia de una mala administración en la alimentación conduce al padecimiento de muchas enfermedades crónicas degenerativas como obesidad, diabetes mellitus, enfermedades dentales, enfermedades cardíacas y envejecimiento prematuro. Ante esta situación, muchas veces se hace necesario tener que eliminar el azúcar refinado de nuestra dieta, lo que implica buscar otras alternativas menos dañinas dentro de las opciones naturales está la stevia, miel de abeja y la panela un azúcar muy saludable (Blanco 2002, Bruno 2012).

### **3.2. La panela**

La panela granulada es una nueva presentación con un gran potencial de tener ventajas frente a la panela en bloque, por su fácil dosificación, mayor estabilidad en el almacenamiento y mayor solubilidad. Este producto básicamente se elabora por concentración del jugo de caña en un proceso artesanal, se caracteriza por ser un producto integral, contiene todos los componentes de la caña permitiendo obtener un azúcar pura, nutritiva y a su vez natural, no se le agregan sustancias artificiales para darle color, sabor y textura. En Honduras es conocida con los nombres de rapadura y panela granulada (Lara 2010, Mujica 2007, Mosquera y Carrera 2007).

#### **3.2.1. Composición nutricional de la panela**

La panela reúne los elementos esenciales para el organismo en cantidades adecuadas, suministra la energía y está libre de sustancias nocivas para el consumidor. En el valor

nutricional de la panela tienen incidencia numerosos factores que van desde la variedad de caña utilizada, el tipo de suelo, las características climáticas, hasta la edad y las condiciones del proceso de producción. Entre los grupos de nutrientes esenciales de la panela deben mencionarse el agua, los carbohidratos, las proteínas, las vitaminas y minerales, las cuales son mayores que las del azúcar refinado, en el cuadro 2 se representan la composición nutricional por cada 100 miligramos de panela (Guerra y Mujica 2008).

**Cuadro 2.** Composición por cada 100 g de panela

<b>Carbohidratos</b>	<b>Miligramos</b>	<b>Vitaminas</b>	<b>Miligramos</b>
Sacarosa	72 a 78	Pro vitaminas	2.00
Fructosa	1.5 a 7	Vitamina A	3.80
Glucosa	1.5 a 7	Vitamina B1	0.01
<b>Minerales</b>		Vitamin B2	0.06
Calcio	40 a 100	Vitamina B5	0.01
Magnesio	70 a 90	Vitamina B6	0.01
Fosforo	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	VitaminaPP	7.00
Zinc	0.2 a 0.4	Proteinas	280 mg
Fluor	5.3 a 6.0	Agua	1.5 a 7 g
Cobre	0.1a 0.9	Calorias	312

Fuente: (Rangel 2006).

### 3.2.2. Beneficios del consumo de panela

El consumo habitual de panela contribuye de manera beneficiosa a la salud. Por cada 100 gramos de azúcar de panela que se consume, aporta aproximadamente 330 calorías, 2,8 gramos de sales minerales, 79 miligramos de calcio, 81 miligramos de magnesio, 68 miligramos de fósforo y 12 miligramos de hierro; fortaleciendo; al sistema nervioso, la

salud celular, la sangre y reduciendo el riesgo de anemia, así como brindando estímulo y energía a todo el organismo (Bruno 2012).

Se ha demostrado que la panela tiene propiedades medicinales, por ejemplo, la prevención de las lesiones pulmonares inducidas por el humo, debido a sus propiedades antitoxigénicas y para la reducción del efecto clastogénico causada por arsénico. Además, tiene una actividad antioxidante, anticancerígena y antiaterosclerótica debido a la presencia de compuestos fenólicos en el jugo de la caña y por ende en la panela (Guerra y Mujica 2008, Asikin *et al.* 2013).

### **3.2.3. Usos de la panela**

La panela por su alta proporción de sacarosa y fácil dosificación, puede emplearse en procesos industriales como elaboración de chocolate, elaboración de bebidas alcohólicas, cubitos aromatizados, y se destina para fines terapéuticos (Mujica 2007).

Debido a las propiedades edulcorantes y nutritivas que posee puede ser usada ya sea como azúcar de mesa, aperitivo o como materia prima para la producción de confitería, bebidas, mermeladas, salsas y productos de panadería (Asikin *et al.* 2013).

### **3.2.4. Factores que afectan la calidad del jugo para la producción panela**

Los problemas que se presentan para la producción de panela comienzan desde el corte y seguidamente de su apronte; el corte se debe realizar cuando la caña alcanza el sazonado adecuado. Los cultivos identificados con el sazonado para su cosecha son aquellos que han alcanzado la madurez, como mínimo 22 °Brix. Las cañas inmaduras y sobre maduras dan

rendimientos menores e influyen negativamente en la calidad de la panela, los azúcares son escasos y la pureza de los jugos es baja ya que existen abundantes gomas (Corpoica 1999).

La caña de azúcar para la producción de panela no se deberá almacenar por más de tres días, al sobrepasar el tiempo se presenta incremento en el contenido de azúcares reductores, lo más favorable es moler la caña dentro de las 24 horas después del corte, pues se obtienen jugos de alta pureza, mieles de cristalización rápida, mayor contenido de cristales y mejor producto (Corpoica 1999).

Previo a la molienda la caña de azúcar que esta almacenada debe estar libre de hojas, cogollos y materiales indeseables en el jugo. Los cogollos contienen azúcares reductores y estos contribuyen a desmejorar la dureza y textura de la panela (Quizanga 2009).

El fenómeno de inversión de azúcares se inicia en la misma planta de caña pero se acelera después del corte por efectos de la temperatura y pH. La sacarosa es estable en medios alcalinos, mientras que los azúcares reductores son en medio ácido (Corpoica 2001).

### **3.2.5. Características de los jugos para panela**

Para la fabricación de panela se requiere de un jugo obtenido de caña de azúcar madura, (22 24 °Brix) en cañas para uso panelero, deben contener prioritariamente un contenido de sacarosa de 15% en jugos (Quezada 2007, Corpoica 2008).

Cuando el cultivo llega a su madurez presenta características que se manifiesta a simple vista. Los entrenudos son de colores oscuros al principio y durante su desarrollo van apareciendo otra tonalidad de colores más claros el color verde pasa a amarillo y el rojo pasa a ser anaranjado. Las hojas jóvenes se secan quedando en el cogollo unas pocas hojas de color verde claro (Quezada 2007).

También se debe tener en cuenta el contenido de fósforo en los jugos una cantidad superior a 250mg/litros de jugo ayuda a eliminar compuestos fenólicos que producen coloración oscura en el jugo. El tomar en cuenta una buena limpieza y clarificación de los jugos contribuye a obtener calidad en el producto final (Corpoica 1999).

### **3.2.6. Manejo tecnológico de los jugos para el proceso de panela**

En el proceso de panela es necesaria la aplicación de algunas técnicas en el jugo para obtener panela de calidad Según (FAO 2006, Corpoica 2007).

a). Prelimpieza de los jugos: Consiste en separar residuos de la caña bagacillo y tierra (sólidos insolubles).

b). Ajuste de la acidez: la acidez del jugo se ajusta con (CaO) una concentración del 20% con el objetivo de alcalinizar a pH de 5,8 a 6,0 generalmente se hace en la fase de concentración de los jugos, contribuyen a una mejor limpieza y a la formación o finura del grano. Por otra parte el sobre encalado de los jugos a pH superior de 6,0 origina un marcado oscurecimiento de la panela. También es de vital importancia tener en cuenta el tipo de cal utilizada ya que si no es de grado alimenticio proporcionará la panela impurezas y hasta compuestos tóxicos para la salud (Corpoica 2001).

c). Clarificación: Esta etapa tiene como objetivo eliminar las impurezas solubles como gomas, mucílagos y sustancias colorantes. Esto se logra utilizando el fosfato de sodio (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) en una proporción de 140 gr por cada 100 litros de jugo se adiciona a temperatura de 35 °C, los sólidos insolubles se aglomeran facilitando su retiro. También es posible con el uso de resinas naturales, de las especies *Triumfetta semitriloba* y *Guazuma ulmifolia* (Corpoica 2001).

Con el objetivo de evitar el desdoblamiento de la sacarosa en azúcares reductores (glucosa y fructosa) es necesario en el procesamiento de panela controlar el pH de los jugos. Los azúcares reductores no deben pasar de 8 a 10% en panela y para el jugo debe estar en el orden de 0.5% (Corpoica 2001).

### **3.2.7. Reacciones de deterioro en el jugo**

Uno de los cambios más importantes en el jugo de la caña de azúcar es el oscurecimiento que se produce inmediatamente después de la extracción, que se relaciona con la formación de melanoidinas de la reacción de maillard entre los azúcares reductores, proteínas y aminoácidos presentes en la caña de azúcar (Solís et al. 2010).

Existen algunos compuestos de la caña que pueden desarrollar colores, surgen de combinaciones de otras sustancias como los polifenoles y amino-compuestos. Los polifenoles reaccionan con el hierro para dar colores oscuros y los amino-compuestos reaccionan con los azúcares reductores presentes, formando compuestos coloreados (Corpoica 2001).

Por otra parte, la composición de azúcares reductores en el jugo de caña es de 4-8% (glucosa y fructosa) sin embargo, durante el proceso de elaboración de la panela, el contenido de azúcares reductores puede aumentar debido a la hidrólisis ácida que tiene la sacarosa. Una vez cosechada la caña comienza a perder sacarosa por desdoblamiento a azúcares reductores, lo cual se incrementa con temperaturas ambientales altas entre 26-30°C produciendo fermentación de la sacarosa afectando la calidad de los jugos para la producción de panela (Prada 2002).

Además en los jugos de caña es posible encontrar una amplia diversidad microbiana siendo las bacterias ácido lácticas, dentro de este grupo los géneros más comunes son *Leuconostoc*, *Lactobacillus* y *Peiococcus* estos microorganismos favorecen a las reacciones de

fermentación y a la modificación de las características físicas y químicas del jugo de caña , hacen de este un excelente sustrato para su desarrollo, degradando la sacarosa e incorporan al mismo tiempo metabolitos como el ácido láctico, acético , etanol y manitol. Generalmente estos microorganismos se encuentran en las superficies de las tinas del proceso o por el contrario inmersas en el jugo después de la molienda (Cuervo *et al.*2010).

### **3.2.8. Proceso de panela granulada**

Existen varios métodos para elaborar panela granulada uno de ellos es el método de batido que consiste en llevar la concentración de los jugos al punto de panela a temperaturas entre 123°C a 124°C, batiendo vigorosamente dando lugar a la producción de panela granulada. El segundo método, es el de “semillamiento”, en este método se adiciona cristales de sacarosa a la miel en ebullición para inducir la formación del grano y posteriormente hacerlo crecer mediante calentamiento controlado (FAO 2006).

### **3.2.9. Criterios de calidad de la panela**

Son muy pocos los países que poseen una norma que regule la actividad de los centrales paneleros y la calidad del producto, lo cual es necesario basado en las debilidades principalmente en la alta variabilidad de las propiedades físicas, químicas y sensoriales de la panela (Mujica 2007).

Según la normativa colombiana para que la panela granulada sea de calidad y tenga mejor aceptación a nivel de consumidores depende en gran medida de sus atributos sensoriales (color sabor y apariencia) que son traducidos o medidos mediante los parámetros de calidad determinados analíticamente, tales como color, humedad, azúcares reductores, sacarosa, cenizas, pH y sólidos solubles, además debe estar libre de impurezas y materias extrañas en el cuadro 3 se muestran los requisitos de calidad que debe cumplir la panela (Betancourt 2006, Mujica 2007).

**Cuadro 3.** Requisitos de calidad de la panela granulada

<b>Requisitos</b>	<b>Minimo (%)</b>	<b>Maximo (%)</b>
Azucares reductores, expresado en glucosa	5.74	-
Azucares reductores, expresado en sacarosa	-	90
Proteínas	0.2	-
Cenizas	1.0	-
Humedad	-	5.0
Plomo expresado con Plomo en mg/kg	-	0.2
Arsénico expresado como Arsenico en mg/kg	-	0.1
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Negativo	
Colorantes	Negativo	

Fuente: (Betancourt 2006).

En el proceso de panela solo deben utilizarse aditivos que cumplen con funciones tecnológicas en el jugo como ser regulador de pH (bicarbonato de sodio, ácido fosfórico, carbonato de calcio, ácido cítrico) antiespumantes (grasas y aceites vegetales) clarificantes (poliacrilamidas, floculantes vegetales) con el objetivo prevenir que la panela experimente cambios que comprometan sus propiedades organolépticas y que estas no sean modificados utilizando aditivos que no sean de grado alimenticio y que proporcione impurezas al producto y daños a la salud para quienes lo consuman (Betancourt 2006).

### **3.2.10. Factores de proceso que afectan la calidad de la panela**

Entre los factores que afectan la calidad de la panela granulada se pueden clasificar en agroecológicos y de proceso. Entre los primeros están la variedad de caña, tipo de suelo, condiciones climáticas y manejo del cultivo. La variedad a utilizar en el proceso de panela es uno de los factores más influyentes ya que las variedades con mejoramiento genético permite aumentar la producción en sacarosa, ofrecen mejor rendimiento y alta producción, características complementarias resistencia a plagas y enfermedades (Mujica y guerra 2008).

Entre los factores más importantes asociados al proceso están el pH y el método de alcalinizado (agregado de cal para la corrección de acidez) y la temperatura de punteo, este último factor puede ser utilizado como un indicador del punto en el cual se debe detener el calentamiento e iniciar la etapa de batido (Guerra y Mujica 2008).

Otro factor relevante y dominante es la disminución de azúcar recuperable durante el almacenamiento de la caña debido al largo tiempo que transcurren entre cosecha y molienda. Dando origen al cambio físico en la caña cosechada ocasionando pérdidas en peso debido al cambio químico en pérdida de sacarosa por inversión (Mujica y guerra 2008).

La temperatura de punteo es un factor importante que se debe controlar en el procesamiento de la panela, en la fase de evaporación y concentración se puede desarrollar color indeseables debido a la caramelización, a temperaturas altas surge un efecto variable sobre los hidratos de carbono, proceso que ocurre cuando los azúcares se calientan por encima de su punto de fusión dando lugar a la formación de derivados furanoicos que por polimerización forman pigmentos macromoleculares oscuros (Martin 2012).

### **3.2.11. Manifestaciones de deterioro en la panela**

La panela es un alimento que por su composición y su relación con el medio ambiente esta propensa a la degradación, cuando hay concentraciones altas de azúcares reductores, bajo contenido en sacarosa y un alto contenido de humedad tiene características blandas, efecto que surge de la exposición prolongada al medio ambiente a temperaturas no adecuadas para su almacenamiento. La temperaturas del ambiente influye en las características organolépticas de la panela provocando una contaminación rápida debido a la degradación enzimática o microbiológica, ocurriendo está a temperaturas de 28 y 37°C para desarrollo de bacterias y entre 25 a 30°C para el desarrollo de mohos (Corpoica 2007).

### **3.3. Oferta demanda y consumo de panela a nivel mundial**

Mundialmente, cerca de treinta países producen panela siendo la india el primer productor, seguido por Colombia con un volumen que representa más del 9% de la producción mundial registrada por la FAO en 1999, en consumo de panela Colombia ocupa el primer lugar a nivel mundial, con 25,5 kg de panela por habitante por año (Mosquera y Carrera 2007).

Actualmente no existen estadísticas de producción y consumo de dulce de panela en Honduras, por ser un producto de fabricación artesanal. Sin embargo, estadísticas de COMTRADE (División de Estadísticas de las Naciones Unidas) reflejan que Honduras exportó un total de 39,828.2 toneladas en el 2007 de azúcar de caña en bruto sin adición de aromatizantes ni saborizantes entre los cuales se incluye el dulce de panela. Los principales destinos de las exportaciones hondureñas ese mismo año fueron: Estados Unidos de América con 18,624.4 toneladas, Portugal 17,500 toneladas y Trinidad y Tobago con 3,697 toneladas (UE 2012).

En Honduras existe un pequeño sector dedicado a la producción y transformación de la caña de azúcar en panela granulada, la red de comercialización alternativa inicio sus operaciones de proceso en el año 2009 experimentando un incremento de ventas de panela granulada paulatino y sostenido, habiéndose vendido 1,036 q de panela granulada, en el año 2010 la Red COMAL incursionó en el mercado regional centroamericano, exportando volúmenes importantes de panela granulada al mercado salvadoreño (Ortiz y Lindenhovius 2010).

#### **3.3.1. Situación productiva de la industria panelera en Honduras**

En Honduras la producción de dulce de panela continua siendo artesanal, ya que ha sido tradicionalmente un producto de consumo relacionado a la gastronomía típica, demandado especialmente en la época navideña y de verano. Las prácticas agrícolas y de proceso de

este rubro son en su mayoría poco tecnificadas y planificadas, como resultado en la mayoría de los casos se obtienen niveles de productividad y de calidad bajos (CIMS 2005, UE 2007).

Los valores económicos de las empresas se ven afectados por la variabilidad en la calidad de sus productos obteniendo baja aceptabilidad por los consumidores. Las plantas de proceso dedicadas a este rubro no disponen de conocimientos innovadores para la estandarización y optimización de sus procesos, generando que este producto sea poco agradable para el consumidor y teniendo baja competencia en el mercado.

Con el propósito de innovar y abrir mejores oportunidades en el mercado, con productos que cumplan con las características organolépticas de calidad, se realizó un estudio para determinar las mejores condiciones de proceso a nivel artesanal de la panela granulada, creando productos de calidad uniforme.

## **IV. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1. Ubicación de la investigación**

El estudio se llevó a cabo en la planta de proceso artesanal de la “Red Comal” (red de comercialización alternativa) ubicada, en aldea Las Lagunas de la Capa en el departamento de Yoro, a 750 metros sobre el nivel del mar. Además parte del estudio se realizó en la Universidad Nacional de Agricultura, localizada en el municipio de Catacamas en el Departamento de Olancho.

### **4.2. Materiales**

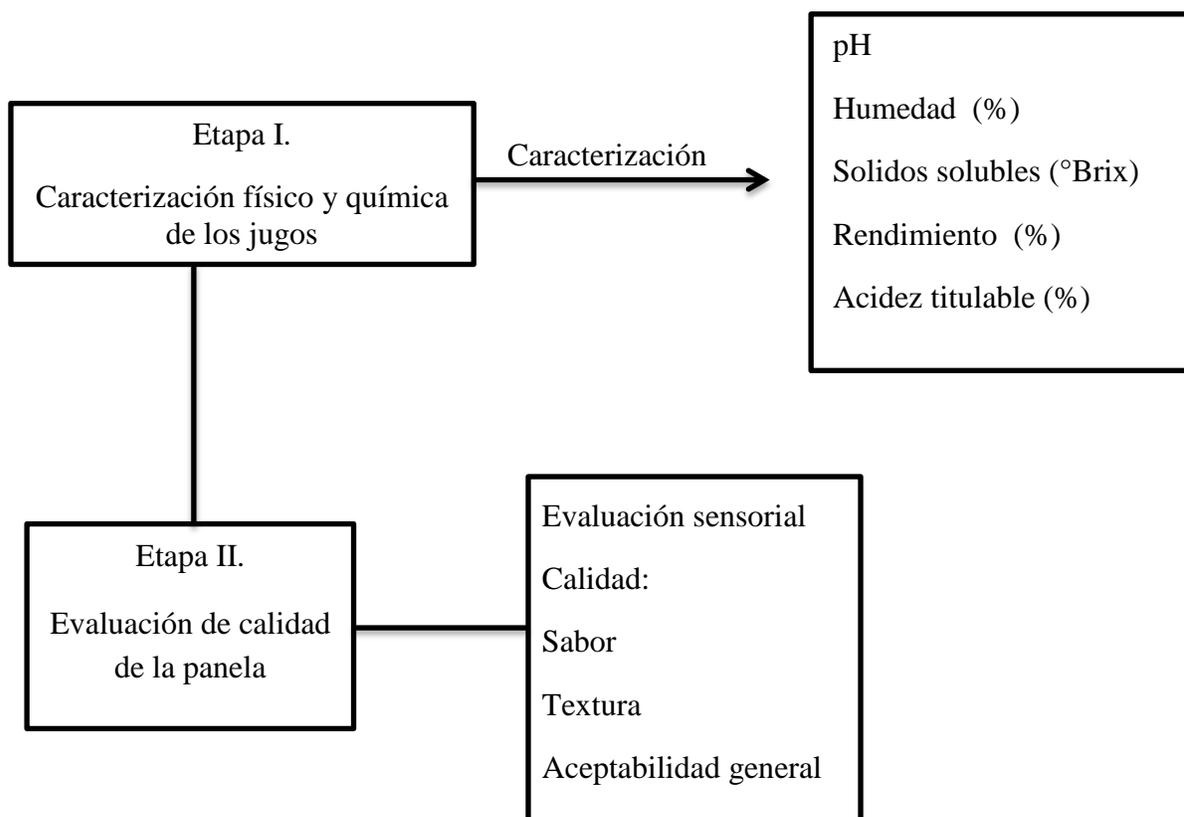
Caña de azúcar, NaOH 0.1 N, fenolftaleína al 1%, cal (CaO), grasa vegetal, Agua destilada.

### **4.3. Equipo**

PHmetro electrónico manual marca boeco , refractómetro marca boeco, termómetro laser marca cason, cronometro manual marca slider, goteros, bureta, probeta, horno eléctrico de laboratorio, balanza electrónica marca casio, beaker, calculadora, libreta, lápiz, nevera, envases, bolsas plásticas, cinta adhesiva y marcadores permanentes.

### **4.4. Metodología**

La investigación se realizó en dos etapas figura 1.



**Figura 1.** Descripción de las etapas de la investigación.

#### **4.5. ETAPA I: Caracterización físico y química de los jugos**

El jugo se caracterizó de acuerdo a los siguientes parámetros

- ✓ **pH** (método electrométrico): utilizando un pHmetro manual, Se depositó 10 ml de muestra a temperatura ambiental de 23 °C en un beaker y se introdujo el vulvo en la muestra, luego se procedió a tomar lectura de pH.
  
- ✓ **Ácido aconítico (%)** (método acidez titulable): se depositaron 10 ml de muestra en un beaker, luego se agregaron 3 gotas del indicador fenolftaleína, y se procedió a la

titulación con NaOH 0.1N, hasta la aparición de un color amarillo y luego se tomó lectura del volumen de NaOH gastado.

- ✓ **Sólidos solubles (°Brix)** (Método de refracción): En un refractómetro se colocaron 3 gotas de la muestra utilizando un gotero, seguidamente se procedió a tomar lectura.
- ✓ **Determinación de Humedad (%)**: Se pesó la muestra para conocer su peso inicial y del recipiente donde estaba contenida, se colocó en el horno a temperatura de 105°C-115°C, se tenía el control del peso cada hora y cuando tuvo un peso constante se procedió a calcular el porcentaje de humedad utilizando la (ecuación 1).

$$\frac{M-m}{M} \times 100 = \% \text{ de humedad (ecuación 1)}$$

Dónde:

M: masa inicial en gr. de la muestra

m : masa final en gr. de la muestra

- ✓ **Rendimiento**: Para determinar el rendimiento se procedió a calcular el peso en pie de caña que ingresaba al proceso luego se molió la caña y en la sala de producción, se pesó el jugo tomando como referencia de medida el volumen de una cubeta (40 lb) una vez conocido el peso final del jugo se calculó el rendimiento expresado en porcentaje utilizando la (ecuación 2).

$$\frac{\text{peso del jugo}}{\text{peso de la caña}} \times 100 = \% \text{ de extracción (ecuación 2)}$$

### **Análisis estadístico**

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado para determinar si las variedades de caña tienen efecto sobre las variables pH, humedad, sólidos solubles, acidez, rendimiento; con un total de 3 repeticiones por cada parámetro. Se realizaron pruebas de comparación múltiple de Tukey. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico Statgraphics centurión.

### **Modelo matemático de diseño completo al azar**

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Variable respuesta observada

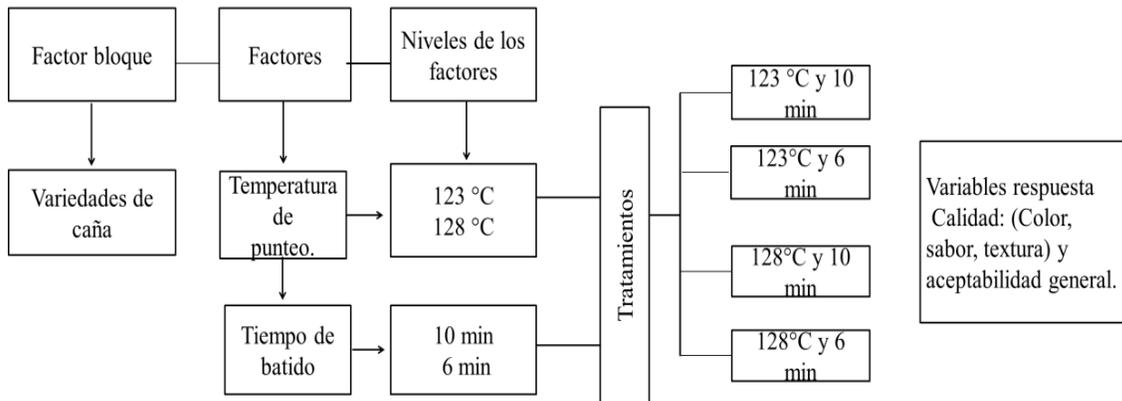
$\mu$  = Media de las observaciones

$T_i$  = Efecto de las variedades de caña de azúcar

$E_{ij}$  = Error experimental

### **4.6. ETAPA II. Evaluación de la panela granulada**

Se utilizó un diseño de bloque completamente aleatorizado con estructura factorial como se ilustra en la figura 2



**Figura 2.** Estructura del diseño de bloques con estructura factorial

Mediante la aplicación de la combinación de los factores temperatura de punteo y tiempo de batido con sus respectivos niveles se obtuvieron cuatro combinaciones (123°C a 10 min, 123°C a 6 min, 128°C a 10 min, 128°C a 6 min) que se aplicaron a las variedades de caña (pindar, canal point, cubana roja) obteniendo 12 tratamientos.

### Modelo matemático de diseño bloques con estructura factorial

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + A_iB_j + A_iC_k + A_iB_jC_k + E_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = variable respuesta

$\mu$  = la media de todas las observaciones

$A_i$  = efecto de las variable caña

$B_j$  = efecto de la temperatura de punteo

$C_k$  = efecto tiempo de batido

$A_iB_j$  = efecto de la interacción variable caña con temperatura de punteo

$A_iC_k$  = efecto variable de la interacción variable caña con tiempo de batido

$B_{jCk}$  = efecto interacción temperatura de punteo y tiempo de batido

$A_iB_jC_k$  = efecto de la interacción Variable caña con temperatura de punteo y tiempo de batido

$E_{ijkl}$  = error experimental

### **Evaluación sensorial.**

Para el entrenamiento de jueces se brindó un seminario donde se habló de la importancia de la disciplina de evaluación sensorial y de su participación como catadores, al final de la capacitación se realizó simulacro de como evaluar sensorialmente muestras de panela granulada.

Se realizó la evaluación sensorial a cada muestra de panela, con un panel compuesto por 8 jueces semientrenados para determinar la aceptabilidad general y calidad (textura, sabor, color) de la panela usando una escala lineal no estructurada.

### **Aplicación de las pruebas.**

Se le entregó a cada juez 12 muestras de 20 gramos de panela previamente codificadas ordenadas aleatoriamente, un vaso con agua, un recipiente para desecho, lápiz y las pautas de evaluación sensorial.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), para conocer si los factores temperatura de punteo y tiempo de batido de la panela granulada, tiene efecto estadísticamente significativo sobre las variables aceptabilidad general y calidad (color, sabor, textura) con un total de tres repeticiones. Los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico Statgraphics centurión.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. ETAPA I. Análisis físicos y químicos del jugo de caña de azúcar para panela granulada

En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos de los análisis físicos y químicos en el jugo.

**Cuadro 4.** Resultados de la caracterización de jugo.

Parámetro	Variedades			
	Canal point	Cubana roroja	Cubana blanca	Pindar
Solidos solubles (°Brix)	24.43±0.40 <sup>a</sup>	22.16±0.29 <sup>b</sup>	19.16±0.29 <sup>c</sup>	24.66±0.29 <sup>a</sup>
Acidez (%)	0.03 ±0.01 <sup>c</sup>	0.04±0.01 <sup>c</sup>	0.09±1.70 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>b</sup>
Ph	5.36±0.06 <sup>b</sup>	5.46±0.06 <sup>ab</sup>	5.56±0.06 <sup>a</sup>	5.46±0.06 <sup>ab</sup>
Humedad (%)	82.66±0.58 <sup>c</sup>	92.0±2.00 <sup>b</sup>	96.66±1.15 <sup>a</sup>	81.33±1.07 <sup>c</sup>
Rendimiento (%)	57.50±0.26 <sup>a</sup>	53.2±0.82 <sup>b</sup>	52.66±0.58 <sup>b</sup>	51.66±1.07 <sup>b</sup>

Letras iguales en la misma fila significa que no existen diferencia estadísticamente significativa ( $P>0.05$ ) según la prueba de Tukey. Medias de  $n=3 \pm$  D.E

#### Cantidad de Solidos solubles (°Brix)

Los resultados obtenidos para los sólidos solubles revelan que existe diferencia estadísticamente significativa entre variedades ( $p<0.05$ ), según la prueba de Tukey, la variedad canal point (24.43) y la variedad pindar (24.66) con la media más alta son estadísticamente iguales. La cubana roja presentó los valores más bajos (22.16), seguido por la cubana blanca (19.16).

### **Acidez (% de ácido aconítico)**

Los resultados obtenidos para la acidez indican que existe diferencia estadísticamente significativa entre variedades ( $p < 0.05$ ), según la prueba de Tukey; La variedad canal point (0.03) y cubana roja (0.04) son estadísticamente iguales y tienen los valores más bajos, la variedad cubana blanca (0.09) obtuvo los valores más altos seguido por la pindar (0.07).

Se encontraron valores de concentración de ácido aconítico en jugo con un rango de 0.03-0.09%. Estos valores son similares a los reportados por Zossi (2010) donde ácidos orgánicos constituyeron una parte variable pero significativa en caña de azúcar comprendida en un rango de 0.03% - 0.08%.

### **pH**

Los resultados obtenidos de pH muestran que existe diferencia estadísticamente significativa entre variedades ( $p < 0.05$ ), según la prueba de Tukey, la variedad canal point con el pH más bajo (5.36) es estadísticamente igual a las variedades cubana roja y la pindar y presenta diferencia con la variedad cubana blanca que presentó el pH más alto (5.56).

Se obtuvieron valores de pH que están en un rango de 5.3-5.5 los cuales son similares al reportado por Prada (2002) donde encontró pH con un valor de 5.2.

### **Humedad (%)**

Los resultados obtenidos para humedad muestran que existe diferencia estadísticamente significativa entre variedades ( $p < 0.05$ ), según la prueba de Tukey, la variedad pindar (81.33) y canal point (82.66) son estadísticamente iguales representando los valores más bajos y son estadísticamente diferentes a la cubana blanca (96.66) representando los valores más altos seguida por la cubana roja (92.0).

Los valores de humedad obtenidos en las variedades de caña están en un rango de 81- 96 % estos valores son poco parecidos a los reportados por Botanical (2013) obteniendo valores de humedad en jugo con rango 73- 76%.

Durante el período de crecimiento activo la lluvia estimula el rápido crecimiento de la caña. Sin embargo, la ocurrencia de lluvias intensas durante el período de maduración no es recomendable, debido al incremento de la humedad en el tejido (Prada 2006).

### **Rendimiento (%)**

Los resultados obtenidos de rendimiento muestran que existe diferencia estadísticamente significativa entre variedades ( $p < 0.05$ ), según la prueba de Tukey, encontrando rendimientos más bajos en la variedad pindar (51.66), cubana roja (53.2) y cubana blanca (52.66), son estadísticamente diferentes a la variedad canal point representando los rendimientos más altos con (57.50 )

El rendimiento de jugo anda en un rango de 51.66%- 57.50% estos valores son similares a lo reportado por Quezada (2007), donde obtuvo extracciones entre el 50 al 55%.

Posiblemente los resultados obtenidos se deben a la eficiencia del molino que generalmente los molinos de tres masas favorecen al porcentaje de extracción (Quezada 2007).

Posiblemente la mayor influencia en los resultados obtenidos está las condiciones de manejo agronómico en las fincas, la fisiología propia de cada variedad, y las condiciones climáticas de la zona.

## **5.2. Etapa II. Evaluación sensorial de la panela**

La interacción (temperatura de punteo\*tiempo de batido) no mostró efecto estadísticamente significativo ( $p>0.05$ ) sobre todos los parámetros medidos (aceptabilidad general y calidad sensorial), sin embargo los factores analizados individualmente, solamente para la temperatura de punteo se encontró diferencia; esto indica que a cualquier tiempo de batido dentro este rango estudiado no se va presentar variación en la calidad de la panela (anexo 6).

En el cuadro 5 se muestran los resultados de la evaluación sensorial de calidad y aceptabilidad general en las dos temperaturas de punteo.

**Cuadro 5.** Resultados de calidad y aceptabilidad general por temperatura de punteo.

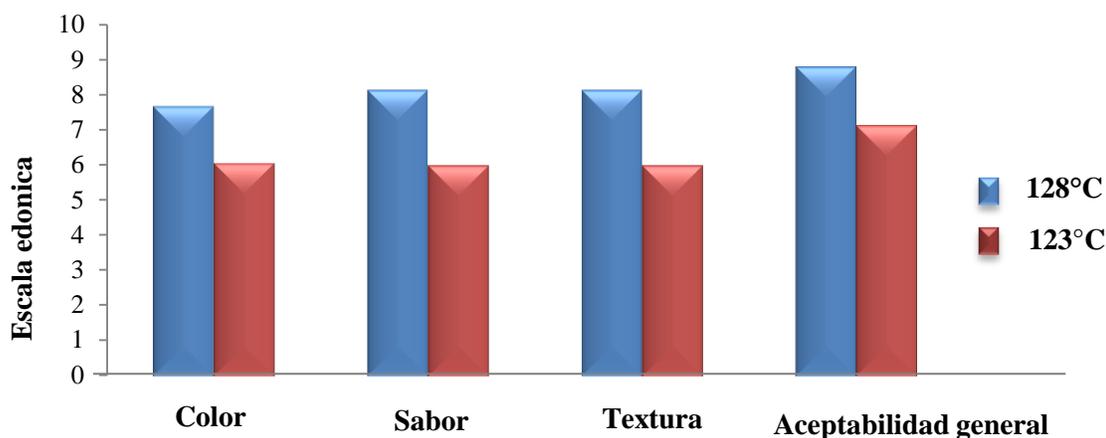
<b>Temperaturas</b>	<b>Color</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Aceptabilidad general</b>
123 °C	7.68a	8.15a	8.81a	8.81a
128°C	6.06b	5.99b	7.14b	7.14b

Letras iguales en la misma fila significa que son estadísticamente iguales ( $P>0.05$ ) según la prueba de comparación múltiple de tukey.

Los resultados obtenidos muestran que a temperatura de 123°C se obtuvieron los mejores resultados en todos los parámetros estudiados, siendo la temperatura 128°C la que obtuvo los valores menores y estadísticamente diferentes, por lo tanto la mejor temperatura usada en el proceso fue a 123 °C.

### **Calidad de la panela granulada (color sabor y textura) y aceptabilidad general**

En la figura 3 se muestran los resultados de calidad (sabor color y textura) y aceptabilidad general por temperatura de punteo.



**Figura 3.** Resultados de calidad (color, sabor, textura) y aceptabilidad general.

### Color

La temperatura mejor evaluada en la panela granulada fue la a 123°C estos resultados fueron similares a los obtenidos por Mujica y guerra (2007), donde la temperatura aplicada a panelas experimentales de 123 °C obtuvo panelas más claras y con menor intensidad en los tonos rojos.

Estos resultados posiblemente se deben a las reacciones de caramelización debido a que son las responsables de los cambios de color en los azúcares, ocasionado por la deshidratación a temperaturas altas, generando furanos y sus derivados insaturados que se polimerizan consigo mismos o con otras sustancias semejantes para formar los pigmentos de colores (Mujica y guerra 2007).

### Sabor

Posiblemente esto es atribuible que a medida que aumenta la temperatura sobre los azúcares, sucede liberación compuestos volátiles, produciendo el característico sabor acaramelado favoreciendo las reacciones de caramelización.

Cuando un azúcar es calentado y fundido no solamente aparece el color caramelo, sino que se forman otros compuestos que colaboran con el sabor, uno de los mayores riesgos sensoriales de la caramelización es la generación de sabores amargos esto se da por una deshidratación paulatina de los azúcares a medida que incrementa la temperatura (Duocuc 2010).

### **Textura**

Posiblemente estos resultados se deben a las reacciones de caramelización, obteniendo panela con texturas más caramelizadas a temperaturas mayores, sucede que a temperaturas altas ocurre una mayor deshidratación, además que se rompe la estructura del granulo.

### **Aceptabilidad**

Estos resultados coinciden con la evaluación de la calidad, siendo la temperatura 123°C en la cual se encontraron los mejores resultados. Estos resultados se deben posiblemente a que en términos generales a los panelistas les gustaron más las panelas claras, ya que este es el atributo sensorial más importante al momento de consumir este producto.

## VI. CONCLUSIONES

- ✓ Las variedades de caña de azúcar estudiadas se encuentran en rangos aceptables a excepción de la variedad cubana blanca que no cumple con la concentración de solido solubles.
- ✓ La aceptabilidad general y calidad sensorial (color, olor sabor y textura) es afectada solamente por la temperatura de punteo en el proceso de elaboración.
- ✓ La panela con mejores características sensoriales fue la que se obtuvo a temperatura de 123 °C

## **VII. RECOMENDACIONES**

- ✓ Monitorear la calidad de las variedades de caña a utilizar mediante variables determinantes en el proceso de la panela.
- ✓ Llevar registro de cada uno de los cultivos de las diferentes variedades de caña a usar en el proceso de panela.
- ✓ Utilizar cal (CaO), de grado alimenticio para la regulación del pH.
- ✓ Monitorear eficientemente la temperatura de punteo en el proceso.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

Azucar de Honduras. 2013. Agroindustria azucarera de honduras y desarrollo sostenible (en línea). Consultado el 12 de jun. 2013. Disponible en <http://www.azucar.hn/>.

Asikin, Y; Kamiya, A; Mizu, M; Takara, K; Tamaki, H; Wada, K. 2013. Changes in the physicochemical characteristics, including flavor components and maillard reaction products, of non-centrifugal cane brown sugar during storage. Food chemistry. 1-36.

Blanco, J. 2002. Consumir azúcar con moderación. Revista cubana de alimentación y nutrición. 16 (2): 6. Consultado el 23 de jul. 2013. Disponible en [http://bvs.sld.cu/revistas/ali/vol16\\_2\\_02/ali08102.htm#cargo](http://bvs.sld.cu/revistas/ali/vol16_2_02/ali08102.htm#cargo).

Betancourt, DP. 2006. Norma técnica colombiana para panela granulada. Bogota. COL. Consultado el 23 nov. 2013.

Bolívar Ruiz, M; Galetovic, A; Jana, A; Jiménez, S; Rojas. 2005. El libro blanco del azúcar. Santiago, CHL. RIL. 234p.

Botanical (propiedades del azúcar). 2013. Consultado el 25 de jul. 2013. Disponible en [http://botanical-online.com/azucar\\_beneficios.htm](http://botanical-online.com/azucar_beneficios.htm)

Bruno, M. 2012. La panela, un azúcar muy saludable (en línea). Consultado el 23 de jul. 2013. Disponible en <http://otramedicina.imujer.com/4381/la-panela-un-azucar-muy-saludable>.

Cerrato, MA. 2007. Cultivos industriales: Folleto de caña de azúcar. La ceiba, Hond. P.34. consultado el 30 de

jul. 2013. Disponible en <http://www.google.hn/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDQQFjAA&url=http%3A%2F%2Fmacunahcurla.files.wordpress.com%2F2010%2F04%2Fcana-de-azucar.>

CIMS (Centro de inteligencia sobre mercados sostenibles). 2007. Oferta de productos orgánicos y comercio equitativo en centro américa (en línea). 35p. Consultado el 27 de jul. 2013. Disponible en <http://www.cei.org.ni/images/file/Oferta%20de%20productos%20organicos%20&%20comercio%20equitativo%20en%20ca.pdf>.

Corpoica. 1999. Tecnología de la caña panelera (en línea). s.e. 20p. Consultado el 18 22 abr. 2013. Disponible en <http://books.google.com.gt/books> .

\_\_\_\_\_. 2001. Manejos de los jugos de la caña para elaboración de panela (en línea). Colombia. s.e. p. 47-56 consultado el 12 de abr. 2013. Disponible en <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/27432/27432.pdf>.

\_\_\_\_\_. 2007. Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera (en línea). Colombia. Produmedios. 155 p. consultado el 29 de abr. 2013. Disponible en <http://www.books.google.hn/books>.

\_\_\_\_\_. 2008. Buenas prácticas agrícolas para el manejo agronómico de la caña de azúcar (*saccharum spp.*), con destino a la producción de panela y otros usos alternativos como el alcohol carburante(en línea). Colombia. Promedios. 45 p. consultado el 24 abr 2013. Disponible en <http://books.google.com.gt/books>.

Cuervo, RA; Ledesma, JA; Duran, JA; Argote, FE. 2010. Isolation and microbiological control of leuconostoc mesenteroides in sugar refinery to optimized the performance of sugar and etanol.faculty of agricultural sciences. 4(8): 32-40.

Duocuc.2010. Taller VII semestre dossier de teoría .Chile.43 p. consultada consultado el 8 de dic. 2013. Disponible en [http://biblioteca.duoc.cl/bdigital/Documentos\\_Digitales/600/640/40692.pdf](http://biblioteca.duoc.cl/bdigital/Documentos_Digitales/600/640/40692.pdf).

FAO (organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). 2006. Panela granulada: descripción del producto y del proceso (en línea). Consultado el 26 mar. 2013. Disponible en [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pprocesados/PDV2.HTM](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pprocesados/PDV2.HTM).

Lara, N; Clavijo, A. 2010.Study of sugar cane juice concentration during production of granulated panela by direct boiling in open systems at environment conditions. Food innova. 1-4.

Ledesma. (Tipos de azucares). 2013. Consultado el 23 de jul. 2013. Disponible en <http://www.azucarledesma.com.ar/faq.php>.

Martin, F.2012.Rendimiento agroindustrial en la producción de panela granulada de variedades certificadas de la caña de azúcar. Santiago, EQ.116 p.

Mosquera, SA; Carrera, JE; Villada, HS. 2007. Variables que afectan la calidad de la panela procesada en el valle del cauca. (En línea). Colombia. Consultado 24 mar. 2013. Disponible en <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol5/2Vol5.pdf><http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol5/2Vol5.pdf>.

Mujica Rodríguez, MV. 2007. Evaluación de panelas granuladas artesanales y estudio de algunos factores que afectan su calidad (en línea). Mag.Sc. Caracas, VEN. Universidad Simón Bolívar. 173 p. Consultado el 28 de abr 2013. Disponible en <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files>.

\_\_\_\_\_ ; Guerra, M; Soto, N. 2008. efecto de la variedad, lavado de la caña y temperatura de punteo sobre la calidad de la panela granulada. *Interciencia*. 33(8): 548-603.

Ortiz, J; Lindenhovius, I. 2010. La comercialización campesina y sus desafíos. Consultado el 3 de dic 2013. Disponible en [http://cafodca.org/uploads/documentos/La\\_Comercializacion\\_Campesina.pdf](http://cafodca.org/uploads/documentos/La_Comercializacion_Campesina.pdf)

Prada, LE. 2002. Mejoramiento en la calidad de miel de panela (en línea) consultado el 8 de oct. 2013.

Quezada, WF. 2007. Agroindustria panelera (en línea). 159 p. Ecuador. Consultado el 6 de oct. 2013. Disponible en [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/934/1/Guía Técnica de Agroindustria Panelera.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/934/1/Guía_Técnica_de_Agroindustria_Panelera.pdf).

Rangel, MC . 2006. Estudio de Caracterización Ocupacional del Subsector de la Panela, con énfasis en los entornos Tecnológico y Ocupacional, como primer insumo para la Normalización por Competencias Laborales (en línea). Boyacá, COL. 295 p. Consultado el 2 de abr 2013.

Soliz, JA; Callejas, S; Duran, MC. 2010. Development of fructose-rich syrups from sugarcane raw juice. *tecnol. ciencia*. 25(1):54-62.

UE (UNION EUROPEA). 2012. Dulce de panela (en línea). 14p. Consultado el 25 de jul. 2013. Disponible en [www.hondurassiexporta.hn/download/81](http://www.hondurassiexporta.hn/download/81).

Zossi, BS; Cárdenas, GJ; Soro, N; Sastre, M. 2010. Influencia de compuestos azúcares en la calidad industrial de la caña de azúcar en Tucumán, caña limpia y despuntada. Revista industrial agrícola de Tucumán. 87(1):15-27.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Hoja de evaluación de la textura

Nombre: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Frente a usted tiene 12 muestras de panela granulada de diferentes procesos, toque y pruebe cada una luego con una marca grafique en cada línea correspondiente a al código de muestra que tanto gusta o le disgusta la textura que tiene cada una de ellas

1 Muestra: 891	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
2 Muestra: 422	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
3 Muestra: 719	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
4 Muestra: 174	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
5 Muestra: 668	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
6 Muestra: 296	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
7 Muestra: 353	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
8 Muestra: 847	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
9 Muestra: 248	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
10 Muestra: 524	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
11 Muestra: 716	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
12 Muestra: 985	Me disgusta mucho	Me gusta mucho

“GRACIAS POR SU COLABORACION”

## Anexo 2. Hoja de evaluación del color

Nombre: \_\_\_\_\_

### Instrucciones

Frente a usted tiene 12 muestras de panela granulada de diferentes procesos, visualmente analice el color de cada una de las muestras y con una marca grafique en cada línea correspondiente a al código de muestra que tanto gusta o le disgusta el color que tiene cada una de ellas.

Muestra 891	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 422	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 719	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 174	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 668	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 296	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 353	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 847	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 248	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 524	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 716	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 985	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho

“GRACIAS POR SU COLABORACION

### Anexo 3. Hoja de evaluación del sabor

Nombre: \_\_\_\_\_

#### Instrucciones

Frente a usted tiene 12 muestras de panela granulada de diferentes procesos pruebe cada una de ellas, luego con una marca grafique en cada línea correspondiente a al código de muestra que tanto gusta o le disgusta el sabor que tiene cada una de ellas.

Muestra 891	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 422	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 719	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 174	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 668	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 296	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 353	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 847	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 248	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 524	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 716	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 985	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho

“GRACIAS POR SU COLABORACION”

#### Anexo 4. Hoja de evaluación de aceptabilidad general

Nombre: \_\_\_\_\_

##### Instrucciones

Frente a usted tiene 12 muestras de panela granulada de diferentes procesos, piense en forma general para cada una de ellas que tanto le gusta o disgusta cada una de las muestras, luego con una marca grafique en cada línea correspondiente a cada código de las muestras su respuesta.

Muestra 891	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 422	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 719	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 174	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 668	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 296	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 353	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 847	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 248	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 524	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 716	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho
Muestra: 985	_____	_____
	Me disgusta mucho	Me gusta mucho

“GRACIAS POR SU COLABORACION”

## Anexo 5. Resultados de análisis de la caracterización del jugo etapa I

Análisis de varianza rendimiento en jugos.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	59.7856	3	19.9285	35.99	0.0001
Intra grupos	4.4296	8	0.5537		
Total (Corr.)	64.2152	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para rendimiento por variedad en jugos

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Pindar	3	51.6667	B
Cubanablanca	3	52.6667	B
cubana roja	3	53.2	B
canal point	3	57.5067	A

Análisis de varianza para pH

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.06	3	0.02	6.00	0.0191
Intra grupos	0.0266667	8	0.00333333		
Total (Corr.)	0.0866667	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para pH

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
canal point	3	5.36667	B
cubana roja	3	5.46667	Ba
Pindar	3	5.46667	Ba
Blanca	3	5.56667	A

Análisis de varianza para humedad en jugos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	491.667	3	163.889	81.94	0.0000
Intra grupos	16.0	8	2.0		
Total (Corr.)	507.667	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para humedad en % por variedad en jugos

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Pindar	3	81.3333	c
canal point	3	82.6667	c
cubana roja	3	92.0	b
Blanca	3	96.6667	a

Análisis de varianza para e °Brix por variedad en jugos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	58.8225	3	19.6075	189.75	0.0000
Intra grupos	0.826667	8	0.103333		
Total (Corr.)	59.6492	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Brix por variedad en jugos

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>grupos homogéneos</i>
Blanca	3	19.1667	c
cubana roja	3	22.1667	b
canal point	3	24.4333	a
Pindar	3	24.6667	a

### Análisis de varianza para acidez en jugos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00515833	3	0.00171944	41.27	0.0000
Intra grupos	0.000333333	8	0.0000416667		
Total (Corr.)	0.00549167	11			

### Pruebas de Múltiple Rangos para acidez por variedad en jugos

<i>Variedad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
canal point	3	0.0366667	c
cubana roja	3	0.0466667	c
Pindar	3	0.07	b
Blanca	3	0.09	a

**Anexo 6.** Análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de la evaluación de la panela etapa II.

### Análisis de Varianza para color

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:variedad	104.998	3	34.9995	3.44	0.0201
B:Temperatura de punteo	63.2126	1	63.2126	6.22	0.0145
C:Tiempo de batido	0.940104	1	0.940104	0.09	0.7618
INTERACCIONES					
BC	39.6551	1	39.6551	3.90	0.0514
RESIDUOS	905.138	89	10.1701		
TOTAL (CORREGIDO)	1113.94	95			

Pruebas de múltiples rangos para color por temperatura de punteo

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
128	48	6.06667	a
123	48	7.68958	b

Análisis de Varianza para sabor

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:variedad	42.0694	3	14.0231	1.87	0.1406
B:Temperatura de punteo	33.9343	1	33.9343	4.53	0.0362
C:Tiempo de batido	0.710277	1	0.710277	0.09	0.7589
INTERACCIONES					
BC	6.9876	1	6.9876	0.93	0.3369
RESIDUOS	621.606	83	7.48923		
TOTAL (CORREGIDO)	830.525	95			

Pruebas de múltiple rangos para sabor por temperatura de punteo

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
128	48	5.99792	a
123	48	8.15	b

. Análisis de varianza para textura

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:variedad	37.0768	3	12.3589	1.65	0.1847
B:Temperatura de punteo	61.4413	1	61.4413	8.19	0.0053
C:Tiempo de batido	20.7351	1	20.7351	2.76	0.1002
INTERACCIONES					
BC	3.48844	1	3.48844	0.46	0.4972
RESIDUOS	622.688	83	7.50227		
TOTAL (CORREGIDO)	846.2	95			

Pruebas de múltiples rangos para textura por temperatura de punteo

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
128	48	7.14583	b
123	48	8.81875	a

Análisis de Varianza para aceptabilidad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:variedad	104.998	3	34.9995	3.44	0.0201
B:Temperatura de punteo	63.2126	1	63.2126	6.22	0.0145
C:Tiempo de batido	0.940104	1	0.940104	0.09	0.7618
<b>INTERACCIONES</b>					
BC	39.6551	1	39.6551	3.90	0.0514
RESIDUOS	905.138	89	10.1701		
TOTAL (CORREGIDO)	1113.94	95			

Pruebas de Múltiple Rangos para aceptabilidad por Temperatura de punteo

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
128	48	7.14583	b
123	48	8.81875	a