



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

“Estudio del Efecto de los Parámetros de Proceso en los Rendimientos y Calidad Sensorial del Jugo de Babaco Concentrado en un Evaporador de Película Ascendente.”

### **TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERO DE ALIMENTOS**

Presentada por:

Jean Paúl Mejía Naranjo

GUAYAQUIL – ECUADOR

**Año: 2008**

## AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de algún modo colaboraron para la realización de este proyecto, y de manera especial a la Ing. Priscila Castillo, Directora de Tesis por su gran ayuda.

## DEDICATORIA

A DIOS  
A MIS PADRES  
A MI HERMANO  
A MI HERMANA

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Luis Miranda S.  
DELEGADO DEL DECANO  
DE LA FIMCP  
VOCAL - PRESIDENTE

---

Ing. Priscila Castillo S.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. José Rodríguez W.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Jean Paúl Mejía Naranjo

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general establecer los parámetros de proceso más adecuados para la elaboración de jugo concentrado de babaco.

Con este proyecto se quiere lograr las condiciones más convenientes, que aseguren mantener las características organolépticas deseables y altos rendimientos desde el punto de vista energético del proceso y del producto final. En la primera parte se presenta información referente a materia prima, equipos y jugos concentrados.

En la fase experimental se establecen los parámetros de calidad de la materia prima, se realizan pruebas preliminares para probar y estandarizar equipos y condiciones de proceso. Además, se establecen los métodos para la realización de pruebas de análisis sensorial y microbiológico en el producto terminado.

Con la finalidad de establecer los rendimientos energéticos del proceso, se indican los resultados correspondientes a las pruebas experimentales desde el punto de vista de transferencia de calor, los mismos que para facilitar su comprensión son clasificados en grupos de acuerdo a la concentración final

en el producto del modo siguiente: de 22 a 27°Brix, de 28 a 34°Brix y desde 35 a 40°Brix. En cada grupo se realizó una subdivisión para analizar los resultados de acuerdo a las siguientes características:

- Concentración final y cantidad final del concentrado
- Coeficiente global de transferencia de calor y economía del equipo
- Tiempo y gasto energético

Para obtener el criterio sensorial de los concentrados con mejores resultados en el análisis de transferencia de calor, estos fueron evaluados mediante escala hedónica de agrado. El concentrado de mejor aceptación se lo comparó con jugo fresco a una misma concentración.

Finalmente, el jugo concentrado fue sometido a las pruebas microbiológicas necesarias para garantizar que el producto se encontrara dentro de los parámetros que aseguraban la calidad final del mismo.

# INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	II
INDICE GENERAL .....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGIA.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPITULO 1.</b>	
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
1.1 El babaco.....	2
1.2 Generación de calor.-Evaporación.....	9
1.3 Jugos concentrados.....	15
<b>CAPITULO 2.</b>	
<b>2. FASE EXPERIMENTAL.....</b>	<b>17</b>
2.1 Equipos, materiales y métodos.....	17

2.2 Preparación de la materia prima.....	28
2.3 Determinación de parámetros para la evaporación.....	29
2.4 Evaluación de concentrado, condensado y jugo diluido.....	32
2.5 Balances de materia y energía.....	35
2.6 Estudio de transferencia de calor.....	38
2.7 Análisis sensorial.....	42
2.8 Análisis microbiológico.....	46

### **CAPITULO 3.**

<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
3.1 Transferencia de calor: coeficiente global, economía del equipo, tiempos de proceso, gasto energético, volumen y concentración del producto final.....	51
3.2 Balances de materia y energía.....	68
3.3 Parámetros organolépticos: acidez y características sensoriales.....	71
3.4 Contenidos microbiológicos.....	83
3.5 Análisis total.....	85

**CAPITULO 4.**

**4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....88**

**APENDICES**

**BIBLIOGRAFIA**

## ABREVIATURAS

bar	Bares
°C	Grados centígrados
DMS	Diferencia Media Significativa
cal	Calorías
Ef	Eficiencia del proceso
h	Horas
kg	Kilogramos
lb	Libras
LSB	Lauryl Sulfate Broth
lt	Litros
m	Metros
Meq	Miliequivalente
min	Minutos
ml	Mililitros
PCA	Plate Count Agar
PDA	Potato Dextrose Agar
pulg	Pulgadas
RES	Rango Estudentizado Significativo
s	Segundos

## SIMBOLOGIA

L1	Jugo fresco
G2	Vapor de calentamiento
G3	Líquido evaporado
L4	Vapor condensado
L5	Solución concentrada
H	Entalpía
Pv	Presión de vacío
Ps	Presión de vapor de calentamiento
xf	Concentración inicial
Tf	Temperatura de alimentación
Wf	Flujo de alimentación
Ws	Flujo del vapor de calentamiento
E	Economía del evaporador
W <sub>1</sub>	Capacidad de evaporación
Conc	Cantidad de concentrado
xl	Concentración final
Ud	Coefficiente global de transferencia de calor
Cp	Calor específico
$\rho$	Densidad
T <sub>1</sub>	Temperatura de ebullición a presión de operación del sistema
CF	Factor de corrección
ssm	Suma de cuadrados muestra
ssj	Suma de cuadrados jueces
sst	Suma de cuadrados total
sse	Suma de cuadrados error
dfm	Grados de libertad muestras
dfj	Grados de libertad jueces
dft	Grados de libertad total
dfe	Grados de libertad error
msm	Cuadrado promedio muestra
msj	Cuadrado promedio jueces
mse	Cuadrado promedio error
Fm	Razón de la varianza muestra

Fj	Razón de la varianza jueces
V	Volumen
Q	Cantidad de calor cedida por el producto
$\lambda_1$	Entalpía de capacidad de evaporación
$\lambda_s$	Entalpía del vapor de calentamiento
A	Area
$\Delta T$	Diferencia de temperatura
W	Watt
J	Joule

## INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 2.1 Trayectoria del producto en el evaporador de película Ascendente.....	18
Figura 2.2 Representación gráfica del caldero.....	21
Figura 2.3 Metodología empleada para el jugo concentrado de babaco....	27
Figura 2.4 Balance de materia y energía en el evaporador de película ascendente.....	35
Figura 3.1 Resultado estadístico de acuerdo a concentración final y cantidad de concentrado para intervalo de 22 a 27°Brix.....	53
Figura 3.2 Resultado estadístico de acuerdo a concentración final y cantidad de concentrado para intervalo de 28 a 34°Brix.....	54
Figura 3.3 Resultado estadístico de acuerdo a concentración final y cantidad de concentrado para intervalo de 35 a 40°Brix.....	55
Figura 3.4 Resultado estadístico de acuerdo a coeficiente de transferencia de calor y economía para intervalo de 22 a 27°Brix.....	56
Figura 3.5 Resultado estadístico de acuerdo a coeficiente de transferencia de calor y economía para intervalo de 28 a 34°Brix.....	57
Figura 3.6 Resultado estadístico de acuerdo a coeficiente de transferencia de calor y economía para intervalo de 35 a 40°Brix.....	58
Figura 3.7 Resultado estadístico de acuerdo al tiempo y al gasto energético para intervalo de 22 a 27°Brix.....	59
Figura 3.8 Resultado estadístico de acuerdo al tiempo y al gasto energético para intervalo de 28 a 34°Brix.....	60
Figura 3.9 Resultado estadístico de acuerdo al tiempo y al gasto energético para intervalo de 35 a 40°Brix.....	61

## INDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 1 Composición nutricional del babaco.....	6
Tabla 2 Estandarización del jugo de babaco fresco.....	29
Tabla 3 Toma de datos en proceso de evaporación.....	31
Tabla 4 Toma de datos para evaluación de concentrado, condensado y jugo diluido.....	32
Tabla 5 Esquema para resultados de análisis de varianza.....	44
Tabla 6 Requisitos microbiológicos para jugo concentrado de naranja.....	49
Tabla 7 Datos para cálculos de transferencia de calor en prueba #11.....	62
Tabla 8 Resultados de cálculos de transferencia de calor en prueba #11.....	65
Tabla 9 Resultados de pruebas de transferencia de calor.....	66
Tabla 10 Resultados de balance de materia y energía.....	70
Tabla 11 Resultados de porcentaje de acidez.....	71
Tabla 12 Corrección de pH para jugo concentrado de babaco.....	72
Tabla 13 Resultados de análisis de varianza del sabor.....	74
Tabla 14 Resultados de análisis de varianza del color.....	77
Tabla 15 Resultados de análisis de varianza del olor.....	80
Tabla 16 Resultados de análisis microbiológicos del jugo concentrado de babaco.....	84

## INTRODUCCION

El babaco (*Carica pentágona* Heib) se cultiva en nuestro país desde antes de la conquista española y se ha convertido en una fruta de consumo tradicional, de modo especial en la serranía de nuestro país.

La idea de utilizar el babaco para realizar un jugo concentrado, surge debido a que es una fruta exótica característica del Ecuador que no ha sido muy industrializada. Es una fruta que presenta características nutricionales importantes (presencia de vitamina A, C, papaína, pectina), lo cual hace que se cree un interés por su consumo. La disponibilidad durante todo el año por parte de la fruta fue un punto clave a la hora de realizar el estudio, ya que esto proyecta que se pueda comercializar el producto en cualquier época. Con este trabajo se busca contribuir al conocimiento, estableciendo la forma y el grado en que influyen los parámetros de operación en los rendimientos y calidad sensorial del jugo de babaco concentrado, analizando con ello diferencias sobre el comportamiento del producto una vez que se incorporan diferentes valores en las variables que causan dependencia en los resultados. Se pretende encontrar un producto que al ser conveniente desde el punto de vista de transferencia de calor, sea respaldado por un análisis sensorial, logrando la aceptación por las características finales favorables que el mismo presente.

# CAPITULO 1

## 1. GENERALIDADES

Las explicaciones teóricas que se presentan en este capítulo se encuentran relacionadas con la parte experimental desarrollada posteriormente. Fue importante tener claro los conceptos y términos involucrados en la práctica, porque esto dio un mejor panorama de estudio hacia los objetivos que se trazaron. Por ello aquí se habla de los fundamentos teóricos que sirvieron de ayuda al momento de estructurar el presente trabajo.

### 1.1 El babaco

#### Información general

El babaco, también llamado papaya de la montaña y de nombre científico ***Carica pentágona Heilb***, es un híbrido natural de la papaya proveniente de las especies *Carica stipulata* B. (toronche) y *Carica pubescens* (chamburo). Es originario de los valles subtropicales del Ecuador.

Hasta la fecha no se conoce con precisión las variedades que pueda tener este frutal, que se encuentra considerado dentro de la categoría de las llamadas frutas exóticas poco explotadas en nuestro país. Se considera al babaco una fruta selecta y novedosa, dirigida a un nicho de mercado en que sus características de sabor, aroma y nutrición son altamente apreciadas.

Puede consumirse en fresco, solo o mezclado, en ensaladas, jugos, yogurt, helados. Puede procesarse para obtener concentrados, pulpa y conservas; y se lo consume cuando alcanza un alto grado de madurez.

### **Características**

- ✓ **Forma:** es un fruto de forma alargada.
- ✓ **Tamaño y peso:** su longitud alcanza hasta 38 centímetros, su diámetro 14 centímetros y su peso está entre 300g a 2,2 kilogramos.
- ✓ **Color:** cuando la fruta está madura, la piel es amarilla intensa y la pulpa color crema amarillenta.
- ✓ **Sabor:** Esta fruta tiene un sabor delicado y fresco; es jugosa y levemente ácida. Se lo describe como un delicado sabor, mezcla de piña, papaya y frutilla.

## **Condiciones ambientales**

### **- Temperatura y altitud**

Las zonas ecológicas en la que se desarrolla este cultivo es bosque seco montano bajo; en un clima templado, seco y húmedo, con una temperatura promedio anual de 13.3oC. El promedio de precipitación anual es de 499 mm; la altura es de 2,785 m.s.n.m.

El porcentaje de humedad está alrededor del 75.2% y una luminosidad de 1,658.7 horas año.

### **- Suelo**

El tipo de suelo es de textura franco o franca-arenosa-arcillosa, ricos en materia orgánica (3%); pero la fruta se adapta también fácilmente a suelos limosos o arenosos de fácil drenaje, con un pH que esté entre 5.8 a 8.2 (5.5 - 6.8 ideal). Se prefiere suelos profundos, y se debe tener un especial cuidado con el exceso de agua en el suelo para evitar pudriciones radiculares.

### **- Propagación**

El babaco se puede reproducir solamente por vía asexual o vegetativa, debido a que posee un fruto paternocárpico, es decir que no produce semilla.

- **Cosecha**

La cosecha se la hace manualmente. Cuando el fruto está a punto de madurar, los canales se amarillean; lo que garantiza una maduración total fuera de la planta dentro de unos 15 o 30 días donde alcanzan su tamaño para comercializarlos (15).

**Composición nutricional del babaco**

La cantidad de nutrientes que posee el babaco se encuentra detallada en la siguiente tabla 1.1 (16):

**TABLA 1**  
**COMPOSICION NUTRICIONAL DEL BABACO**

<b>Componentes</b>	<b>Contenido de 100 g de parte comestible (g)</b>
<i>Agua</i>	95
<i>Fibra</i>	1,1
<i>Lípidos</i>	0,2
<i>Potasio</i>	1,65
<i>Proteínas</i>	0,95
<i>Sales Minerales</i>	0,7
<i>Calcio</i>	0,013
<i>Calorías</i>	0,008
<i>Caroteno</i>	0,00009
<i>Fósforo</i>	0,007
<i>Hierro</i>	0,0034
<i>Niacina</i>	0,0005
<i>Riboflavina</i>	0,00002
<i>Sodio</i>	0,001
<i>Tiamina</i>	0,00003
<i>Vitamina A</i>	0,027
<i>Vitamina B1</i>	0,00002
<i>Vitamina B2</i>	0,00002
<i>Vitamina B6</i>	0,00003
<i>Vitamina C</i>	0,031
<i>Vitamina E</i>	0,00047

**Fuente:** CORPEI

La tabla anterior nos indica la variada composición de nutrientes que presenta la fruta seleccionada para el trabajo, con lo cual se establece que existe un gran beneficio para el consumidor al momento de ser utilizada en la elaboración de productos alimenticios.

### **Propiedades nutritivas y funcionales del babaco**

Entre los principales beneficios nutricionales de la fruta resaltan su alto contenido de vitamina C, vitamina A y papaína, la enzima digestiva por excelencia, que facilita el desdoblamiento de la proteína animal.

La vitamina C interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos; favorece la absorción del hierro presente en los alimentos y ayuda la resistencia a las infecciones.

La vitamina A vitamina es esencial para la visión, para ayudar al buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico.

El babaco protege el sistema digestivo por ser rico en fibras además, contiene niveles mínimos de azúcar y sodio, y cero colesterol. La planta de babaco es potencialmente rica en pectina y papaína, que son productos de gran interés y demanda industrial (12).

### **El babaco en el Ecuador**

#### **- Situación actual**

El babaco se cultiva en Ecuador desde antes de la conquista española y se ha convertido en una fruta de consumo tradicional en la serranía

del país; especialmente preparada en jugo y variedad de dulces, además del consumo en fresco.

Por ser una fruta sin semilla y poseer cáscara delgada, el babaco presenta excelentes características para su consumo e industrialización. En Ecuador se obtienen diferentes subproductos, tales como pulpa, néctar, fruta cortada y deshidratada, etc.

La industria conservera por su parte ha intensificado su interés por el babaco. Además, de la preparación tradicional de conservas en almíbar, mermeladas y jaleas, existe ahora la posibilidad de iniciar la producción de concentrados y pulpa congelada para los mercados local y externo.

Esta fruta exótica está siendo introducida en el mercado mundial con un gran potencial dentro de los mercados que demandan productos selectos y especiales, con excelentes características de nutrición y sabor. El babaco es una fruta de reciente exportación, con un índice de crecimiento muy interesante.

El babaco ecuatoriano tiene entrada libre de aranceles en Estados Unidos y la Comunidad Europea. Sin embargo ha sido Nueva Zelanda el país que inició su explotación a nivel comercial, dando a conocer el

producto en Europa, especialmente en Alemania, y más recientemente, en el Japón.

Los cultivos neozelandeses se desarrollaron en base a un gran esfuerzo de adaptación con plantas llevadas desde el Ecuador, y por la proximidad geográfica el cultivo del babaco se ha extendido también hacia Australia y Kenia.

La revista Eurofruit señala que el babaco podría alcanzar en el mercado europeo el mismo éxito que el Kiwi, fruta que fue introducida por Nueva Zelandia y que ahora se produce en Chile, Israel y en algunos países europeos, con un comercio total de varios miles de toneladas y con grandes ingresos para sus comercializadores (15).

#### - **Localización geográfica**

Las zonas de cultivos para este frutal en el Ecuador son: Imbabura (Atuntaqui, Perucho); en el callejón interandino (Tumbaco, Patate, Baños, Gualaceo, Santa Isabel) (17).

## **1.2 Generación de calor.-Evaporación**

### **Fundamento de la evaporación**

Es una operación para concentrar un sólido disuelto en un líquido; la disolución se pone a temperatura de ebullición, de manera que el

líquido se volatilice y se deja al sólido más concentrado en la solución remanente.

Para lograrlo se suministra calor a las soluciones y se separan los vapores formados, lo que se realiza en equipos llamados evaporadores.

Estos equipos son de muy diversos tipos, una clasificación sencilla los divide en evaporadores de contacto directo e indirecto.

En los evaporadores de contacto directo el medio de calentamiento (gases de combustión, vapor y otros) se mezcla con la disolución transfiriéndole así su energía. En los evaporadores de contacto indirecto la transferencia de calor es a través de tubos metálicos que separan al medio de calentamiento de la disolución, previniendo el mezclado. Estos últimos evaporadores son los más usados, pues evitan la contaminación de la disolución.

Para una operación más eficiente, se suele hacer vacío en el equipo de evaporación, lográndose que la ebullición se efectúe a temperaturas más bajas, previniendo la descomposición de materiales orgánicos de interés que en este caso serían principalmente las vitaminas y enzimas. El medio de calentamiento más usual es el vapor de agua que cede su vapor latente de condensación (7).

## **Evaporadores**

Un evaporador es un intercambiador de calor entre fluidos, de modo que mientras uno de ellos se enfría, disminuyendo su temperatura, el otro se calienta aumentando su temperatura, pasando de su estado líquido original a estado vapor.

A fin de cuentas un evaporador, es un intercambiador de calor más complejo, en el que además de producirse el cambio de fase pueden darse otros fenómenos asociados a la concentración de la disolución, como la formación de sólidos, la descomposición de sustancias (8).

Entre los tipos de evaporadores se encuentran los siguientes: discontinuo, de circulación natural, de película ascendente, de película descendente, de película ascendente-descendente, de circulación forzada, de película agitada. Para este caso se usará el evaporador de película ascendente.

Estos equipos constan de: condensador de tubo y coraza; sistemas de vacío; sistemas de medición y control de temperatura; sistemas de presión; sistemas de calentamiento y sistemas de alimentación.

## **Parámetros para evaluar funcionamiento de evaporadores**

Los parámetros que se tomaron en cuenta para la evaporación fueron (3):

- **Presión de vacío**

Es la presión que permite reducir la presión de trabajo del equipo, lo que permite operar a bajas temperaturas.

- **Flujo de alimentación**

Es el caudal con que se alimenta la solución a concentrar en el evaporador.

- **Temperatura de alimentación**

Es la temperatura con la que ingresa la solución antes de iniciar el proceso de concentración del jugo.

- **Presión de vapor de calentamiento**

Es el parámetro que indica la cantidad de presión de vapor primario que se va a aplicar en el sistema.

- **Capacidad de evaporación**

Es el vapor secundario que se produce a partir del solvente que estoy evaporando.

- **Consumo energético**

Es la masa de vapor primario que se obtiene de la relación entre el vapor de la caldera con la unidad de tiempo.

- **Economía**

Es la relación entre la capacidad de evaporación y el consumo energético en el sistema.

- **Coefficiente global de transferencia de calor**

Es la relación entre el calor requerido para alcanzar la temperatura de saturación con el área de evaporación que se multiplica por la diferencia de temperaturas de saturación del vapor con la de ebullición a la presión de operación del sistema.

- **Concentración final**

Es la cantidad de sólidos disueltos que presenta el producto final y que se encuentra representada por los grados Brix.

### **Sistemas de generación de calor: caldero**

- **Definición de caldero**

Son aparatos tubulares calentados directamente, que por principio convierten la energía del combustible que utiliza en calor latente de vaporización (4).

- **Descripción y funcionamiento del caldero**

Para poder satisfacer las exigencias de calor de todas las operaciones que lo requieren, tal como es el caso de la evaporación, es necesario disponer de una caldera de vapor que sea acorde con las necesidades.

A continuación se describe el funcionamiento de una caldera de producción de vapor a partir de agua generalmente descalcificada (se

genera un consumo de agua para la producción de vapor) empleando combustible (fuel-oil, gasoil, diesel...) como fuente de energía.

La combustión se realiza en el hogar del caldero transmitiendo el calor de éste al agua por radiación. La llama termina en el segundo hogar, llamado también etapa de postcombustión, donde los gases realizan un giro para entrar en el segundo paso, circulando hasta la parte delantera, y de ésta a la posterior a través del tercer paso. En estos dos últimos recorridos, el calor en su gran mayoría se transmite por convección a lo largo de toda la superficie tubular.

Por la parte exterior del hogar y tubos, el agua se mueve por circulación natural, absorbiendo el calor de las superficies de calefacción. El vapor que se forma en el interior del generador se separa del agua en su superficie de nivel. La amplia cámara de vapor y un separador de gotas situado a la salida del agua contribuyen a obtener el vapor completamente seco y saturado.

El agua vaporizada se reincorpora automáticamente mediante una bomba de alimentación. El control de combustión y presión es fundamental y se lleva a cabo mediante una serie de automatismos. Toda caldera tener un tiro, que es la diferencia entre la presión de la caldera y la presión atmosférica. Dicho tiro es necesario para el

correcto funcionamiento del hogar de una caldera, con el fin de poderle suministrar el aire necesario para la combustión del combustible y arrastrar los gases quemados hacia el exterior a través de la chimenea del caldero.

#### - **Tipos de caldero**

Los principales tipos de caldero son los siguientes:

**Acuatubulares:** Es una caldera en la cual el agua y el vapor producido fluyen por el interior de tubos cuya superficie externa está en contacto con los gases calientes de la combustión.

**Pirotubulares:** Es una caldera en la cual los gases de combustión fluyen por el interior de tubos que se encuentran sumergidos en el agua de caldera (14).

### 1.3 Jugos concentrados

#### - **Ideas principales y beneficios**

Se entiende por jugo concentrado al zumo sin fermentar, pero fermentable después de su reconstitución, conservado por medios físicos exclusivamente obtenido mediante el procedimiento de concentración a través de la evaporación (11).

El valor de mercado del producto final se basa en el contenido de sólidos de azúcar en lugar de basarse en el peso total de embarque. Este nivel de azúcar se expresa en °Brix, que es la unidad de medición de la concentración de una solución de azúcar y representa el peso porcentual de sacarosa contenida en la solución (13).

Con la concentración de jugos, se reduce el costo de transporte al minimizar el contenido de agua. El agua en exceso que se envía cuando no se concentra el jugo al nivel deseado, lleva a una pérdida de ingreso en el embarque. Además da una fiabilidad mejorada en la calidad del producto, ya que causa más elevado inhibimiento microbiano.

#### **- Jugo de babaco concentrado**

La idea de jugo de babaco concentrado surge por la referencia que se tiene al observar la demanda de concentrados hechos a partir de frutas exóticas en industrias de países cercanos como es el caso de Colombia, que ya han usado frutas como: la guanábana, uvilla, naranjilla (9).

Sin embargo, al no existir el concentrado de babaco, se toma como referencia para pruebas preliminares, una fruta muy industrializada en este tipo de productos como es la naranja, ya que presenta similitud de parámetros con el babaco como por ejemplo: características sensoriales, pH y semejanza en el grado de acidez.

# CAPITULO 2

## 2. FASE EXPERIMENTAL

Para la elaboración de la metodología de trabajo que nos permita alcanzar los objetivos propuestos fue necesario establecer los métodos y conocer las limitantes de los equipos mediante pruebas preliminares.

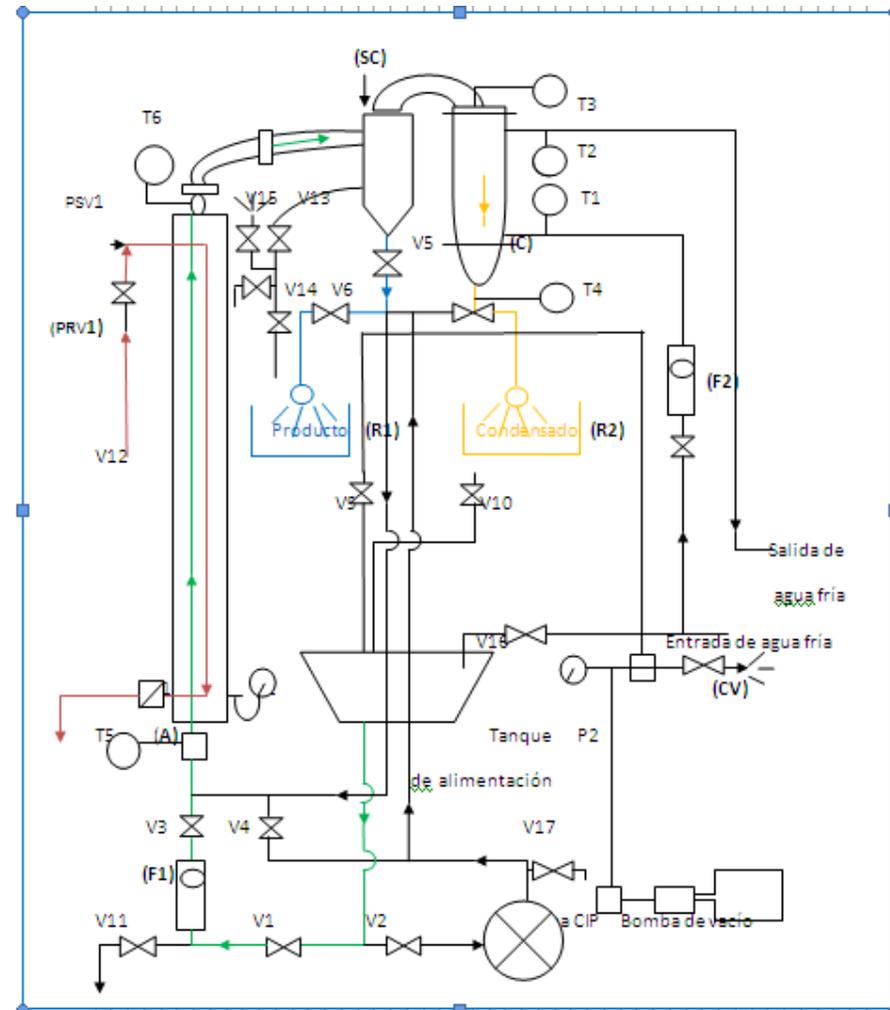
### 2.1 Equipos, materiales y métodos

#### - Equipos

Los equipos necesarios para realizar los experimentos fueron:

- Evaporador de película ascendente Armfield FT22 (Versión 3)
- Caldero de fabricación norteamericana, marca TERMPACK

### Evaporador de película ascendente



**FIGURA 2.1 TRAYECTORIA DEL PRODUCTO EN EL EVAPORADOR DE PELÍCULA ASCENDENTE**

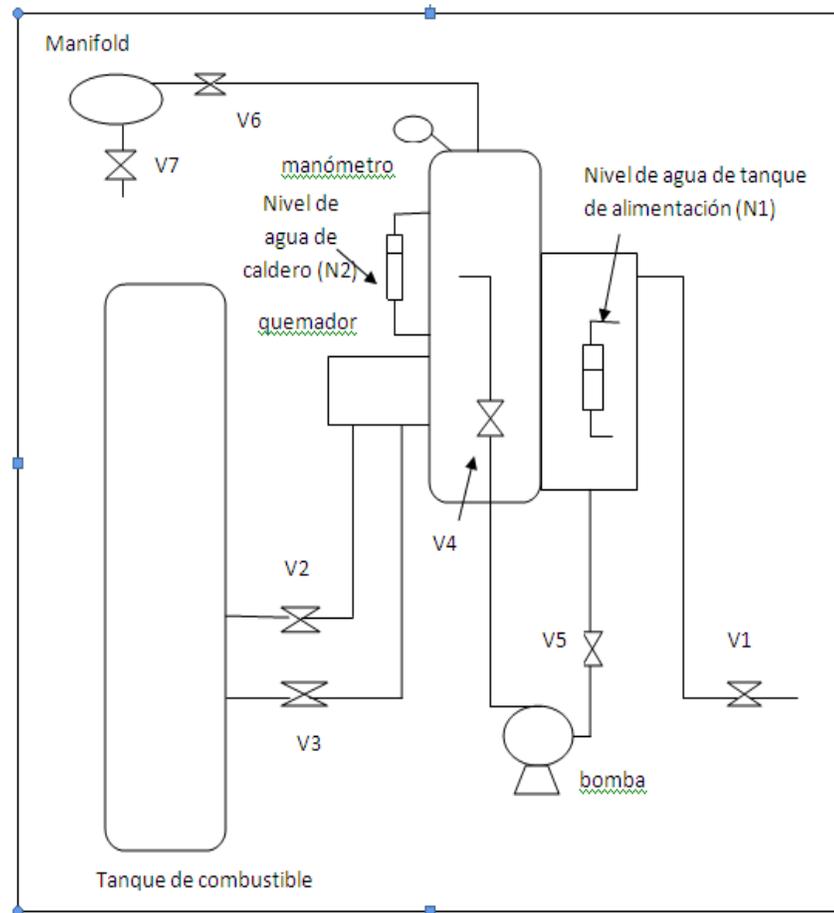
Haciendo referencia a la figura 2.1 se observa que el evaporador utilizado consiste esencialmente de un cilindro enchaquetado vertical. El jugo de babaco circula desde la parte inferior del tubo interior y el vapor de calentamiento transita por la chaqueta exterior. Cuando se calienta el líquido y comienza la formación de vapor, éste asciende por el centro del tubo **(A)** y obliga a que sobre las paredes interiores se forme una película de producto que tiende a ir ascendiendo, motivo de la fricción entre el vapor y el líquido.

El líquido asciende a gran velocidad motivado por el vacío que se realiza en el sistema y esa diferencia de presiones influye en la velocidad del líquido dentro del equipo. Para controlar el vacío que se quiere producir en el sistema, este equipo está provisto de un vacuómetro **(CV)** con rango de 0 a -1 bar. La presión máxima del vapor de trabajo para el evaporador de película ascendente Armfield FT22 (Versión 3), es de 2 bares, la cual es controlada por una válvula de control (PRV1).

Además el evaporador posee dos rotámetros. El primer rotámetro **(F1)** indica el flujo de alimentación del jugo a concentrar, cuyo máximo es 16 lt/hora en el equipo utilizado. El otro rotámetro **(F2)** que marca hasta 10 lt/hora indica el flujo del agua de enfriamiento, la misma que proviene de las tuberías y no entra en contacto con el producto, pero tiene la función de condensar el vapor del mismo.

Posteriormente en un equipo separador, denominado Separador ciclón **(SC)**, se obtiene el vapor y el concentrado, recogándose el concentrado en un recipiente **(R1)**, mientras que el vapor se envía a un condensador **(C)**, donde el condensado resultante se acumula en otro recipiente **(R2)**. Estos recipientes tienen la capacidad de 5 litros cada uno. De los tanques se extrae el concentrado y condensado con la ayuda de mangueras, a fin de poder medir el volumen de cada uno de ellos.

## Caldero



**FIGURA 2.2 REPRESENTACION GRAFICA DEL CALDERO**

El caldero que se utilizó para los experimentos y se aprecia en la figura 2.2, tiene una capacidad de 400 libras de agua, es de fabricación norteamericana, y genera el vapor necesario en un tiempo aproximado de 35 a 40 minutos, alcanzando así la presión de trabajo establecida para el mismo que es de 3.2 bares (60 psig).

Es importante para los experimentos controlar el nivel de diesel y los niveles de agua (**N1,N2**), así como hacer las purgas de agua para evitar que suba la presión de forma acelerada en el *manómetro* sin que genere el vapor requerido. Las purgas de aire se deben realizar también, y esto es conveniente realizarlo a los 20 minutos de haber prendido el caldero.

Para el funcionamiento del caldero se requiere de diesel, cuya combustión genera la energía necesaria para convertir el agua en vapor.

- **Validez y operaciones preliminares de los equipos**

▪ **Evaporador de película ascendente**

En el caso del evaporador se utilizaron inicialmente soluciones similares a la composición del producto utilizado en el estudio (10°Brix), para revisar que su funcionamiento sea el correcto, y nos dé la mayor certeza en nuestros resultados. En las pruebas previas se comprobó que los

resultados obtenidos se encontraran dentro de los rangos normales que presenta un evaporador de este tipo.

- **Operaciones de limpieza: CIP**

Se le realizó una limpieza inicial al evaporador (CIP) con las soluciones requeridas por el equipo en los manuales de limpieza del mismo (Detergente SU 560 + Detergente SU 955, Desinfectante Divosan Forte). **(APENDICE A)** para evitar algún tipo de contaminación o alteración de las características finales del jugo

- **Operaciones preliminares en el caldero**

Al momento de evaluar la confiabilidad que presentaba el caldero se tomó en cuenta si la presión de trabajo alcanzada por el mismo era la suficiente para trabajar con el evaporador, y el resultado fue satisfactorio ya que los 3.2 bares que genera el caldero exceden al límite máximo de presión de trabajo en el evaporador que es de 2 bares.

- **Materia prima y materiales**

- Parámetros de calidad de la materia prima**

- El tipo de babaco utilizado para el desarrollo de la parte experimental es el que se encuentra en estado semimaduro, y entre un rango de 5 – 6 grados Brix.

## **Materiales**

Los materiales utilizados para las pruebas se los anota a continuación:

### ***Para determinación de acidez:***

- × Balanza analítica
- × pHímetro

### ***Para la evaluación sensorial:***

- × Probetas
- × Beackers
- × Pipetas
- × Refractómetro Westover, Modelo RHB-62, 0-32°Brix
- × Refractómetro Westover Modelo RHB-62, 28-62°Brix

### ***Para las pruebas microbiológicas:***

- × Cajas petri
- × Tubos de ensayo
- × Gradillas

## **Reactivos**

Los reactivos utilizados para las pruebas de acidez y microbiológicas quedan establecidas del siguiente modo:

***Para determinación de acidez:***

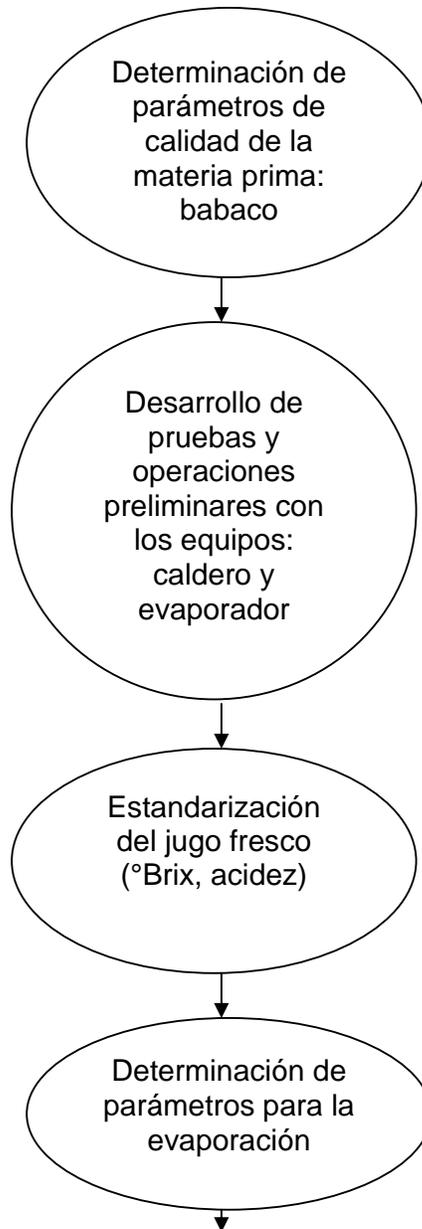
- ✍ Hidróxido de Sodio (10%)
- ✍ Fenolftaleína (1%)
- ✍ Acido cítrico (3%)

***Para las pruebas microbiológicas:***

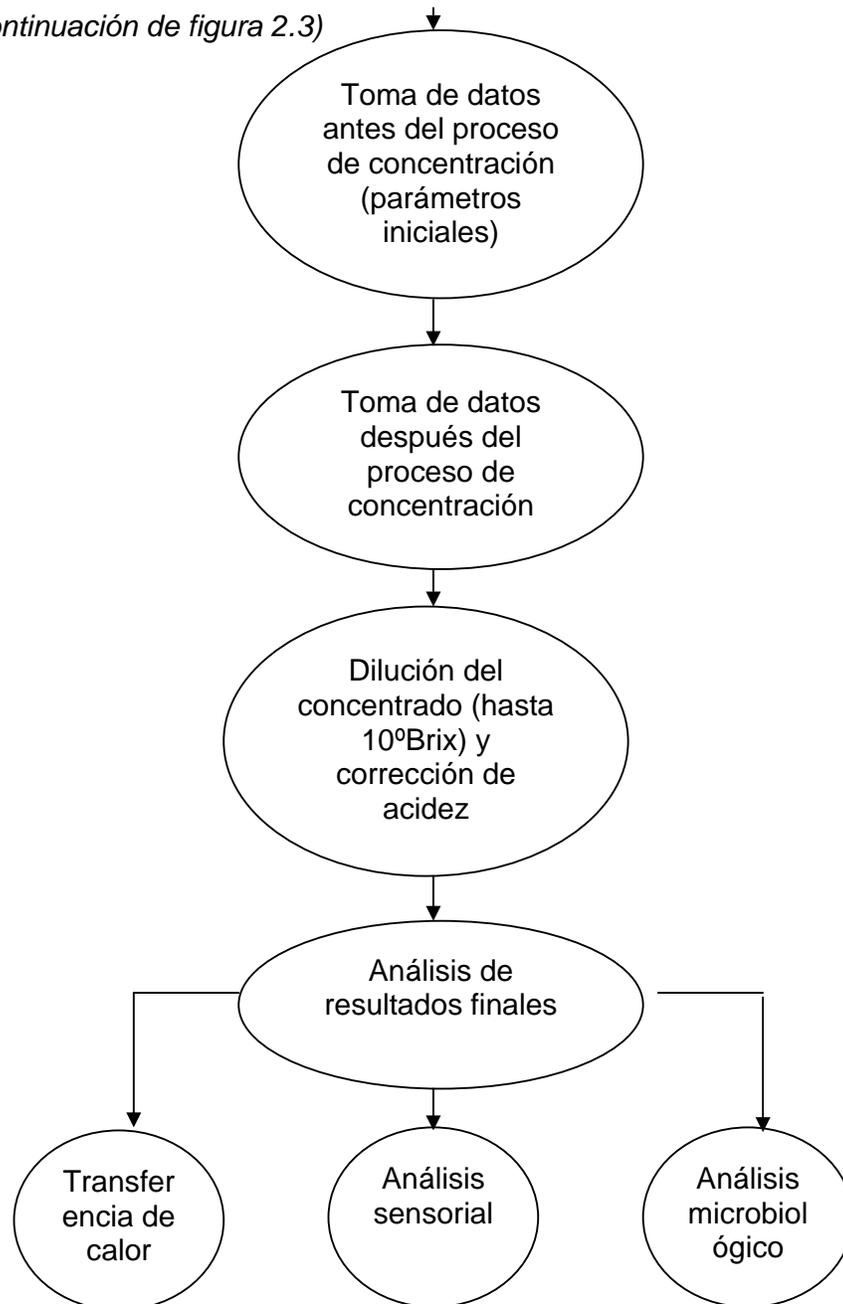
- ✍ PCA (Plate Count Agar), para prueba de aerobios totales.
- ✍ LSB (Lauryl Sulfate Broth), para prueba de coliformes totales.
- ✍ PDA (Potato Dextrose Agar), para prueba de mohos y levaduras.
- ✍ Acido tartárico (1%), que debe ser agregado al PDA en prueba de mohos y levaduras.

- **Metodología Empleada**

A continuación (figura 2.3), se presenta un esquema de trabajo que corresponde a la metodología empleada para realizar el estudio de las pruebas para jugo de babaco concentrado:



(Continuación de figura 2.3)



**FIGURA 2.3 METODOLOGIA EMPLEADA PARA EL ESTUDIO DEL JUGO CONCENTRADO DE BABACO**

## 2.2 Preparación de materia prima

### - Estandarización

Con el objetivo de estandarizar la materia prima se licuó la pulpa de babaco, azúcar y el agua hasta obtener un jugo final con 10° Brix. El volumen para realizar las pruebas se lo estableció en 5 litros ya que las corridas para cada experimento fueron realizadas con esta cantidad inicial de jugo, el mismo que a continuación fue sometido a un proceso estricto de cernido.

En este caso, la etapa de cernido se la realizó en tres ocasiones con la ayuda de un liencillo para que el jugo esté libre de grumos, ya que éstos causan problemas de obstrucción en el rotámetro que marca el flujo de alimentación en el evaporador de película ascendente utilizado y alteran los resultados esperados.

La mezcla se la hace muy líquida también para poder evaluarla con respecto al concentrado que luego se lo diluyó, porque se quiso apreciar las características sensoriales de un jugo concentrado con respecto a un jugo sin un proceso de concentración. El producto estandarizado cumple las siguientes características (véase tabla 2):

**TABLA 2**  
**ESTANDARIZACION DEL JUGO DE BABACO**  
**FRESCO**

<b>Grados Brix del jugo de Babaco</b>	10
<b>Acidez (%)</b>	16 aprox .
<b>Ph</b>	3.6 aprox.
<b>Color y apariencia</b>	claro
<b>Sabor</b>	moderado
<b>Aroma</b>	ligeramente frutal

*Elaborada por: Jean Paúl Mejía N.*

### 2.3 Determinación de parámetros para la evaporación

#### - Establecimiento de parámetros

Se determinaron mediante pruebas preliminares los parámetros para el proceso de evaporación de la siguiente manera (3):

**0.4 bares – 0.6 bares** para presión de vacío, ya que más bajo del límite inferior ascendía muy lento el producto en el tubo, y mayor de 0.6 bares se pegaba el producto, existiendo menor rendimiento en el proceso.

**10 lb/pulg<sup>2</sup> – 20 lb/pulg<sup>2</sup>** para presión de vapor de calentamiento, porque con el valor bajo se buscó evaluar si era posible obtener un producto bueno con poca presión, mientras que pasado de 20 lb/pulg<sup>2</sup> el producto empezaba a quemarse.

**12 lt/h – 16 lt/h** para flujo de alimentación, ya que se quiso evaluar si era probable obtener buena calidad con alto °Brix, el mismo que se obtenía a flujos más bajos; o si era más conveniente obtener buena calidad con un ° Brix un poco menor que se lograba con flujos más altos.

- **Toma de datos**

En esta parte del trabajo se establecieron los parámetros de operación en el evaporador con los que se trabajaron en cada una de las pruebas. Dichos parámetros se escogieron de acuerdo a las expectativas a satisfacer inicialmente, que como requerimiento más importante quería obtener la mayor cantidad de concentrado con un elevado °Brix en el mismo.

Los rangos de los parámetros iniciales escogidos se basaron en pruebas preliminares realizadas con mezclas de características similares al jugo (jugo de naranja estandarizado a 10° Brix).

Para cada una de las pruebas se registró:

- ☞ La presión de vapor de calentamiento utilizada
- ☞ El flujo de alimentación
- ☞ La temperatura de ingreso del jugo
- ☞ La hora en que empezaba el proceso
- ☞ El vacío generado en el equipo

También se registraron datos que ya se encontraban previamente establecidos como cantidades fijas:

- ☞ La concentración inicial del producto (10 °Brix)
- ☞ La cantidad inicial (5 litros)

Durante el proceso de evaporación se consideraron los siguientes datos de la tabla 3:

**TABLA 3**  
**TOMA DE DATOS EN PROCESO DE EVAPORACION**

		#Prueba
<b>Datos</b>	<b>Pv (bar)</b>	
	<b>Promedio tiempo (s)</b>	
	<b>Promedio volumen (ml)</b>	
	<b>Ps (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	
	<b>Wf (lt/h)</b>	
	<b>Xf</b>	
	<b>Tf (°C)</b>	
	<b>Cantidad inicial de jugo fresco</b>	

**Elaborada por:** Jean Paúl Mejía N.

## 2.4 Evaluación de concentrado, condensado y jugo diluido

### - Recolección de datos

Una vez terminado el proceso de evaporación viene esta etapa, en donde la toma de datos corresponde a la cantidad de concentrado y condensado a partir de jugo fresco, así como el tiempo necesario para lograr concentrar el jugo. También se determinó la cantidad de °Brix logrados, la cual hay que medir en el refractómetro previamente calibrado.

Se debe tener entonces al final de esta etapa tener llena la siguiente tabla 4:

**TABLA 4**  
**TOMA DE DATOS PARA EVALUACION DE**  
**CONCENTRADO, CONDENSADO Y JUGO DILUIDO**

		#Prueba
Datos	Concentración final (°Brix)	
	Volumen de concentrado (lt)	
	Volumen de condensado (ml)	
	Tiempo total (min)	

*Elaborada por: Jean Paúl Mejía N.*

### - Método de dilución

Con la toma de datos de los °Brix que resultaron del proceso de concentración se pudo realizar el método de dilución.

La técnica más simple para encontrar el agua necesaria que se añadió a una masa de concentrado obtenido con el objetivo de lograr el Brix del jugo inicial fue el balance de masa expresado en la siguiente ecuación (2.1):

$$L1 * xf = L5 * xl \quad (2.1)$$

Entonces:

$$L1 = (L5 * xl) / xf \quad (2.2)$$

Por lo tanto:

$$H2O = L1 - ((L5 * xl) / xf) \quad (2.3)$$

#### - **Técnica para determinar el porcentaje de acidez**

El procedimiento para determinar el porcentaje de acidez es el siguiente:

- ✧ Tomar una muestra de jugo en el tanque de estandarización (pulmón) que esté enfriada a 20°C y llevarla al laboratorio.
- ✧ Medir 50 ml de muestra en una probeta.
- ✧ Trasvasar la muestra a un matraz Erlenmeyer.
- ✧ Adicionar 3 gotas de solución indicador de fenolftaleína al 1% y agitar.

- ✧ Titular frente a la solución de Hidróxido de sodio 0.5 N debidamente estandarizada hasta que el indicador vire a la primera tonalidad fucsia o rosado.
- ✧ Anotar consumo de hidróxido de sodio
- ✧ Realizar los cálculos

El cálculo del porcentaje de acidez puede ser determinado mediante el uso de la siguiente ecuación (2.4):

$$\% \text{Acidez} = \frac{C * N * \text{Meq} * 100}{\text{mldemuestra}} \quad (2.4)$$

En donde:

$C$  = Mililitros de NaOH durante la titulación

$N$  = Normalidad estandarizada (real) de la solución de NaOH

$\text{Meq}$  = Miliequivalente químico del ácido cítrico (0.06404)

#### - **Método para corrección de pH**

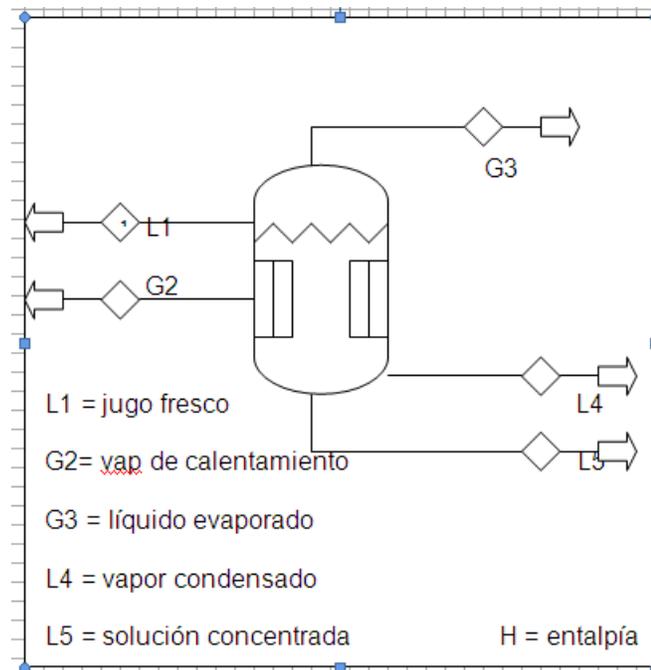
Para corregir acidez primero se preparó una solución de ácido cítrico, pesando 3 gramos de éste y luego se añadiéndole 100 ml de agua destilada. Luego se realizó el siguiente procedimiento:

- ⌚ Tomar una muestra de jugo en el tanque de estandarización (pulmón) que esté enfriada a 20°C y llevarla al laboratorio.

- ⌚ Medir 50 ml de muestra en un beacker.
- ⌚ Colocar el electrodo del pHímetro en la muestra.
- ⌚ Dejar que se estabilice el valor que indica el pH.
- ⌚ Anotar el resultado.
- ⌚ Añadir gota a gota el ácido cítrico hasta llegar al pH que se necesita.
- ⌚ Anotar resultados.

## 2.5 Balances de materia y energía

La siguiente figura 2.4 nos indica la forma como ingresa y sale el jugo de babaco en el proceso de concentración del mismo:



**FIGURA 2.4 BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA EN EL EVAPORADOR DE PELICULA ASCENDENTE**

- **Balances de materia**

Considerando el esquema de la figura 2.4 se tiene que el balance total en el lado de disolución está representado por la siguiente ecuación (2.5):

$$L1 = G3 + L5 \quad (2.5)$$

En donde:

$L1$  = jugo fresco

$G3$  = líquido evaporado

$L5$  = solución concentrada

Mientras que el balance de componentes en el sistema puede ser evaluado por la ecuación (2.1) planteada anteriormente en este capítulo.

Para determinar la eficiencia del proceso con respecto a la cantidad de masa obtenida se establece la siguiente ecuación (2.6):

$$Ef = \frac{L5 \times xl}{L1 \times xf} \times 100 \quad (2.6)$$

En donde:

$E_f$  = eficiencia del proceso

$L_1$  = jugo fresco

$x_f$  = concentración del jugo fresco (inicial)

$L_5$  = solución concentrada

$x_l$  = concentración de la solución concentrada (final)

- **Balance de energía**

El balance total de energía en el sistema está regido por la siguiente ecuación (2.7):

$$G_2(H_2 - H_4) = G_3H_3 + L_5H_5 - L_1H_1 \quad (2.7)$$

Donde:

$G_2$  = vapor de calentamiento

$H_2$  = entalpía de vapor de calentamiento

$H_4$  = entalpía de vapor condensado

$G_3$  = líquido evaporado

$L_5$  = solución concentrada

$H_5$  = entalpía de solución concentrada

$L_1$  = jugo fresco

$H_1$  = entalpía de solución diluida

## **2.6 Estudio de transferencia de calor: coeficiente global, economía del equipo, tiempos de proceso, gasto energético, volumen y concentración del producto final**

### **- Establecimiento de variables independientes**

Las variables independientes corresponden a los parámetros que se variaron para apreciar su influencia en los análisis finales, y son las siguientes:

- Presión de vacío ( $P_v$ )
- Flujo de alimentación ( $W_f$ )
- Temperatura de alimentación ( $T_f$ )
- Presión de vapor de calentamiento ( $P_s$ )

### **- Establecimiento de variables dependientes**

Las variables dependientes son las que nos permitirán analizar si existe conveniencia para el producto final, una vez que se han variado los valores de las variables independientes, y se las detalla a continuación:

- ↘ Capacidad de evaporación ( $W_1$ )
- ↘ Flujo de vapor de calentamiento ( $W_s$ )
- ↘ Economía ( $E$ )
- ↘ Coeficiente global de transferencia de calor ( $U_d$ )
- ↘ Concentración final ( $x_l$ )

- **Cálculos de transferencia de calor**

**Cálculo de la capacidad de evaporación**

Se debe obtener un promedio de los volúmenes y tiempos medidos para el experimento. La fórmula es la planteada en la ecuación (2.8):

$$W_1 = (V \times \rho) / t \quad (2.8)$$

Donde:

$W_1$  = capacidad de evaporación

$V$  = volumen

$\rho$  = densidad

$t$  = tiempo

**Cálculo del flujo de vapor de calentamiento**

Para obtener el flujo de vapor de calentamiento necesario se aplica la ecuación (2.9):

$$W_s = \frac{W_f C_p (T_1 - T_f) + W_1 \lambda_1}{\lambda_s} \quad (2.9)$$

Donde:

$W_s$  = flujo de vapor de calentamiento

$W_f$  = flujo de alimentación

$C_p$  = calor específico de la alimentación

$T_1$  = temperatura de ebullición a presión de operación del sistema

$T_f$  = temperatura de alimentación

$\lambda_1$  = entalpía de capacidad de evaporación

$\lambda_s$  = entalpía del vapor de calentamiento

### **Cálculo de la economía**

Si se requiere calcular la economía del equipo se aplica la siguiente fórmula (2.10):

$$E = \frac{W_1}{W_s} \quad (2.10)$$

Donde:

$E$  = Economía del equipo

$W_1$  = capacidad de evaporación

$W_s$  = flujo de vapor de calentamiento

### **Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor**

El cálculo del coeficiente global de transferencia de calor se encuentra representado por la ecuación (2.11):

$$U_D = \frac{Q}{A \Delta T} \quad (2.11)$$

Donde:

$U_D$  = coeficiente global de transferencia de calor

$Q$  = cantidad de calor cedida por el producto

$A$  = área

$\Delta T$  = diferencia de temperatura

### **Cálculo de la concentración final**

Para encontrar la concentración final se tiene la siguiente fórmula

(2.12):

$$W_f = W_1 + W_l \quad (2.12)$$

Donde:

$W_f$  = flujo de alimentación

$W_l$  = flujo final

$W_1$  = capacidad de evaporación

Una vez que se halla  $W_l$ , se debe encontrar la cantidad de °Brix presentes en la concentración parcial ( $x_l$ ) por medio de la siguiente ecuación (2.13):

$$W_f \times x_f = W_l \times x_l \quad (2.13)$$

Donde:

$x_f$  = concentración inicial

$x_l$  = concentración final

## 2.7 Análisis sensorial

Se lo hizo con el objetivo de analizar la calidad en el producto final. El análisis sensorial nos permite respaldar o refutar los resultados de análisis de transferencia de calor, de acuerdo al veredicto dado por los panelistas. Se resolvió que sería conveniente realizar dos tipos de pruebas sensoriales para el producto: la prueba de escala hedónica y la prueba triangular.

La prueba de escala hedónica se la hizo con el objetivo de distinguir el producto con la aceptación más alta con respecto a sabor, color y olor.

Luego de analizar los resultados de los panelistas de la prueba de escala hedónica, se escogió la muestra de mayor aceptación se la comparó con el jugo fresco en la denominada prueba triangular, a fin de analizar las diferencias sensoriales entre las dos muestras.

- **Prueba de escala hedónica**

La prueba más usada en análisis sensorial es la escala hedónica de 9 puntos. El término “hedónica” significa “tener que hacerlo con placer”. En esta prueba se emplean escalas donde el panelista expresa su grado de gusto o disgusto.

El cuestionario empleado para la prueba se encuentra establecido de la siguiente manera: **(APENDICE B)**.

Una vez realizado el cuestionario se puede evaluar los resultados de la prueba de escala hedónica por el método de análisis de varianza: **(APENDICE C) (6)**.

Cuando se hayan realizado los cálculos indicados por el método de análisis de varianza se tienen los datos necesarios para determinar la significancia de la variación con el respaldo de las tablas de distribución F que presentan los **APENDICES D y E (2)**.

Una vez realizado este procedimiento se puede completar la siguiente tabla 5:

**TABLA 5**  
**ESQUEMA PARA RESULTADOS DE ANALISIS DE**  
**VARIANZA**

<b>Fuente de varianza</b>	<b>df</b>	<b>ss</b>	<b>ms</b>	<b>F</b>
<b>Muestras</b>				
<b>Jueces</b>				
<b>Error</b>				
<b>Total</b>				

***Fuente:** Mariela Reyes, Folleto de Evaluación Sensorial*

### **Prueba de Tukey**

La prueba de Tukey se la realizó con el objetivo de establecer la diferencia mínima significativa entre las muestras que fueron sometidas a evaluación sensorial.

Para este caso se hizo la comparación entre 3 muestras, cada una representando a los rangos que se dividieron de acuerdo a grado de concentración del producto.

Se anotan los resultados de las muestras A, B y C; para sacar los promedios de acuerdo a las calificaciones de los panelistas, luego se

calcula el error estándar (e) y posteriormente se consulta la tabla de rangos "estudentizados" significativos que se presentan en el

#### **APENDICE F.**

En dicha tabla se requiere el número de tratamientos y los grados de libertad del error para obtener el rango "estudentizado" significativo que corresponda y luego multiplicarlo por el error estándar para obtener la mínima diferencia significativa, tal como se plantea en la siguiente ecuación (2.14):

$$DMS = e * RES \quad (2.14)$$

Después se comparan las diferencias entre las medias, y aquellas que sean mayores a DMS se consideran significativas (2).

#### **- Prueba triangular**

Los panelistas reciben 3 muestras codificadas. Se le informa al panelista que 2 de ellas son las mismas y una es diferente, y se le pide que identifique la diferente.

Se la usa cuando se quiere asegurar que las muestras de diferentes lotes de producción sean las mismas. También se las usa para

determinar si la sustitución de un cambio en el proceso ocasiona una diferencia detectable en el producto (2).

Para llevar a cabo la prueba triangular se debe realizar el cuestionario correspondiente: **(APENDICE G)**

Y para llegar al número de respuestas por parte de los panelistas que indican si hay o no una diferencia significativa en el producto se debe consultar el **APENDICE H (6)**.

## **2.8 Análisis microbiológico**

El análisis microbiológico se lo realizó a la prueba de concentrado de babaco que resultó escogida como la mejor, una vez que ya han sido analizadas desde el punto de vista de transferencia de calor y sensorial. Se la estandarizó a 10ºBrix para realizar las pruebas más importantes para jugo concentrado que son:

- Aerobios totales
- Mohos y levaduras
- Coliformes totales

- **Aerobios totales**

Para identificar los aerobios totales se realizó siembra en masa con la utilización del medio de cultivo requerido, que para la ocasión fue PCA (Plate Count Agar). El conteo de las colonias se lo realizó 2 días después de realizada la siembra. Se realizó siembras por duplicado en diluciones de  $10^{-2}$  (5).

- **Mohos y Levaduras**

Para realizar el conteo de hongos se realizó una siembra en masa con dilución hasta  $10^{-2}$  por duplicado con el medio de cultivo requerido que en este caso fue PDA (Potato Dextrose Agar). El conteo de las colonias se lo realizó a los 5 días de realizada la siembra.

- **Coliformes Totales**

Para realizar la prueba de coliformes totales en el jugo de babaco concentrado se realizaron diluciones de  $10^{-3}$  por triplicado en tubos de ensayo con su respectiva campana de Durham para comprobar si existía o no reacción.

**Estandarización de características microbiológicas en el producto final**

Debido a que no existe una tabla específica de requisitos microbiológicos para jugo concentrado de babaco, se escogió la

destinada a jugo concentrado de naranja, por la similitud de características físico- químicas entre estas dos frutas, tales como: acidez, color, olor, sabor, olor y °Brix.

Según norma INEN 2 298:2002, numeral 6.1.7.3; los requisitos microbiológicos para jugo de naranja son los presentados en la tabla 6:

**TABLA 6**  
**REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS PARA JUGO**  
**CONCENTRADO DE NARANJA**

	<b>n</b>	<b>m</b>	<b>M</b>	<b>c</b>	<b>Método de ensayo</b>
<b>Coliformes NMP/cm</b>	3	<3		0	NTE INEN 1529-6
<b>REP ufc/cm</b>	3	1*10 <sup>2</sup>	1*10 <sup>3</sup>	1	NTE INEN 1529-5
<b>Recuento de mohos y levaduras up/cm</b>	3	5*10 <sup>1</sup>		0	NTE INEN 1529-10

**Fuente:** INEN

*En donde:*

n = # muestras

m = Índice máximo permitido para identificar el nivel de buena calidad

M = Índice máximo permitido para identificar el nivel de  
calidad aceptable

c = # de muestras entre m y M

up = Unidades propagadoras

Para hacer el recuento microbiano y poder comparar con los valores establecidos en la tabla anterior se debe aplicar la siguiente ecuación (2.15):

$$ufc = \text{número de colonias} / \text{dilución} \quad (2.15)$$

# CAPITULO 3

## 3. RESULTADOS

Una vez establecida la metodología se realizaron las pruebas experimentales. En este capítulo los gráficos y tablas estadísticas son una parte fundamental para la evaluación final del proyecto.

### 3.1 Resultados de transferencia de calor

#### - **Tabla de resultados de las pruebas**

La tabla que indica los valores de las pruebas realizadas se las puede encontrar en el **APENDICE I**.

#### - **Análisis gráficos de transferencia de calor**

Para facilitar la comprensión se procedió a dividir en grupos las pruebas realizadas en el evaporador, de acuerdo a los resultados obtenidos.

Con relación a la concentración del producto final en °Brix, se determinaron los siguientes grupos:

⊗ De 22 a 27°Brix

⊗ De 28 a 34°Brix

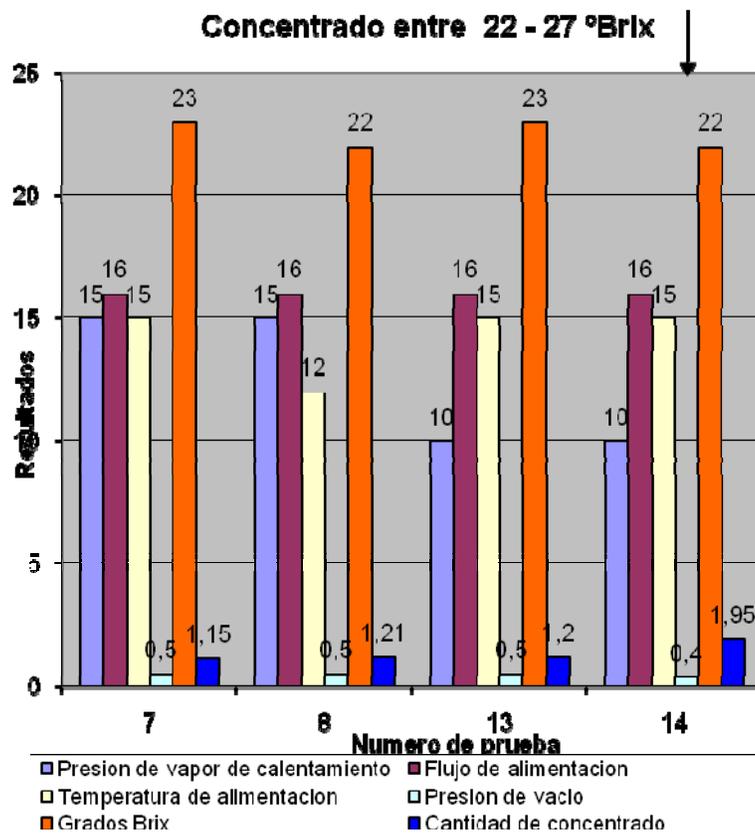
⊗ De 35 a 40°Brix

A partir de esta división en cada grupo se realizó una subdivisión para analizar los resultados, la misma que se detalla a continuación:

- ◆ De acuerdo a concentración final y cantidad final de concentrado.
- ◆ De acuerdo al coeficiente global de transferencia de calor y economía del evaporador.
- ◆ De acuerdo al tiempo y gasto energético.

**De acuerdo a concentración final y cantidad de concentrado**

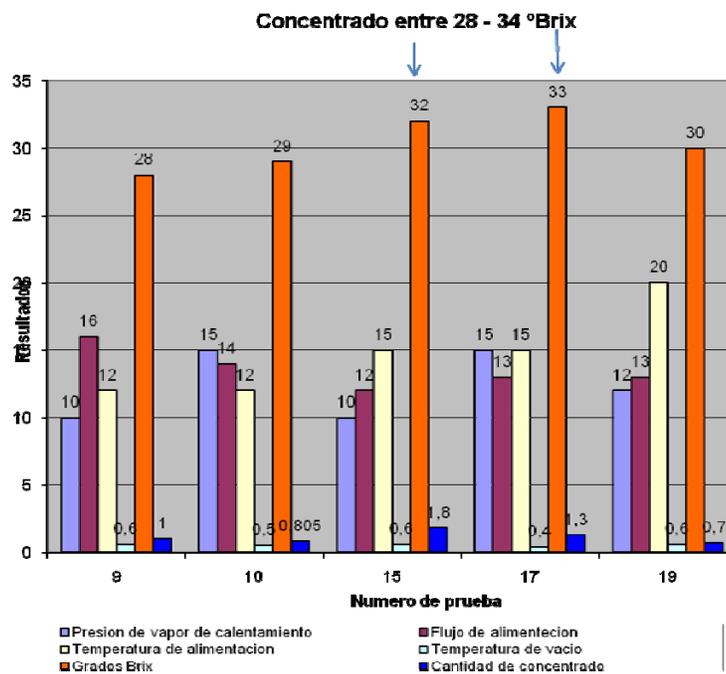
*Para concentrados que tienen un rango de 22 a 27°Brix se tiene la figura 3.1:*



**FIGURA 3.1 RESULTADO ESTADISTICO DE ACUERDO A CONCENTRACION FINAL Y CANTIDAD DE CONCENTRADO PARA INTERVALO DE 22 A 27 °BRIX**

- La prueba más conveniente respecto a °Brix y cantidad de concentrado en el gráfico es la número 14, debido a que refleja en estos aspectos valores más altos que las demás.

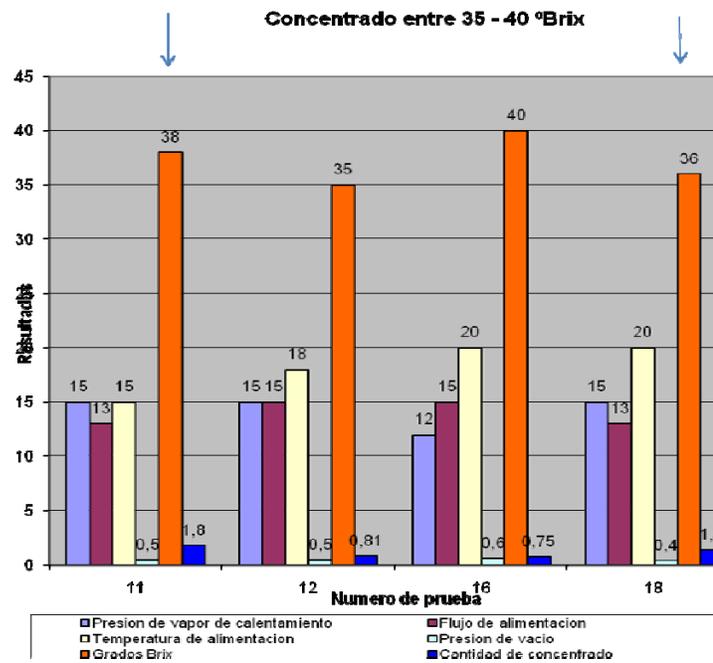
Realizadas las pruebas para un intervalo de 28 a 34° Brix se tienen los resultados mostrados en la figura 3.2:



**FIGURA 3.2 RESULTADO ESTADISTICO DE ACUERDO A CONCENTRACION FINAL Y CANTIDAD DE CONCENTRADO PARA INTERVALO DE 28 A 34 °BRIX**

- Analizando el gráfico en esta clasificación se concluye que las pruebas que representan mayor conveniencia son las número 15 y 17 por las cantidades altas de concentrado y de concentración final en el producto.

Tomando en cuenta las características a evaluar para un intervalo de 35 a 40 °Brix los resultados son los que indica la figura 3.3:

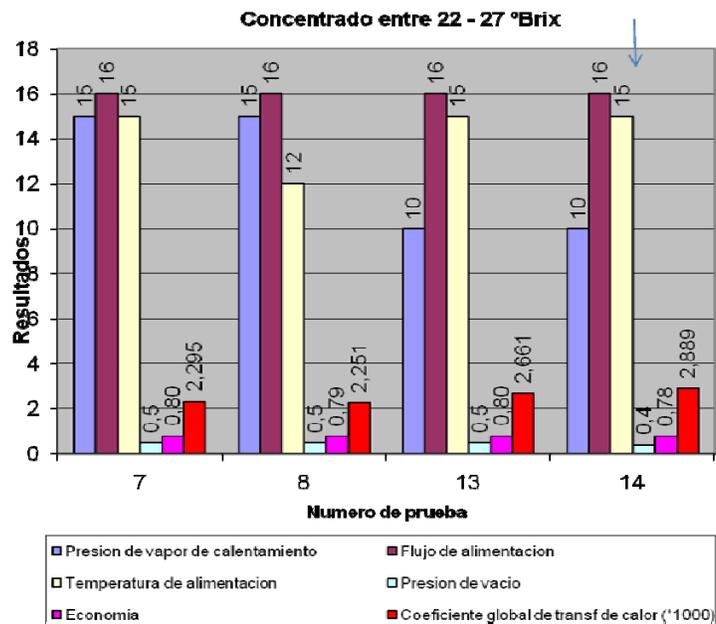


**FIGURA 3.3 RESULTADO ESTADISTICO DE ACUERDO A CONCENTRACION FINAL Y CANTIDAD DE CONCENTRADO PARA INTERVALO DE 35 A 40 °BRUX**

- Respecto a la cantidad de concentrado y a la concentración final alcanzada en el producto se puede establecer que resulta conveniente tener en cuenta las pruebas 11 y 18.

**De acuerdo a coeficiente de transferencia de calor y economía del equipo**

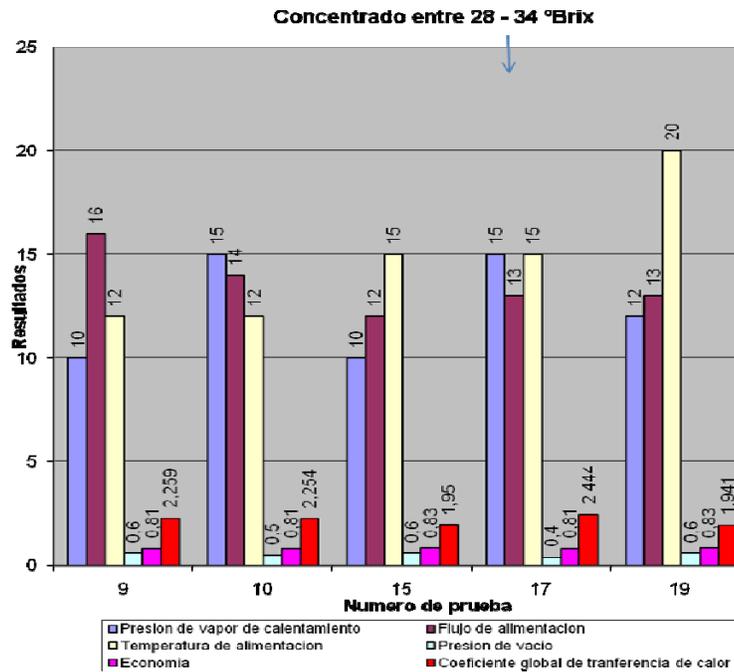
Basándose en estos puntos para pruebas con 22 a 27°Brix se establece la figura 3.4:



**FIGURA 3.4 RESULTADO ESTADISTICO DE ACUERDO A COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y ECONOMIA PARA INTERVALO DE 22 A 27 °BRIX**

- Al analizar el resultado más determinante que es el coeficiente global de transferencia de calor se puede apreciar que es mejor la prueba 14, lo cual coincide con el análisis estadístico anterior del mismo intervalo de muestras. La economía es un poco menor que las demás pero no es muy considerable a la hora de inclinarnos por esta prueba.

Para pruebas experimentales con 28 a 34° Brix, los resultados son los que indica la figura 3.5:

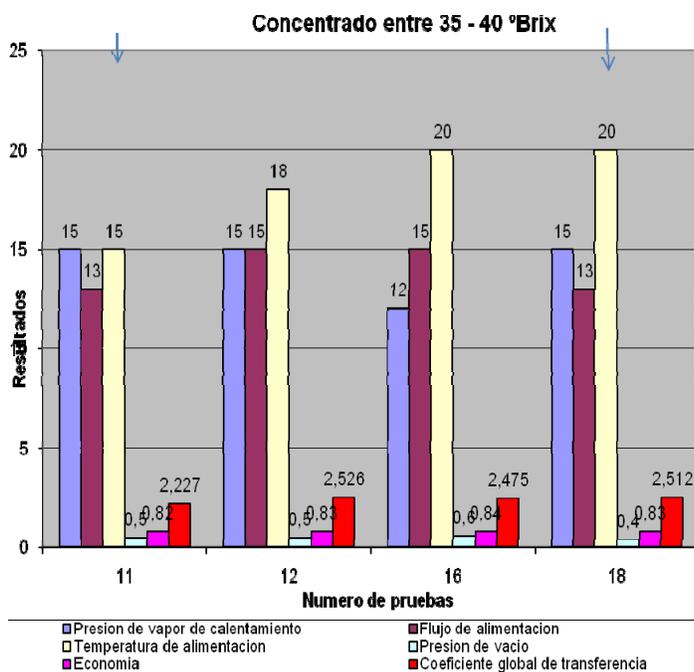


**FIGURA 3.5 RESULTADO ESTADISTICO DE ACUERDO A COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y ECONOMIA PARA INTERVALO DE 28 A 34 °BRIX**

- Al igual que en el gráfico anterior del mismo intervalo resulta positivo realizar la prueba 17, pero la número 15 se la descarta por el coeficiente global de transferencia de calor que es menor de lo requerido por un evaporador de película ascendente (mínimo  $2250\text{W/m}^2\text{°C}$ ).

Para concentrados con un rango de 35 a 40°Brix se muestra la figura

3.6:

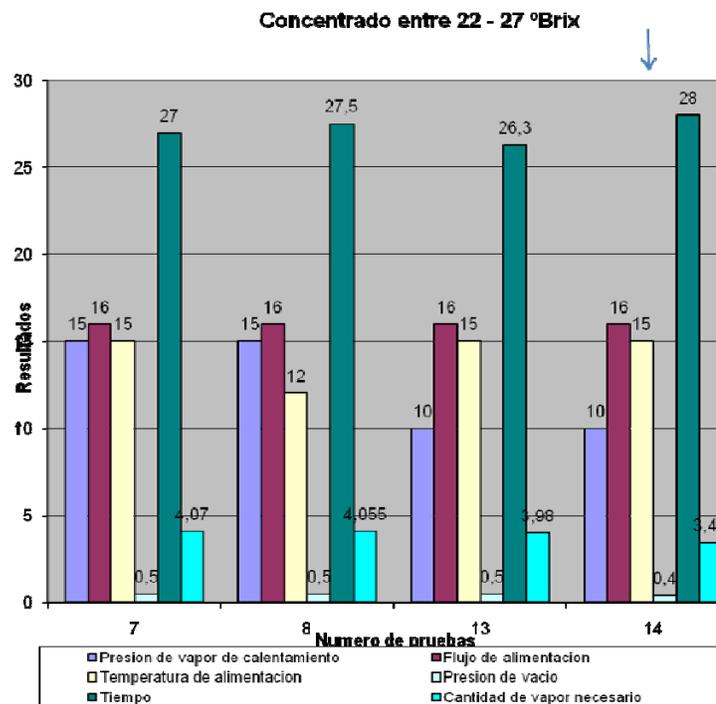


**FIGURA 3.6 RESULTADO ESTADISTICO DE ACUERDO A COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y ECONOMIA PARA INTERVALO DE 35 A 40 °BRIX**

- Por medio de este gráfico se comprueba que las pruebas número 11 y 18 siguen siendo las mejores en este intervalo.

**De acuerdo al tiempo y al gasto energético**

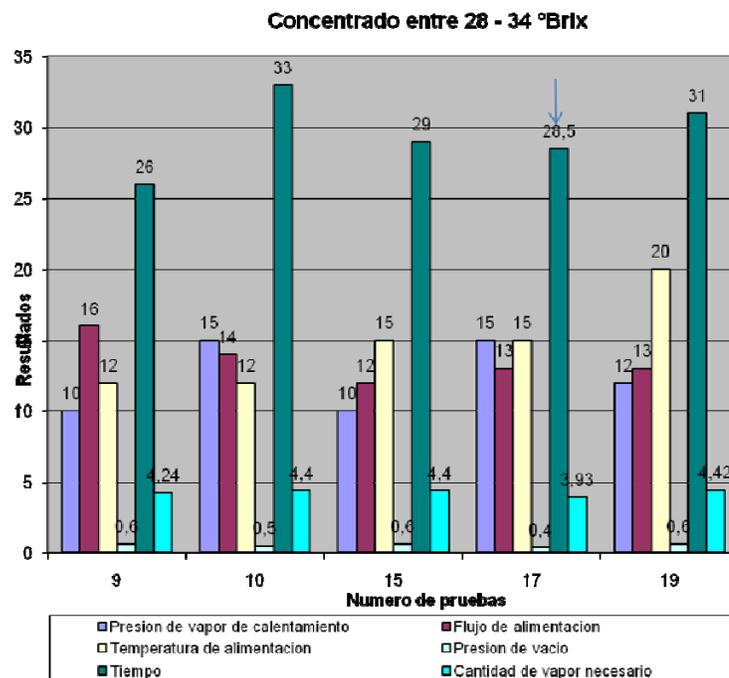
Tomando en cuenta tiempo y gasto de energía la figura que resulta es la 3.7:



**FIGURA 3.7 RESULTADO ESTADISTICO DE ACUERDO AL TIEMPO REQUERIDO Y AL GASTO ENERGETICO PARA INTERVALO DE 22 A 27 °BRIX**

- Tal como indicaron los gráficos anteriores del mismo intervalo, los mejores resultados son para la prueba 14, porque se requiere menor cantidad de energía que los demás y un tiempo relativamente similar.
- Entonces de las pruebas que tienen entre 22 y 27°Brix es beneficioso realizar la prueba 14.

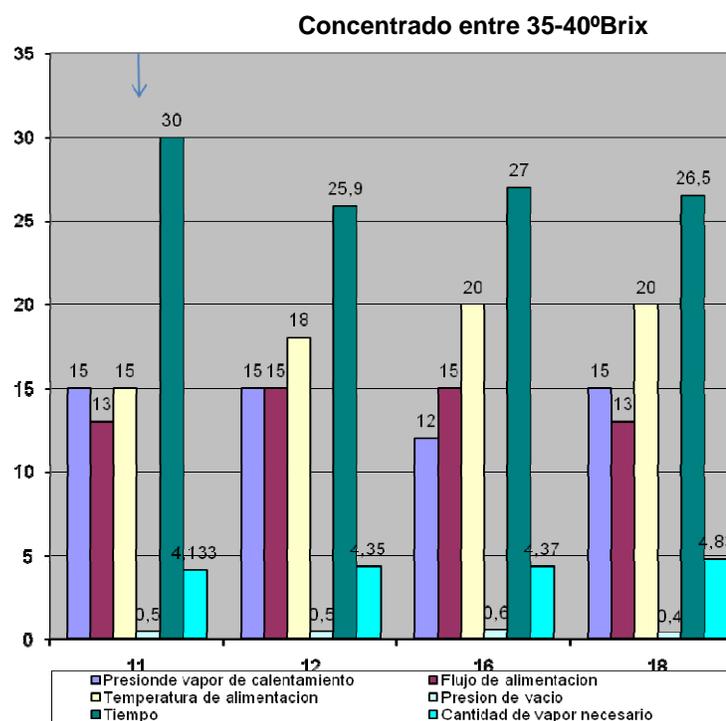
Para un rango de 28 a 34°Brix se tiene la siguiente figura 3.8 tomando en cuenta el tiempo y gasto energético:



**FIGURA 3.8 RESULTADO ESTADISTICO DE ACUERDO AL TIEMPO REQUERIDO Y AL GASTO ENERGETICO PARA INTERVALO DE 28 A 34 °BRIX**

- Aquí se puede confirmar que la prueba 17 es la más beneficiosa por la menor cantidad de energía que se requiere respecto a las demás y porque el tiempo no representa mayor diferencia.
- Por lo tanto, al analizar los 3 gráficos en este intervalo se escoge dicha prueba como la más conveniente.

Para 35 a 40°Brix de concentración de acuerdo a los puntos a analizar se obtiene la figura 3.9:



**FIGURA 3.9 RESULTADO ESTADISTICO DE ACUERDO AL TIEMPO REQUERIDO Y AL GASTO ENERGETICO PARA INTERVALO DE 35 A 40 °BRIX**

- El resultado más conveniente se inclina por la prueba número 11, ya que la cantidad de energía requerida es menor. El tiempo es mayor, sin embargo la diferencia no es mucha.
- Se establece como conclusión que en este intervalo la prueba 11 es la mejor.

**Conclusión final:**

- De acuerdo a los gráficos analizados con respecto al enfoque de transferencia de calor, se escogieron las pruebas 11, 14 y 17 para cumplir el siguiente análisis que correspondieron a las pruebas sensoriales

- **Cálculos de transferencia de calor**

A continuación se presentan los cálculos de las pruebas escogidas como las más convenientes para el estudio (1):

**Prueba 11**

Los datos tomados para la prueba 11 los datos tomados se los presenta en la siguiente tabla 7:

**TABLA 7**  
**DATOS PARA CALCULOS DE TRANSFERENCIA DE**  
**CALOR EN PRUEBA #11**

		#Prueba
<b>Datos</b>	<b>Pv (bar)</b>	0.5
	<b>Promedio tiempo (s)</b>	68.3
	<b>Promedio volumen (ml)</b>	185
	<b>Ps (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	15
	<b>Wf (lt/h)</b>	13
	<b>Xf</b>	0.1
	<b>Tf (°C)</b>	15

	Cp (kJ/kg°C)	3.98
--	--------------	------

*Elaborada por: Jean Paúl Mejía N.*

**Cálculos:**

### Cálculo de la capacidad de evaporación (W1)

Vacío = -0.5 bar

Aplicando la fórmula (2.8), se tiene el siguiente cálculo:

$$W1 = \frac{103 \text{ ml} \cdot 1 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 1000 \text{ ml}}{68.3 \text{ s} \cdot 3600 \text{ s/h}}$$

$$W1 = 9.75 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

### Cálculo del flujo de vapor de calentamiento (Ws)

Utilizando la ecuación (2.9), se puede desarrollar del modo siguiente:

$$Ws = \frac{13 \frac{\text{kg}}{\text{h}} (1.025 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) (3.98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}}) (91.87 - 13) \text{ C} + (9.75 \frac{\text{kg}}{\text{h}}) (2303.12 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})}{2175.75 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$Ws = 11.82 \text{ kg/h}$$

### Economía del evaporador (E)

Usando la ecuación (2.10):

$$E = \frac{9.75 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{11.82 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}$$

$$E = 0.82$$

### Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor ( $U_D$ )

Tomando como base la ecuación (2.11), podemos calcular el  $U_D$ :

$$U_d = \frac{11.82 \frac{kg}{h} * 2198.78 \frac{kJ}{kg}}{0.081 m^2 (120.9 - 81.8) ^\circ C}$$

$$U_d = 8173.51 \frac{kJ}{kg^\circ C} * \frac{1000 J}{kJ} * \frac{h}{3600 s}$$

$$U_d = 2270.42 \frac{W}{m^2^\circ C}$$

### Cálculo de la concentración final (X1)

Debemos partir de la ecuación (2.12), para obtener la concentración final:

$$W_f = W_1 + W_2$$

$$(13) * (1.026) = 9.75 + W_1$$

$$W_1 = 3.59 \text{ kg/h}$$

Una vez obtenido  $W_1$ , aplicamos la ecuación (2.13) y se tiene:

$$W_f X_F = W_i X_i$$

$$X_i = \frac{13 * 1.026 * 0.10}{9.59}$$

$$X_i = 0.37$$

$$X_i = 37\%$$

Los resultados se los puede apreciar en la siguiente tabla 8:

**TABLA 8**  
**RESULTADOS DE CALCULOS DE**  
**TRANSFERENCIA DE CALOR EN PRUEBA #11**

W1 (kg/h)	Ws (kg/h)	E	Ud(W/m <sup>2</sup> °C)	XI(%)
9,75	11,82	0,82	2270,42	37

*Elaborada por: Jean Paúl Mejía N.*

### Pruebas 14 y 17

Siguiendo la misma metodología para las pruebas 14 y 17, y aplicando las fórmulas correspondientes tal como se realizó para la prueba anterior, se tiene la siguiente tabla 9:

**TABLA 9**  
**RESULTADOS DE PRUEBAS DE**  
**TRANSFERENCIA DE CALOR**

		<b>Prueba 11</b>	<b>Prueba 14</b>	<b>Prueba 17</b>
<b>Datos</b>	<b>Pv (bar)</b>	0,5	0,5	0,5
	<b>Promedio tiempo (s)</b>	68,33	77,66	73
	<b>Promedio volumen (ml)</b>	185	185	185
	<b>Ps (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	15	10	15
	<b>Wf (lt/h)</b>	13	16	13
	<b>xf</b>	0,1	0,1	0,1
	<b>Tf (°C)</b>	15	15	15
	<b>Cp (kJ/kg°C)</b>	3,98	3,98	3,98
<b>Resultados</b>	<b>W1 (kg/h)</b>	9,75	8,58	9,12
	<b>Ws (kg/h)</b>	11,82	10,98	11,23
	<b>E</b>	0,82	0,78	0,81
	<b>Ud (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	2270,42	2888,83	2443,54
	<b>xl (%)</b>	37	21	32

*Elaborada por: Jean Paúl Mejía N.*

**- Parámetros a variar**

Los análisis de la influencia de la variación de parámetros de operación con respecto a la capacidad de evaporación, economía, concentración y cantidad de concentrado se basaron en la tabla que se presenta en el **APENDICE I**, tomando de ella las pruebas 11, 18, 20, 21 que fueron comparadas con la prueba 17, para establecer lo siguiente :

**Respecto a capacidad de evaporación**

Al analizar las tablas se puede deducir que sería justificable aumentar los valores de los parámetros iniciales, porque se observa que mejora en una cantidad representativa la capacidad de evaporación del equipo.

### **Respecto a la economía**

Al variar los parámetros de operación, la economía no representa mucha variación, sea ésta en el plano positivo o negativo para el proceso; sin embargo se puede apreciar una mejora un poco mayor cuando el producto ingresa con mayor temperatura.

### **Respecto a la concentración**

El factor que más favorece a la concentración es el aumento de la presión de vacío, mientras que al aumentar el flujo la concentración es más baja debido al menor tiempo de contacto del jugo con el vapor de calentamiento.

### **Respecto a la cantidad de concentrado**

Tanto el ingreso de una temperatura mayor del producto como el aumento del flujo de alimentación dan una mayor cantidad de concentrado, debido al menor tiempo que tienen expuestos al vapor de calentamiento, sin embargo se debe tomar en cuenta que la

concentración cuando se aumenta el flujo disminuye considerablemente, por lo que el punto más positivo sería el aumento de temperatura.

### 3.2 Balances de materia y energía

#### Prueba 11

##### **Balance de materia**

Considerando que se parte de 5 litros de jugo fresco y lo medido en los tanques de condensado y concentrado es 3.92 litros y 1.08 litros respectivamente se puede realizar el siguiente balance de masa basado en la ecuación (2.5):

$$5 = 3.92 + 1.08$$

En el caso del balance de componentes y para valores de 10°Brix

en el jugo fresco y 38°Brix en el jugo concentrado, la fórmula

es la que corresponde a la ecuación (2.1):

$$5 (0.10) = 1.08 (0.38)$$

$$0.5 = 0.41$$

Y relacionando los valores resultantes por medio de la ecuación

(2.6) tenemos que la eficiencia del proceso es:

$$\text{Eficiencia} = (0.41/0.5) * 100$$

$$\text{Eficiencia} = 82\%$$

### **Balance de energía**

Si queremos encontrar la cantidad de vapor necesario para el experimento a realizar, se debe aplicar la ecuación (2.7), y se tiene entonces:

$$G2 (646.96 - 122.01) = 3.92 (550) + 1.08 (82.37) - 5 (15)$$

$$G2 = 4.133 \text{ Kg/h}$$

### **Pruebas 14 y 17**

Aplicando las fórmulas utilizadas para la prueba anterior, se tiene la tabla 10:

**TABLA 10**

**RESULTADOS DE BALANCE DE  
MATERIA Y ENERGIA**

		Prueba 11	Prueba 14	Prueba 17
<b>Balance de materia</b>	<b>L1 (lt)</b>	5	5	5
	<b>G3 (lt)</b>	3,92	3,15	3,7
	<b>L5 (lt)</b>	1,08	1,95	1,3
	<b>X1</b>	0,1	0,1	0,1
	<b>X5</b>	0,38	0,22	0,33
	<b>Eficiencia (%)</b>	82	86	86
<b>Balance de energía</b>	<b>L1 (lt)</b>	5	5	5
	<b>H1 (kcal/Kg)</b>	15	15	15
	<b>G2 (kg/h)</b>	4,13	3,43	3,93
	<b>H2 (kcal/Kg)</b>	646,96	646,96	646,96
	<b>G3 (kg/h)</b>	3,92	3,15	3,7
	<b>H3 (kcal/Kg)</b>	550	547,3	547,3
	<b>H4 (kcal/Kg)</b>	122,01	116,26	122,01
	<b>L5 (lt)</b>	1,08	1,95	1,3
	<b>H5 (kcal/Kg)</b>	82,37	86,82	86,82

*Elaborada por: Jean Paúl Mejía N.*

- Al realizar el balance parcial en cada una de las pruebas nos damos cuenta que en el proceso de evaporación la cantidad de concentrado en la parte experimental resultaba menor que lo establecido teóricamente.

- Sin embargo la eficiencia del proceso se la puede calificar como alta, ya que indica un rango de 83 a 86% de eficiencia.

### 3.3 Parámetros organolépticos: acidez y características sensoriales

- **Acidez**

Se analizó el porcentaje de acidez en el jugo fresco y concentrado para apreciar la pérdida de acidez que se daba luego del proceso de concentración. Para ello se utilizó la ecuación (2.4) y los resultados fueron los que se muestran en la tabla 11:

**TABLA 11**  
**RESULTADOS DE PORCENTAJE**  
**DE ACIDEZ**

	Jugo fresco	Jugo concentrado
<b>Muestra (ml)</b>	50	50
<b>N</b>	0,5	0,5
<b>C(ml)</b>	2,5	1,8
<b>Meq ácido cítrico</b>	0,064	0,064
<b>Acidez (%)</b>	16 aprox.	11 aprox.

*Elaborada por: Jean Paúl Mejía N.*

**Corrección de pH**

Se realizó la medición de pH tanto en el jugo fresco como en el concentrado y se corrigió el pH de acuerdo al método del numeral 2.4, y los resultados fueron los expresados en la siguiente tabla 12:

**TABLA 12**

**CORRECCION DE pH PARA JUGO  
CONCENTRADO DE BABACO**

	Jugo fresco	Jugo concentrado
<b>Grados Brix</b>	10	10
<b>Muestra (ml)</b>	50	50
<b>pH</b>	3,6 aprox.	3,66 aprox.
<b># de gotas para corregir pH</b>		30
<b>pH luego de corrección</b>		3,6 aprox.

*Elaborada por: Jean Paúl Mejía N.*

- **Características sensoriales**

- **Prueba hedónica**

Aplicando el cuestionario de la prueba hedónica (ver **APENDICE B**) en las pruebas 11, 14 y 17 se obtuvieron los siguientes resultados por parte de los panelistas (5):

**Cuadro de resultados:**

**Sabor**

	<b>Prueba 11</b>	<b>Prueba 14</b>	<b>Prueba 17</b>	
<b>Jueces</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>total</b>
<b>1</b>	9	9	6	24
<b>2</b>	8	9	3	20
<b>3</b>	8	9	7	24
<b>4</b>	9	9	4	22
<b>5</b>	8	7	3	18
<b>6</b>	8	9	4	21
<b>7</b>	8	8	8	24
<b>8</b>	6	7	7	20
<b>9</b>	8	7	8	23
<b>10</b>	8	9	4	21
<b>11</b>	8	8	5	21
<b>12</b>	8	9	4	21
<b>13</b>	8	8	3	19
<b>14</b>	8	9	4	21
<b>15</b>	7	9	4	20
<b>Total</b>	<b>119</b>	<b>126</b>	<b>74</b>	<b>319</b>

Una vez obtenidas las calificaciones se siguió el procedimiento

establecido (**ver APENDICE C**) y para el sabor se obtuvo la siguiente tabla 13:

**TABLA 13**  
**RESULTADOS DE ANALISIS DE**  
**VARIANZA DEL SABOR**

Fuente de varianza	df	ss	ms	F
<b>Muestras</b>	2	106.18	53.09	32.37
<b>Jueces</b>	14	15.64	1.12	0.68
<b>Error</b>	28	45.82	1.64	
<b>Total</b>	44	167.64		
<b>F (3,28; 5%)</b>				3.34
<b>F (3,28; 1%)</b>				5.45

*Elaborada por: Jean Paúl Mejía N.*

**Análisis de tabla:**

- Al analizar la tabla 16, considerando la razón de la varianza de las muestras ( $F_m$ ) y el valor de F de tablas o F crítico (**ver APENDICES D y E**) se observa que hay un nivel de significancia de hasta 1%.

**Prueba de Tukey**

Los resultados de las muestras son: A=119, B =126, C=74 y los promedios son:

A=7.93, B=8.4, C= 4.93, y ordenando de mayor a menor:

B=8.4, A=7.93, C= 4.93,

El error estándar es  $mse/15$

$1.64/15 = 0.11$

Diferencia mínima significativa = (Error estándar \* RES  
(ver APENDICE F))

Diferencia mínima significativa =  $(0.11*3.5) = 0.39$

A-C =  $7.93 - 4.93$ ;  $3 > 0.39$

B-C =  $8.4 - 4.93$ ;  $3.47 > 0.39$

B- A =  $8.4 - 7.93$ ;  $0.47 > 0.39$

#### **Análisis:**

- Al analizar el sabor en las muestras se establece que hay diferencia significativa de A y B con respecto a C, y de B en relación con la muestra A. Esto indica que la muestra B tiene una ventaja en el sabor al ser comparadas con las otras dos muestras.

**Cuadro de resultados:****Color**

Aplicando el mismo cuestionario empleado para la evaluación del sabor para el color se obtuvo:

	<b>Prueba 11</b>	<b>Prueba 14</b>	<b>Prueba 17</b>	
<b>Jueces</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>total</b>
<b>1</b>	8	9	4	21
<b>2</b>	7	8	2	17
<b>3</b>	7	7	4	18
<b>4</b>	7	7	5	19
<b>5</b>	6	8	3	17
<b>6</b>	6	6	8	20
<b>7</b>	8	9	7	24
<b>8</b>	8	8	1	17
<b>9</b>	7	7	8	22
<b>10</b>	8	9	2	19
<b>11</b>	9	8	5	22
<b>12</b>	8	8	5	21
<b>13</b>	8	7	7	22
<b>14</b>	9	8	1	18
<b>15</b>	7	9	5	21
<b>Total</b>	<b>113</b>	<b>118</b>	<b>67</b>	<b>298</b>

Y utilizando el **APENDICE C** como referencia se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 14:

**TABLA 14**  
**RESULTADOS DE ANALISIS DE**  
**VARIANZA DEL COLOR**

<b>Fuente de varianza</b>	<b>df</b>	<b>ss</b>	<b>ms</b>	<b>F</b>
<b>Muestras</b>	2	105.38	52.69	18.76
<b>Jueces</b>	14	22.58	1.61	0.57
<b>Error</b>	28	78.62	2.81	
<b>Total</b>	44	206.58		
<b>F (3,28; 5%)</b>				3.34
<b>F (3,28; 1%)</b>				5.45

*Elaborada por: Jean Paúl Mejía N.*

#### **Análisis de tabla:**

- Observando la tabla 17, se toma en cuenta la varianza de las muestras ( $F_m$ ) y el valor de  $F_{crítico}$  (**ver APENDICES D y E**) para concluir que existe un nivel de significancia de hasta 1%.

#### **Prueba de Tukey**

Los resultados de las muestras son: A=113, B =118, C=67 y los promedios son:

A=7.53, B=7.87, C= 4.47, y ordenando de mayor a menor:

B=7.87, A=7.53, C= 4.47,

El error estándar es  $mse/15$

$2.81/15 = 0.19$

Diferencia mínima significativa = (Error estándar \* RES (ver  
**APENDICE F**))

Diferencia mínima significativa =  $(0.19*3.5) = 0.67$

B- C =  $7.87-4.47$ ;  $3.4 > 0.67$

A-C =  $7.53-4.47$ ;  $3.06 > 0.67$

B-A =  $7.87-7.53$ ;  $0.34 < 0.67$

#### **Análisis:**

- Analizando el color de acuerdo a la prueba de Tukey, se determina que existe diferencia significativa de las muestras A y B al ser comparadas con la muestra C, pero no hay diferencia significativa entre ellas para el color. Por lo tanto las muestras A y B son consideradas las más aceptables al analizar esta característica sensorial.

#### **Olor**

Las calificaciones para el olor en el jugo concentrado de babaco fueron las siguientes:

	<b>Prueba 11</b>	<b>Prueba 14</b>	<b>Prueba 17</b>	
<b>Jueces</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>total</b>
<b>1</b>	8	7	3	18
<b>2</b>	5	8	2	15
<b>3</b>	7	5	6	18
<b>4</b>	4	5	5	14
<b>5</b>	8	6	3	17
<b>6</b>	7	4	7	18
<b>7</b>	8	8	8	24
<b>8</b>	5	5	5	15
<b>9</b>	7	6	8	21
<b>10</b>	7	8	5	20
<b>11</b>	5	5	3	13
<b>12</b>	7	7	5	19
<b>13</b>	6	5	7	18
<b>14</b>	5	8	3	16
<b>15</b>	6	8	5	19
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>75</b>	<b>265</b>

Y aplicando los cálculos realizados para las otras características sensoriales se obtienen los resultados de la tabla 15:

**TABLA 15**  
**RESULTADOS DE ANALISIS DE**  
**VARIANZA DEL OLOR**

<b>Fuente de varianza</b>	<b>df</b>	<b>ss</b>	<b>ms</b>	<b>F</b>
<b>Muestras</b>	2	17.78	8.89	3.72
<b>Jueces</b>	14	37.78	2.70	1.13
<b>Error</b>	28	66.89	2.39	
<b>Total</b>	44	122.44		
<b>F (3,28; 5%)</b>				3.34
<b>F (3,28; 1%)</b>				5.45

*Elaborada por: Jean Paúl Mejía N.*

**Análisis de tabla:**

- Con referencia a la tabla 18, y tomando en cuenta las muestras ( $F_m$ ) y el valor de F crítico (**ver APENDICES D y E**) se establece que se puede llegar hasta una diferencia significativa del 5%, ya que el valor de F de tablas para un nivel de significancia del 1% es menor que el  $F_m$ .

**Prueba de Tukey**

Los resultados de las muestras son: A=95, B =95, C=75 y los promedios son:

A=6.33, B=6.33, C= 5,

El error estándar es  $mse/15$

$$2.39/15 = 0.16$$

Diferencia mínima significativa = (Error estándar \* RES (ver **APENDICE F**))

$$\text{Diferencia mínima significativa} = (0.16 * 3.5) = 0.56$$

$$A-C = 6.33-5; 1.33 > 0.56$$

$$B-C = 6.33-5; 1.33 > 0.56$$

#### **Análisis:**

- Las pruebas A y B son las más estables en la característica del olor, porque presentan la misma diferencia significativa con respecto a C.

#### **Conclusión de las pruebas hedónicas:**

Al analizar el sabor, color y olor mediante la prueba de escala hedónica y los métodos que esta abarca, resulta que la muestra B es la más estable de todas, y por ello se la escogió para someterla a la prueba triangular, descartando las muestras A y C.

- **Prueba Triangular**

Utilizando el **APENDICE G** como referencia se tiene:

**RESULTADOS:**

1) La muestra impar fue identificada por 11 panelistas.

Por lo tanto si existe diferencia detectable entre las muestras.

2) Los resultados del grado de diferencia son:

	<b>Número de jueces</b>		<b>Valor</b>
<b>Ligera</b>	3	*1 =	3
<b>Moderada</b>	5	*2 =	10
<b>Mucha</b>	2	*3 =	6
<b>Extrema</b>	1	*4 =	4
		<b>Total</b>	<b>23</b>
		<b>Promedio</b>	<b>2.09</b>

Por lo tanto la diferencia encontrada es moderada.

3) De los 11 jueces, 3 encontraron que la muestra diferente es más aceptable.

Entonces no hay preferencia por la muestra diferente.

**Margen de confianza de prueba triangular**

Utilizando el **APENDICE H**, que corresponde al número de respuestas para llegar a una diferencia significativa, se puede observar que al acertar 11 de 15 panelistas que realizaron la prueba triangular, el margen de confianza que ofrece la prueba triangular es del 99%.

### **3.4 Contenidos microbiológicos**

Una vez que se obtuvo la muestra con calificaciones más altas en la parte sensorial, que corresponde a la muestra B (prueba #14), se procedió a someterla a pruebas microbiológicas para determinar si cumplía con los requisitos establecidos para jugo concentrado y los resultados fueron los planteados en la tabla 16:

**TABLA 16**  
**RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DEL JUGO**  
**CONCENTRADO DE BABACO**

<b>E</b>	<b>Análisis</b>	<b>Diluciones</b>	<b>Prueba 14</b>	
<b>l</b> <b>a</b> <b>b</b> <b>o</b>	<b>PCA (Aerobios totales)</b>	<b>Número de Colonias</b>	$10^{-1}$	8
			$10^{-1}$	6
			$10^{-2}$	1
			$10^{-2}$	0
		<b>ufc</b>	$10^{-1}$	80
			$10^{-1}$	60
			$10^{-2}$	100
			$10^{-2}$	-
<b>r</b> <b>a</b> <b>d</b> <b>a</b>	<b>PDA (Mohos y Levaduras)</b>	<b>Número de Colonias</b>	$10^{-1}$	2
			$10^{-1}$	4
			$10^{-2}$	-
			$10^{-2}$	-
		<b>ufc</b>	$10^{-1}$	20
			$10^{-1}$	40
			$10^{-2}$	-
			$10^{-2}$	-
<b>p</b> <b>o</b> <b>r</b> <b>.</b>	<b>SLB (Coliformes totales)</b>	<b>Número de Colonias</b>	$10^{-1}$	-
			$10^{-1}$	-
			$10^{-2}$	-
			$10^{-2}$	-
		<b>ufc</b>	$10^{-1}$	-
			$10^{-1}$	-
			$10^{-2}$	-
			$10^{-2}$	-

*Jean Paúl Mejía N.*

**Conclusión del análisis microbiológico:**

Al comparar los resultados para el jugo concentrado de babaco con respecto a los requisitos microbiológicos para la norma tomada como referencia que es la de jugo concentrado de naranja se puede concluir que:

- Los resultados en PCA se encuentran dentro de lo permitido que corresponde a 100 aerobios totales como máximo.
  
- Al realizar la siembra con el PDA se aprecia que el jugo es aceptable, ya que está dentro de los rangos estipulados que indica una presencia máxima de 50 hongos.
  
- La prueba para coliformes totales dio como resultado negativo en las siembras realizadas.

**3.5 Análisis total:**

Al relacionar los análisis de transferencia de calor con las pruebas sensoriales se puede establecer que los concentrados con más alto °Brix no resultaron ser los mejores en el grado de aceptación por parte de los panelistas, y es preferible obtener un concentrado con menor

cantidad de ° Brix debido a que las características organolépticas se acercaron más a las del jugo fresco que se tuvo inicialmente.

Es por esto que de las pruebas 11, 14 y 17 que resultaron ser las mejores en la parte de transferencia de calor; se escogió la número 14 que tuvo la menor concentración en relación a las otras, porque los resultados hedónicos así lo establecieron. Al realizar la prueba triangular, la tendencia indicaba una mayoría que prefirió el jugo fresco, sin embargo algunos resultados indicaron que el jugo diluido era mejor que el fresco. Esto indica que a pesar de no superar al jugo fresco, se obtuvo una buena calidad en el producto final.

Esta calidad sensorial se vio respaldada por el análisis microbiológico que se realizó, donde el concentrado final cumplió con todos los requisitos establecidos para jugos concentrados.

A pesar de realizar pruebas con la intención de obtener una concentración alta en el producto y a la vez una alta calidad organoléptica, fue complicado el objetivo debido a los problemas que se presentaron en el proceso de evaporación, como por ejemplo: obstrucción en el rotámetro que marcaba el flujo de alimentación, caramelización del producto o falta de retención de aromas por parte del equipo.

Por esto, se debería implementar una mejora en el sistema para obtener mejores características de concentrados en el caso que se quiera usar el evaporador de película ascendente con la intención de alguna pequeña producción.

# CAPITULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- La mejor prueba presentó los siguientes resultados: 22°Brix de concentración, 1,95 lt de cantidad de concentrado, capacidad de evaporación de 8,58 kg/h, economía del equipo de 0,78; coeficiente global de transferencia de calor de 2888,83 W/m<sup>2</sup>°C; gasto energético 3,43 kg/h y tiempo de 28 minutos. Para esto, los parámetros de operación resultantes fueron: 0,4 bar para presión de vacío; 10 lb/pulg<sup>2</sup> para presión de vapor de calentamiento; 16 lt/h para flujo de alimentación y una temperatura de 15°C.
- La presión de vacío más conveniente para el proceso de concentración fue de 0.4 bares. Si se aplica mayor presión de vacío en el sistema, el rendimiento es menor.
- Mantener un flujo de 16 lt/h es lo recomendado. A valores muy bajos, el proceso demora más sin mayores beneficios.

- La presión de vapor de calentamiento se establecen en 10 lb/pulg<sup>2</sup>, porque si se aumentan estos valores hay tendencia a caramelización en el jugo.
- Al realizar la prueba sensorial de escala hedónica obtuvo mejores calificaciones la de concentración de 22°Brix cuando se la comparó con la de 33 y 38°Brix.
- Realizada la prueba triangular se obtuvo que la muestra con tratamiento térmico al ser comparada con jugo fresco, fue identificada por 11 de 15 panelistas. La diferencia fue calificada como moderada.
- Los resultados en el jugo concentrado de babaco indicaron presencia máxima de 100 aerobios totales (siembra en PCA), 40 mohos y levaduras (siembra en PDA) y resultado negativo para coliformes totales (siembra en LSB).

### **Recomendaciones**

- Es importante controlar cuidadosamente el paso del vapor desde el manifold ubicado en el área del caldero, hasta que el mismo llegue al evaporador.

- Es recomendable asegurarse que los parámetros de operación se encuentren en régimen estacionario antes de iniciar el proceso, sin que se observen variaciones notables.
- Se debe realizar entre cada corrida la limpieza respectiva del evaporador (Cleaning in Place) de manera metódica.
- Con el fin de complementar la línea de proceso sería conveniente incorporar en el equipo un recuperador de aromas e implementar un pasteurizador posterior al proceso de evaporación.
- Este estudio puede servir de base para la elaboración de proyectos futuros que deseen concentrar jugos de frutas.

**APENDICE A**

**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL CLEANING IN PLACE EN EL**

**EVAPORADOR DE PELICULA ASCENDENTE**

**CLEANING PROCEDURE FOR FT22**

For users of the equipment who have access to proprietary cleaning agents, the following cleaning procedure is suggested:-

This cleaning procedure has been recommended by Lever Industrial. It involves a two stage cleaning cycle. First stage cleaning using LQ 94 (a caustic based product containing sequestrant) followed by Polaris SU 318 as a terminal disinfectant.

Follow the procedure in the manual to engage the CIP (Clean in Place) pump (page **¡Error! Marcador no definido.**).

*First Stage Clean - LQ 94*

Pre-rinse (water) Time	:	5 minutes (ambient temperature)
Detergent Concentration	:	2.0% w/w 150ml LQ 94 -> 10 litres of water
Detergent Circulation Time	:	15-20 minutes (65-80°C)
Intermediate Rinse Time	:	3 minutes water (ambient temperature)

*Secondary Cleaning Stage - Polaris SU 318*

Disinfectant Concentration	:	1% w/w 100ml Polaris SU 318 -> 10 litres water
Disinfectant Circulation Time	:	10-15 minutes (ambient temperature)
Final Rinse	:	3 minutes (ambient temperature)

Drain down the system. Ensure that the external surfaces have been wiped down and any product residues have been removed.

**N.B. IMPORTANT**

Ensure when using the above specified detergents or indeed any detergents or cleaning fluids that you have the relevant Health & Safety Data Sheets and ensure you take the necessary precautions.

## APENDICE B

### CUESTIONARIO PARA PRUEBA DE ESCALA HEDONICA

Nombre:

Fecha:

A continuación van a probar la muestra de JUGO DE BABACO CONCENTRADO, en la cual van a calificar los siguientes parámetros marcando con una "X" en la posterior escala de acuerdo a su nivel de agrado.

<b>ESCALA</b>	<b>SABOR</b>	<b>COLOR</b>	<b>OLOR</b>
Le gusta extremadamente			
Le gusta mucho			
Le gusta moderadamente			
Le gusta ligeramente			
Ni le gusta ni le disgusta			
Le disgusta ligeramente			
Le disgusta moderadamente			
Le disgusta mucho			
Le disgusta extremadamente			

**COMENTARIOS:**

---

---

---

## APENDICE C

### METODO DE ANALISIS DE VARIANZA

**Cuadro de resultados:**

<b>Jueces</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>total</b>
1	A1	B1	C1	S1
2	A2	B2	C2	S2
3	A3	B3	C3	S3
4	A4	B4	C4	S4
5	A5	B5	C5	S5
6	A6	B6	C6	S6
7	A7	B7	C7	S7
8	A8	B8	C8	S8
9	A9	B9	C9	S9
10	A10	B10	C10	S10
<b>Total</b>	<b>SA</b>	<b>SB</b>	<b>SC</b>	<b>Suma Total</b>

### ANALISIS DE VARIANZA

**Factor de Corrección:**

$$CF = \frac{(SumaTotal)^2}{NumerodeMuestras * NumerodeJueces}$$

**Suma de Cuadrados Muestra:**

$$Ssm = \frac{((SA)^2 + (SB)^2 + (SC)^2)}{10} - CF$$

**Suma de Cuadrados Jueces:**

$$Ssj = \frac{((S1)^2 + (S2)^2 + (S3)^2 + (S4)^2 + (S5)^2 + (S6)^2 + (S7)^2 + (S8)^2 + (S9)^2 + (S10)^2 + (S11)^2 + (S12)^2 + (S13)^2 + (S14)^2 + (S15)^2)}{3} - CF$$

**Suma de Cuadrados Total:**

$$Sst = (A1 + A2 + A3 + A4 + \dots + C15) - CF$$

**Suma de Cuadrados error:**

$$Sse = SSt - Ssm - Ssj$$

**Grados de libertad muestras:**

$$dfm = \text{Numerodemuestras} - 1$$

**Grados de libertad jueces:**

$$dfj = \text{Numerodejueces} - 1$$

**Grados de libertad total:**

$$df = (\text{Numerodemuestras} * \text{Numerodejueces}) - 1$$

**Grados de libertad error:**

$$dfe = dft - dfj - dfm$$

**Cuadrado promedio muestra:**

$$msm = \frac{Ssm}{dfm}$$

**Cuadrado promedio jueces:**

$$msj = \frac{Ssj}{dfj}$$

**Cuadrado promedio error:**

$$mse = \frac{Sse}{dfe}$$

**Razón de la varianza muestra:**

$$Fm = \frac{msm}{mse}$$

**Razón de la varianza jueces:**

$$Fj = \frac{msj}{mse}$$

## APENDICE D

### TABLAS DE DISTRIBUCION F PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL

5%

n1 = grados de libertad para el numerador

n2 = grados de libertad para el denominador

n1 n2	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234	238,9	243,9	249	255
2	18,51	19	19,16	19,25	19,3	19,33	19,37	19,41	19,5	19,5
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4	3,84	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,9	2,71
10	4,96	4,1	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,2	3,09	2,95	2,79	2,61	2,4
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3	2,85	2,69	2,5	2,3
13	4,67	3,8	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,6	2,42	2,21
14	4,6	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,7	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,9	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,2	2,96	2,81	2,7	2,55	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,9	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,1	2,87	2,71	2,6	2,45	2,28	2,08	1,84

(continuación de apéndice 4)

<b>n1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>∞</b>
<b>n2</b>										
<b>21</b>	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81
<b>22</b>	4,3	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,4	2,23	2,03	1,78
<b>23</b>	4,28	3,42	3,03	2,8	2,64	2,53	2,38	2,2	2	1,76
<b>24</b>	4,26	3,4	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,18	1,98	1,73
<b>25</b>	4,24	3,38	2,99	2,76	2,6	2,49	2,34	2,16	1,96	1,71
<b>26</b>	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	1,95	1,69
<b>27</b>	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,3	2,13	1,93	1,67
<b>28</b>	4,2	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,29	2,12	1,91	1,65
<b>29</b>	4,18	3,33	2,93	2,7	2,54	2,43	2,28	2,1	1,9	1,64
<b>30</b>	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,89	1,62
<b>40</b>	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2	1,79	1,51
<b>60</b>	4	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,1	1,92	1,7	1,39
<b>120</b>	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,02	1,83	1,61	1,25
<b>∞</b>	3,84	2,99	2,6	2,37	2,21	2,09	1,94	1,75	1,52	1

## APENDICE E

### TABLAS DE DISTRIBUCION F PARA UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 1%

n1 n2	1	2	3	4	5	6	8	12	24	$\infty$
1	4052	4999	5403	5625	5764	5859	5981	6106	6234	6366
2	98,49	99	99,17	99,25	99,30	99,33	99,36	99,42	99,46	99,5
3	34,12	30,81	29,46	28,71	28,24	27,91	27,49	27,05	26,60	26,12
4	21,20	18	16,69	15,98	15,52	15,21	14,80	14,37	13,93	13,46
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,29	9,89	9,7	9,02
6	13,74	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,1	7,72	7,31	6,88
7	12,25	9,5	8,45	7,85	7,46	7,19	6,84	6,47	6,07	5,65
8	11,26	8,5	7,59	7,01	6,63	6,37	6,03	5,67	5,28	4,86
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,47	5,11	4,73	4,31
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,06	4,71	4,33	3,91
11	9,65	7,20	6,22	5,67	5,32	5,07	4,74	4,40	4,02	3,6
12	8,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,50	4,16	3,78	3,36
13	9,07	6,70	5,74	5,20	4,86	4,62	4,30	3,96	3,59	3,16
14	8,86	6,51	5,56	5,03	4,69	4,46	4,14	3,80	3,43	3
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4	3,67	3,29	2,87
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	3,89	3,55	3,18	2,75
17	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,79	3,45	3,08	2,65
18	8,28	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,71	3,37	3	2,57
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,63	3,30	2,92	2,49
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,56	3,23	2,86	2,42

(continuación de apéndice 5)

<b>n1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>∞</b>
<b>n2</b>										
<b>21</b>	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,51	3,17	2,80	2,36
<b>22</b>	7,94	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,45	3,12	2,75	2,31
<b>23</b>	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,41	3,07	2,70	2,26
<b>24</b>	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,36	3,03	2,66	2,21
<b>25</b>	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,32	2,99	2,62	2,17
<b>26</b>	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,29	2,96	2,58	2,13
<b>27</b>	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,26	2,93	2,55	2,10
<b>28</b>	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,23	2,90	2,52	2,06
<b>29</b>	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,20	2,87	2,49	2,03
<b>30</b>	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,17	2,84	2,47	2,01
<b>40</b>	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	2,99	2,66	2,29	1,80
<b>60</b>	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,82	2,50	2,12	1,60
<b>120</b>	6,85	4,79	3,95	3,48	3,17	2,96	2,66	2,34	1,95	1,38
<b>∞</b>	6,64	4,60	3,78	3,32	3,02	2,80	2,51	2,18	1,79	1

---

	NUMERO DE TRATAMIENTOS						
Grados de	2	3	4	5	6	7	8

---

**APENDICE F****TABLA DE RANGOS “ESTUDENTIZADOS” SIGNIFICATIVOS****PARA UN NIVEL DEL 5%**

<b>libertad</b>							
<b>1</b>	18	26,7	32,8	37,2	40,5	43,1	45,4
<b>2</b>	6,09	8,28	9,8	10,89	11,73	12,43	13,03
<b>3</b>	4,5	5,88	6,83	7,51	8,04	8,47	8,85
<b>4</b>	3,93	5	5,76	6,31	6,73	7,06	7,35
<b>5</b>	3,61	5,54	5,18	5,64	5,99	6,28	6,52
<b>6</b>	3,46	4,34	4,9	5,31	5,63	5,89	6,12
<b>7</b>	3,34	4,16	4,68	5,06	5,35	5,59	5,8
<b>8</b>	3,26	4,04	4,53	4,89	5,17	5,4	5,6
<b>9</b>	3,2	3,95	4,42	4,76	5,02	5,24	5,43
<b>10</b>	3,15	3,88	4,33	4,66	4,91	5,12	5,3
<b>11</b>	3,11	3,82	4,26	4,58	4,82	5,03	5,2
<b>12</b>	3,08	3,77	4,2	4,51	4,75	4,95	5,12
<b>13</b>	3,06	3,73	4,15	4,46	4,69	4,88	5,05
<b>14</b>	3,03	3,7	4,11	4,41	4,64	4,83	4,99
<b>15</b>	3,01	3,67	4,08	4,37	4,59	4,78	4,94
<b>16</b>	3	3,65	4,05	4,34	4,56	4,74	4,9
<b>17</b>	2,98	3,62	4,02	4,31	4,52	4,7	4,86
<b>18</b>	2,97	3,61	4	4,28	4,49	4,67	4,83
<b>19</b>	2,96	3,59	3,98	4,26	4,47	4,64	4,79
<b>20</b>	2,95	3,58	3,96	4,24	4,45	4,62	4,77
<b>24</b>	2,92	3,53	3,9	4,17	4,37	4,54	4,68
<b>30</b>	2,89	3,48	3,84	4,11	4,3	4,46	4,6
<b>40</b>	2,86	3,44	3,79	4,04	4,23	4,39	4,52
<b>60</b>	2,83	3,4	3,74	3,98	4,16	4,31	4,44
<b>120</b>	2,8	3,36	3,69	3,92	4,1	4,24	4,36
<b>∞</b>	2,77	3,32	3,63	3,86	4,03	4,17	4,29

## APENDICE G

### CUESTIONARIO PARA PRUEBA TRIANGULAR

Nombre:

Producto:

Fecha:

Dos de estas muestras de JUGO DE BABACO son idénticas, Y UNA ES DIFERENTE.

1. Pruebe las muestras en el orden indicado e identifique la muestra diferente.



<b>NUMERO DE</b>
----------------------

<b>MARGENES DE CONFIANZA</b>
------------------------------

## **APENDICE H**

**NUMERO DE RESPUESTAS CORRECTAS NECESARIAS PARA LLEGAR  
A UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA EN PRUEBA TRIANGULAR**

**RESPUESTAS**

**(5;1 ó 0,1 POSIBILIDADES SOBRE 100  
PARA EQUIVOCARSE EN LA  
INTERPRETACION)**

4
6
8
10
12
15
18
21
24
27
30
35
40
45
50
60
70
80
90
100

<b>5%</b>	<b>1%</b>	<b>0,10%</b>
5	6	0
6	7	8
7	8	9
9	9	10
10	11	12
11	12	13
12	14	15
14	15	16
15	16	18
16	18	19
18	20	22
20	22	24
22	24	26
25	26	28
29	30	32
33	35	37
37	39	41
41	43	45
45	47	49

### APENDICE I

#### TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES PARA JUGO CONCENTRADO DE BABACO

Día	# Pba	Parámetros iniciales				Rendimientos							
		Pv (bar)	Ps (lb/pulg <sup>2</sup> )	Wf (lt/h)	Tf (°C)	W <sub>1</sub> (kg/h)	E	Ud (W/m <sup>2</sup> °C)	XI (%)	Conc (lt)	Tpo (min)	G <sub>2</sub> (kg/h)	Ud*10 <sub>3</sub>
19.02	7	0,5	15	16	15	9,51	0,80	2295,29	23	1,15	27	4,07	2,295
21.02	8	0,5	15	16	12	9,18	0,79	2250,68	22	1,21	27,5	4,055	2,251
22.02	9	0,6	10	16	12	10,92	0,81	2258,62	28	1	26	4,24	2,259
25.02	10	0,5	15	14	12	9,38	0,81	2253,50	29	0,805	33	4,4	2,254
26.02	11	0,5	15	13	15	9,75	0,82	2270,42	38	1,08	30	4,133	2,227
26.02	12	0,5	15	15	18	10,86	0,83	2525,81	35	0,81	25,9	4,35	2,526
27.02	13	0,5	10	16	15	9,38	0,80	2660,62	23	1,2	26,3	3,98	2,661
28.02	14	0,4	10	16	15	8,58	0,78	2888,83	22	1,95	28	3,43	2,889
29.02	15	0,6	10	12	15	8,22	0,83	1949,70	32	1,8	29	4,4	1,95
01.03	16	0,6	12	15	20	11,35	0,84	2474,56	40	0,75	27	4,37	2,475
04.03	17	0,4	15	13	15	9,12	0,81	2443,54	33	1,3	28,5	3,93	2,444
06.03	18	0,4	15	13	20	9,56	0,83	2516,65	36	1,4	26,5	4,83	2,517
08.03	19	0,6	12	13	20	8,76	0,83	1941,47	30	0,7	31	4,42	1,941
10.03	20	0,4	20	13	15	9,7	0,81	2247,62	36	1,1	26	4,12	2,248
12.03	21	0,4	15	15	15	9,75	0,8	2642,52	29	1,4	26	3,8	2,643

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARADO JUAN DE DIOS, Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato.
2. ANZALDUA ANTONIO, Evaluación sensorial de alimentos en la teoría y en la práctica, Acribia S.A, 1995 (Págs 165-167, 173-174)
3. CORNEJO FABIOLA, Folleto de Operaciones Unitarias 2, 2007
4. KERN DONALD, Procesos de Transferencia de Calor, Continental S.A, Pág 441
5. MERCK, Microbiology Manual, Merck Ecuador C.A, 2000 (Págs 131, 188-191)
6. REYES MARIELA, Folleto de Evaluación Sensorial de los Alimentos, 2006
7. VALIENTE ANTONIO, Balance en la Industria de Alimentos, Editorial Limusa S.A, México, pp. 148.
8. [www.es.wikipedia.org/wiki/Evaporador](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Evaporador) - 16k -
9. [www.propiedadesalimentos.jaima.alkauzar.es/propiedades\\_nutritivas-de-la-berza-o-repollo.html](http://www.propiedadesalimentos.jaima.alkauzar.es/propiedades_nutritivas-de-la-berza-o-repollo.html)-60k-
10. [www.agrotropical.andes.com/frutas\\_tropicales\\_lulo\\_naranja\\_pulpas\\_conc](http://www.agrotropical.andes.com/frutas_tropicales_lulo_naranja_pulpas_conc)entrados.htm -
11. [www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/normativa/codex/stan/64-1981.PDF](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/normativa/codex/stan/64-1981.PDF) -
12. [www.corpei.org/FrameCenter.asp?Ln=SP&Opcion=3\\_2\\_18\\_31k](http://www.corpei.org/FrameCenter.asp?Ln=SP&Opcion=3_2_18_31k)-
- 13.

[www.documentation.emersonprocess.com/.../an-00679.pdf?&xBusinessUnit=Micro%20Motion](http://www.documentation.emersonprocess.com/.../an-00679.pdf?&xBusinessUnit=Micro%20Motion)

14. [www.frsf.utn.edu.ar/matero/visitante/bajar\\_apunte.php?id\\_catedra=](http://www.frsf.utn.edu.ar/matero/visitante/bajar_apunte.php?id_catedra=)

15. [www.proexant.org.ec/HT\\_Babaco.html](http://www.proexant.org.ec/HT_Babaco.html)-48k-

16.

[www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Convenio%20MAG%20IIICA/productos/babaco\\_mag.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Convenio%20MAG%20IIICA/productos/babaco_mag.pdf)-

17.

[www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/babaco/baba.html](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/babaco/baba.html)-65k-