



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN  
ALIMENTOS**



**CARRERA: INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**TEMA**

---

**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL DULCE DE CABUYO  
NEGRO (*Agave americana*) PARA LA ELABORACIÓN DE UN EDULCORANTE  
BAJO EN CALORÍAS”**

---

**Trabajo de Investigación (Graduación). Modalidad: Seminario de  
Graduación. Presentando como Requisito Previo a la Obtención del Título de  
Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a  
través de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos**

**AUTOR:** Chancusig Tuso Pedro Mauricio

**TUTOR:** Ing. mario paredes

**AMBATO – ECUADOR**

**2011**

Ing. mario paredes

## **TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

CERTIFICA:

Que el presente Trabajo de Investigación: “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL DULCE DE CABUYO NEGRO (*Agave americana*) PARA LA ELABORACIÓN DE UN EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS” desarrollado por Chancusig Tuso Pedro Mauricio; observa las orientaciones metodológicas de la Investigación Científica.

Que ha sido dirigida en todas sus partes, cumpliendo con las disposiciones en la Universidad Técnica de Ambato, a través del Seminario de Graduación.

Por lo expuesto:

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para la respectiva calificación.

Ambato, junio del 2010

**Ing. mario paredes**  
**Tutor Del Trabajo De Investigación**

## **AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad del contenido del Trabajo de Investigación “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL DULCE DE CABUYO NEGRO (*Agave americana*) PARA LA ELABORACIÓN DE UN EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS”, corresponde a Chancusig Tuso Pedro Mauricio y del Ing. mario paredes Tutor del Trabajo de Investigación, y el patrimonio intelectual de la mismo la Universidad Técnica de Ambato.

---

**Pedro Chancusig**  
**Autor del Trabajo de Investigación**

---

**Ing. mario paredes**  
**Tutor del Trabajo de Investigación**

## **A CONSEJO DIRECTIVO DE LA FCIAL**

El Tribunal de Defensa del Trabajo de Investigación “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL DULCE DE CABUYO NEGRO (*Agave americana*) PARA LA ELABORACIÓN DE UN EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS”, presentado por el Señor Chancusig Tuso Pedro Mauricio y conformada por: Ing Homero Vargas y Dr. Ramiro Velastegui. Miembros del Tribunal de Defensa y Tutor del Trabajo de Investigación Ing. mario paredes y presidido por el Ingeniero Romel Rivera, Presidente de Consejo Directivo, Ingeniera Mayra Paredes E., Coordinadora del Décimo Seminario de Graduación FCIAL-UTA, una vez escuchada la defensa oral y revisado el Trabajo de Investigación escrito en el cuál se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas por el Tribunal de Defensa del Trabajo de Investigación, remite el presente Trabajo de Investigación para su uso y custodia en la Biblioteca de la FCIAL.

---

**Ing. Romel Rivera**  
**Presidente Consejo Directivo**

---

**Ing. Mayra Paredes E.**  
**Coordinadora Décimo Seminario de Graduación**

---

**Ing. Homero Vargas**

---

**Dr. Ramiro Velastegui**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es dedicado a Dios por cuidar a mi familia en especial a mis padres quien con su apoyo, entrega y sacrificio logre llegar a mi más anhelado objetivo, a todos mis hermanos, cuñados y cuñadas por brindarme su apoyo cuando más lo necesitaba, a mis queridos sobrinos por llenar mi vida de alegría, les doy las gracias al culminar una nueva etapa de mi vida.

Att. Pedro Chancusig.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica de Ambato – Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Bioquímica y toda su colectividad docente, quienes con su dedicación y enseñanza supieron brindarme valiosos conocimientos.

De igual manera al Ing. mario paredes, Director de Tesis por su colaboración durante el desarrollo de la investigación.

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE.....	vii
RESUMEN.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	1
1.2.1. Contextualización.....	1
Macro contextualización.....	1
Meso contextualización.....	2
Micro contextualización.....	4
Estudio de la Reología.....	5
1.2.2. Análisis crítico.....	6
Relación causa efecto.....	7
1.2.3. Prognosis.....	7
1.2.4. Formulación del problema.....	8
1.2.5. Interrogantes de la investigación.....	8
1.2.6. Delimitación de la investigación.....	8
1.3. Justificación.....	9
1.4 Objetivos.....	9
<i>Objetivo general</i> .....	9
<i>Objetivos específicos</i> .....	10
CAPÍTULO II.....	11

MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Antecedentes de investigación.....	11
2.2. Fundamentación filosófica.....	12
2.3. Fundamentación sociológica.....	12
2.4. Fundamentación legal. ....	13
2.5. Organizador lógico de variables. ....	14
Categorías de la variable independiente.....	15
Producción del cultivo de cabuyo. ....	15
El cabuyo.....	17
Productos a base de cabuyo.....	19
Dulce de cabuyo. ....	21
Categorías de la variable dependiente.....	22
Tecnología de producción.....	23
Concentración de azúcares.....	24
Consumo de producto.....	25
Procedimiento de elaboración.....	26
Parámetros reológicos.....	27
Fluidos.....	27
Esfuerzo cortante, $\sigma$ .....	28
Velocidad de corte, $\gamma$ .....	28
Viscosidad aparente, $\eta$ .....	28
Modelos reológicos para alimentos fluidos.....	29
Edulcorante bajo en calorías.....	31
2.6. Hipótesis.....	32
2.7. Señalamiento de variables. ....	32
CAPÍTULO III.....	33
METODOLOGÍA.....	33
3.1. Enfoque de la investigación.....	33
3.2. Modalidad básica de la investigación.....	33
3.3. Niveles o Tipos.....	33

3.4. Población y muestra. ....	34
Diseño experimental.....	34
3.5. Operacionalización de variables. ....	36
Variable Independiente. ....	36
Variable Dependiente. ....	37
3.6. Métodos y técnicas e instrumentos de investigación.....	38
3.7. Plan para recolección de la información ....	38
3.8. Análisis e interpretación de resultados. ....	39
CAPÍTULO IV.....	40
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	40
4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	40
4.1.1 Caracterización físico - química del dulce de cabuyo negro (Cháhuar-Misque).....	40
4.1.2 Análisis microbiológico.....	41
4.1.3 Análisis sensorial.....	43
Análisis sensorial de aroma.....	44
Análisis sensorial de color.....	46
Análisis sensorial de sabor.....	47
Análisis sensorial de consistencia.....	49
Análisis sensorial de aceptabilidad.....	51
4.1.4 Parámetros Reológicos.....	53
Ejemplo de cálculos de parámetros reológicos.....	53
4.1.5 Estudio económico.....	57
4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (Encuesta).....	59
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	63
CAPITULO V.....	64
6.1 Conclusiones.....	64
6.2 Recomendaciones.....	66

CAPITULO VI.....	67
Propuesta.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	77
ANEXOS.....	80

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01.- Usos de los Agaves, productos y parte de la planta empleada.....	19
Cuadro N° 02.- Alimentos de distintos tipos de flujos. ....	30
Cuadro N° 03. Fluidos y sus respectiva viscosidad. ....	31
Cuadro N° 04.- Población. ....	34
Cuadro N° 05.- Factores y Niveles del Diseño Experimental.....	35
Cuadro N° 06.- Dulce de cabuyo negro o agave.....	36
Cuadro N° 07.- Edulcorante bajo en calorías. ....	37
Cuadro N° 08.- Velocidad y factores del viscosímetro de brookfield.....	53
Cuadro N°09.- Ejemplo del cálculo de los parámetros reológicos por Ley de Potencia, Ec. de Heldhman & Sing.....	54
Cuadro N° 10.- Ejemplo del cálculo de los parámetros reológicos por el modelo de Casson.....	55
Cuadro N°11.-Modelo Operativo (Plan de acción) ....	74
Cuadro N°12.- Administración de la Propuesta.....	75
Cuadro N°13.- Previsión de la evaluación.....	76

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01. Árbol de problemas sobre la elaboración de edulcorante bajo en calorías a partir de dulce de cabuyo negro.....	6
Grafico N° 02. Organizador lógico de variables dependientes e independientes.....	14
Grafico N° 03. Estructura química de la sacarosa.....	23
Gráfico N° 04. Esfuerzo de un fluido.....	27
Gráfico N° 05. Comportamiento de fluidos.....	29

Gráfico N° 06. Tratamiento 1: $\log 4\pi N$ vs. $\text{Log } \mu_a$ .....	55
Grafico N° 07. Diagrama de flujo de elaboración de miel de cabuyo negro.....	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

### ANEXO A

<b>Tabla A1.-</b> Registro de Brix, pH, acidez titulable y pruebas organolépticas del dulce de cabuyo negro ( <i>Agave americana L.</i> ).....	82
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### ANEXO B

<b>Tabla B1.-</b> Análisis microbiológico del edulcorante bajo en calorías, las diluciones ( $10^{-1}$ y $10^{-2}$ ).....	84
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### ANEXO C

<b>Tabla C1.-</b> Lectura registradas con el viscosímetro de Brookfield (%full scale), para los diferentes tratamiento del edulcorante bajo en calorías.....	86
<b>Tabla C2.-</b> Valores promedio de viscosidad aparente (Pa*s) y velocidad de deformación (1/s) del edulcorante bajo en calorías elaborado a partir de miel de cabuyo negro.....	87
<b>Tabla C3.-</b> Determinación experimental de la viscosidad aparente (Pa*s) con la ecuación Ley de Potencia. ....	88
<b>Tabla C4.-</b> Valores promedios de la viscosidad aparente (Pa*s), aplicando la ecuación de Ley de Potencia. ....	89
<b>Tabla C5.-</b> Valores promedios de los parámetros Reológicos calculados por la Ley de Potencia y Heldman & Sign.....	90
<b>Tabla C6.-</b> Valores promedios de esfuerzo cortante " $\tau$ " (Pa) con la velocidad angular " $\gamma$ " (1/s). Modelo de Casson.....	91
<b>Tabla C7.-</b> Determinación experimental de los parámetros reológicas por el modelo de Casson.....	92

### ANEXO D

<b>TABLA D-1.</b> Valores promedios de los análisis sensoriales del edulcorante bajo en calorías elaborado a partir de dulce de cabuyo negro ( <i>Agave americana L.</i> ).....	94
<b>ANEXO D-1.-</b> ANÁLISIS DE VARIANZA PARA AROMA EVALUADO EN EL EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS ELABORADO A PARTIR DE DULCE DE CABUYO.....	95
<b>ANEXO D-2.-</b> ANÁLISIS DE VARIANZA PARA COLOR EVALUADO EN EL EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS ELABORADO A PARTIR DE DULCE DE CABUYO.....	96
<b>ANEXO D-3.-</b> ANÁLISIS DE VARIANZA PARA SABOR EVALUADO EN EL EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS ELABORADO A PARTIR DE DULCE DE CABUYO.....	97
<b>ANEXO D-4.-</b> ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CONSISTENCIA EVALUADO EN EL EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS ELABORADO A PARTIR DE DULCE DE CABUYO. ....	98
<b>ANEXO D-5.-</b> ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ACEPTABILIDAD EVALUADO EN EL EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS ELABORADO A PARTIR DE DULCE DE CABUYO.....	99
<b>ANEXO D-6.-</b> DESARROLLO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL A*B, CON LAS RESPUESTAS EXPERIMENTALES DE ÍNDICE DE CONSISTENCIA (K) OBTENIDAS CON LA LEY DE POTENCIA.....	100
<b>ANEXO E</b>	
<b>Anexo E-1.-</b> análisis económico para el mejor tratamiento del edulcorante bajo en calorías, según el índice de consistencia y aceptabilidad. ....	102
<b>ANEXO F</b>	
<b>FIG 1.-</b> Cambios de la viscosidad aparente con la velocidad de rotación (edulcorante bajo en calorías).....	104
<b>FIG. 2.-</b> Cambios del esfuerzo cortante con la velocidad angular (edulcorante bajo en calorías).....	105
<b>Fig 3.-</b> Cambio de la velocidad aparente con la velocidad de deformación. (Edulcorante bajo en calorías).....	106
<b>Fig 4.-</b> Fotografías de placas petrifilm: <i>coliformes</i> , <i>E. coli</i> , mohos y levaduras de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías. ....	107

<b>Fig. 5.-</b> Grafico del test de Duncan Alfa=0.05, análisis sensorial de aroma de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías. ....	109
<b>Fig. 6.-</b> Grafico del test de Duncan Alfa=0.05, análisis sensorial de color de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías. ....	109
<b>Fig.7.-</b> Grafico del test de Duncan Alfa=0.05, análisis sensorial de sabor de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías. ....	110
<b>Fig.8.-</b> Grafico del test de Duncan Alfa=0.05, análisis sensorial de textura (tipo de fluido), de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías. ....	110
<b>Fig.9.-</b> Grafico del test de Duncan Alfa=0.05, análisis sensorial de aceptabilidad de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías. ....	111
<b>Fig.10.-</b> Grafico del test de Duncan Alfa=0.05, para la interacción (A*B) de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías. ....	111
<b>Fig.11.-</b> Grafico de zona de aceptación y rechazo al factor A, factor B e interacción (A*B) de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías.....	112

## **ANEXO G**

Anexo G -1 Diagrama de flujo - Elaboración de edulcorante bajo en calorías.....	114
Anexo G -2.- Análisis sensorial de edulcorante bajo en calorías, elaborado a partir de dulce de cabuyo negro.....	115
Anexo G -3.- Hoja de Recolección de la Información - Evaluación Reológica del Edulcorante Bajo en Calorías, Elaborado a Partir de Dulce de Cabuyo Negro.....	116
Anexo G -4.- Encuesta.....	117
Anexo G -5.- Tipo de fluidos.....	118

## **ANEXO H**

Cabuyo negro ( <i>Agave americana L.</i> ).....	120
Extracción de dulce de cabuyo negro ( <i>Agave americana L.</i> ).....	120
Evaporación e hidrólisis acida.....	120
Determinación de °Brix.....	121
Tratamientos.....	121
Reaccion de Maillard (Caramelización de los azucares).....	121

Determinación de parámetros reológicos.....	122
Análisis microbiológicos.....	122
Degustación de edulcorante bajo en calorías.....	122

## RESUMEN

El cabuyo negro (*Agave americana L.*) es una planta autóctona del Ecuador, utilizada como cerco vivo, alimentación de ganado, fabricación de sacos, hilos. Pero a nivel alimentario brinda numerosos beneficios nutricionales, por su alto contenido de fructoligosacarios, considerado como un alimento prebiótico, ayudando a la reconstitución de la microbiota.

Esta investigación propone la obtención de un edulcorante bajo en calorías, a partir de una hidrólisis ácida mediante el uso de ácido cítrico (0.5%), con la utilización de diferentes espesantes como: Pectina, CMC y Goma xanthan, con el fin de evaluar los parámetros reológicos de cada uno de los tratamientos establecidos en el diseño factorial A\*B.

En el desarrollo de esta investigación se aplicó el diseño experimental A\*B (3x2), considerando en el factor A (0.3%): Pectina, CMC y Goma Xanthan y para el factor B (0.2%): Benzoato de sodio y Sorbato de potasio. Llegando todos los tratamientos a 65° Brix

En la evaluación de los parámetros reológicos se aplicó la Ley de potencia, Ec. De Heldhman y Sing, Modelo de Casson, determinando el índice de consistencia (K); índice de comportamiento de flujo (n), permitiendo deducir que tiene un comportamiento de un fluido no Newtoniano de tipo pseudoplástico, ya que la viscosidad aparente disminuye a medida que aumenta la velocidad de cizalla.

En el análisis microbiológico no se encontró crecimiento de colonias de coliformes y *E. coli*, reportando los resultados como <10 ufc/ml, también se efectuó el análisis microbiológico de mohos y levaduras en los que no se encontró mayor crecimiento de estos microorganismos.

En la selección del mejor tratamiento se realizó un análisis sensorial del edulcorante bajo en calorías elaborado a partir del dulce de cabuyo negro (*Agave*

*americana L.*) con diez catadores (7 hombres y 3 mujeres) destacando que existe diferencia entre los tratamientos a un nivel de significancia del 5%, se obtuvo que el mejor tratamiento en la evaluación de aroma fue el a<sub>1</sub>b<sub>1</sub> (CMC + sorbato de potasio), en la evaluación de color y sabor el mejor tratamiento fue el a<sub>0</sub>b<sub>1</sub> (pectina + sorbato de potasio), en la evaluación de consistencia y aceptabilidad el mejor tratamiento fue el a<sub>2</sub>b<sub>1</sub> (goma xanthan + sorbato de potasio) ya que asimila la consistencia de una miel comercial.

**Palabras claves:** reología, parámetros, cabuyo negro, edulcorante, análisis, microbiota

## **CAPÍTULO I.**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.3. Tema**

"ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL DULCE DE CABUYO NEGRO (*Agave americana*) PARA LA ELABORACIÓN DE UN EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS".

#### **1.4. Planteamiento del Problema**

##### **1.4.1. Contextualización**

##### **Macro contextualización**

El cabuyo es una planta originaria de Mesoamérica, en México lo encontramos distribuido principalmente en zonas áridas y semiáridas (SEMARNAP, 2000).

El cabuyo son una especie de aprovechamiento múltiple ya que son utilizados en la industria, ornato, y como forraje, entre otros usos. Debido a la gran utilidad y rusticidad de la especie, esta planta puede prosperar y encontrarse en condiciones naturales en zonas del clima seco, con precipitación pluvial anual de 300 mm, con una variación de temperatura de 16-18 °C, además pueden prosperar en laderas pedregosas y partes altas de las montañas, en suelos superficiales y pobres en materia orgánica, con pH neutro a ligeramente ácidos y alcalinos. Los suelos donde mejor prospera el maguey son los de origen ígneo (volcánico) (SEMARNAP, 2000).

En México, son un importante recurso económico para los pobladores rurales, ya que esta planta es utilizada para la obtención de: productos de miel, ornato, combustible, en la industria destiladora, como alimento para ganado en tiempos de estiaje (SEMARNAP, 2000).

### **Meso contextualización**

El cultivo de cabuyo negro (*Agave americana L.*) se localiza en las provincias del Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Azuay, Cañar, Loja, Guayas y Manabí. Por lo general se utiliza como cerco vivo para establecer linderos entre propiedades rurales y como planta ornamental, no obstante es una especie que puede ser incorporada en sistemas agroforestales.

Crece en terrenos pedregosos, arenosos y de baja productividad agrícola, existiendo zonas donde la explotación es intensiva. (CENAPIA, 1991)

La superficie destinada a la producción de fibra de cabuyo en 1980 fue estimada en 3 244 há. con una producción de 6 081 t, y con una productividad media por há. de 1 975 kg. Para 1989 la superficie fue de 3 207 há con una producción de 3 571 t y con un rendimiento promedio de 1 114 kg/há. (CENAPIA, 1991)

La disminución de los rendimientos por há. y del volumen de producción, se debe a la falta de asistencia técnica en el manejo del cultivo, inexistencia de programas de mejoramiento genético, y bajos precios del producto en el mercado nacional e internacional, como consecuencia de los productos sustitutivos como los sintéticos. (CENAPIA, 1991)

El cabuyo es utilizada en el país para la fabricación de: envases (sacos), hilos, cordeles, alfombras, shigras, hamacas, rodapiés, tapices, tapetes, para terminación de viviendas y edificios, adornos de calzado, sogas, soguillas, etc. La línea productiva más importante es la elaboración de sacos para embalaje de productos agrícolas destinados al consumo interno y a la exportación de productos como cacao (*Teobroma sp*) e higuierilla (*Ricinus comunis*). (CENAPIA, 1991)

Según información de la cartera de Comercio Exterior del Banco Central del Ecuador, en el período 1980-85 se exportaron 134,5 Ton.de fibra y 85,3 Ton. de hilos y cordeles. Los mercados fueron Colombia, Estados Unidos, Perú y Venezuela.

No se dispone de registros de la producción de sacos tejidos por los artesanos. Sin embargo, estimaciones efectuadas por la Corporación Financiera Nacional (1991), señalan que la producción llega a 11 280 000 m. de tela de cabuyo al año, es decir 5 640 000 sacos de cabuyo.

La Guía Nacional de Artesanía (CENAPIA, 1991) señala que existían 2.020 talleres productores de fibra, sacos y otros artículos de cabuyo.

Estudios efectuados por la Escuela Politécnica del Chimborazo, señalan que el 63 % de los agricultores venden el cabuyo a nivel de finca y el 31% en los mercados de pueblos y ciudades aledañas a sus predios; el 6% la utilizan en la fabricación de productos para su consumo.

Los canales de comercialización establecidos son mayoristas (31%), intermediarios (43%), minoristas (12%), consumidores finales (5%), autoconsumo (9%).

Los principales problemas que afrontan los productores son:

- Bajo precio
- Abuso de comerciantes e intermediarios
- Mercado restringido
- Escasa información de consumidores y exportadores

(CENAPIA, 1991)

## **Micro contextualización**

En la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, solo existe un trabajo de investigación que utilizó como fuente de estudio el Cháhuar-Mishque (MEJÍA A. y PÉREZ J, (1996), para la obtención de una bebida alcohólica fermentada, por esta razón que facilita promover la investigación más concreta y profunda.

En lo que concierne al estudio de parámetros reológicos, existen muchas investigaciones que ayudan al desarrollo del problema propuesto, así mismo se destaca que en las Provincia de Cotopaxi (Parroquias Rurales de Latacunga) y la Provincia de Tungurahua – Cantón Ambato (Picaihua), encontramos plantaciones de cabuyo, utilizadas como cercas vivas, alimentación de ganado vacuno y tradicionalmente la elaboración de horchata de arroz de cebada.

De esta manera el tema de estudio adquiere la materia prima (dulce de cabuyo negro), en la Parroquia de Picaihua, Cantón Ambato, Provincia del Tungurahua

En la Escuela Politécnica Nacional – Facultad de Ingeniería Industrial y Agroindustria, se estudió: La Cadena Agroindustrial de la Cabuya en la producción de Miel y Licor de Cabuya, elaborado por JURADO S. y SARSOZA X. (2009), tuvo como lugar de estudio la Ciudad de Pujilí, analizando la propiedades físico-químicas del aguamiel, término que utilizan para describir el dulce de cabuyo, a partir de este estudio se utilizara los respectivos aditivos para el análisis de las propiedades reológicas del edulcorante elaborado a partir de dulce de cabuyo.

## **Estudio de la Reología**

La Reología es la ciencia del flujo que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos .Su estudio es esencial en muchas industrias, incluyendo las de plásticos, pinturas, alimentación, tintas de impresión, detergentes o aceites lubricantes, por ejemplo.

**TIPOS DE FLUIDOS:** Existen 3 tipos de fluidos:

- **NEWTONIANOS** (proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación).
- **NO NEWTONIANOS** (no hay proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación)
- **VISCOELÁSTICOS** (se comportan como líquidos y sólidos, presentando propiedades de ambos).

**FLUIDOS NO NEWTONIANOS:**

Los fluidos no newtonianos son aquellos en los que la relación entre esfuerzo cortante y la velocidad de deformación no es lineal. Estos fluidos a su vez se diferencian en *dependientes e independientes del tiempo*.

**FLUIDOS INDEPENDIENTES DEL TIEMPO DE APLICACIÓN:**

Estos fluidos se pueden clasificar dependiendo de si tienen o no esfuerzo umbral, es decir, si necesitan un mínimo valor de esfuerzo cortante para que el fluido se ponga en movimiento.

- **Fluidos con esfuerzo umbral, llamados también plásticos (Viscoplastic)**

Este tipo de fluido se comporta como un sólido hasta que sobrepasa un esfuerzo cortante mínimo (esfuerzo umbral) y a partir de dicho valor se comporta como un líquido.

- **Fluidos Sin Esfuerzo, llamados fluidos pseudoplásticos: (Shear-Thinning)**

Este tipo de fluidos se caracterizan por una disminución de su viscosidad, y de su esfuerzo cortante, con la velocidad de deformación.

### Análisis crítico

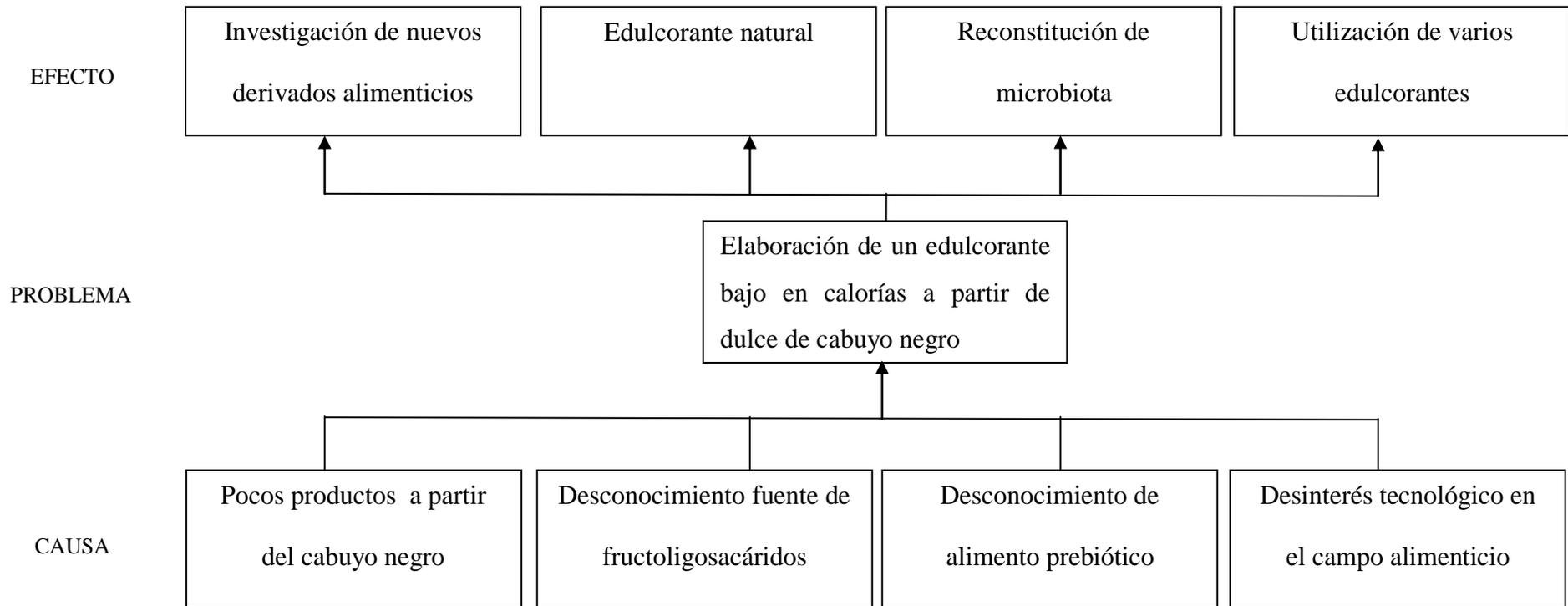


Gráfico N° 01. Árbol de problemas sobre la elaboración de edulcorante bajo en calorías a partir de dulce de cabuyo negro.

Elaborado por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio

### **Relación causa efecto:**

Los pocos productos a partir del cabuyo negro, provoca la investigación de nuevos derivados alimenticios, lo que ocasiona un interés para el desarrollo y aprovechamiento con fines alimenticios dirigidos específicamente para personas diabéticas, por ser un alimento bajo en calorías.

Como fuente de fructooligosacáridos, provoca un endulzante natural, lo que ocasiona el lanzamiento de un nuevo producto alimenticio como posible sustituto del azúcar común.

Un Alimento prebiótico, provoca la reconstitución de microbiota, lo que estimula que la gente consuma este producto en beneficio de su salud.

El desinterés tecnológico y el desconocimiento del campo alimenticio, provoca la utilización de varios edulcorantes, y ocasionando que el consumidor cambie de producto constantemente por no sentirse satisfecho con el producto.

#### **1.4.2. Prognosis**

De no solucionarse el problema en el campo de investigación señalada, se espera ocasionar consecuencias negativas en los siguientes aspectos:

- Falta de motivación en las personas, para impulsar la propagación del cultivo de cabuyo negro.
- Extinción total del cultivo de cabuyo, por falta de información acerca de las bondades alimenticias y medicinales de este tipo de planta.
- Consumo de edulcorantes, elaborados por métodos químicos, que a largo plazo afecta la salud del consumidor.

### **1.4.3. Formulación del problema**

¿COMO EL ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL DULCE DE CABUYO NEGRO (*Agave americana*) INCIDE EN LA ELABORACIÓN DE UN EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS?

### **1.4.4. Interrogantes de la investigación**

¿Cuáles son los parámetros reológicos a ser estudiados en el dulce de cabuyo negro y su producto?

¿Qué método se utilizará en la elaboración del edulcorante bajo en calorías a partir del dulce de cabuyo negro?

¿Qué tipo de diseño experimental se aplicaría en la obtención del edulcorante a partir de dulce de cabuyo negro?

¿Qué aceptabilidad comercial tiene el producto elaborado por los consumidores?

### **1.4.5. Delimitación de la investigación**

**Campo:** Alimentos  
**Área:** Ingeniería  
**Aspecto:** Parámetros reológicos

**Delimitación temporal:** El trabajo de investigación se realiza desde el mes noviembre de 2010 hasta abril 2011

**Delimitación espacial:** El trabajo de investigación se realizó en los Laboratorios de Biotecnología, Microbiología e Ingeniería de procesos de la Universidad Técnica de Ambato – Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

### **1.3. Justificación**

El presente trabajo de investigación es de interés porque solucionará un problema, para un determinado grupo de consumidores como son las personas diabéticas, siendo un edulcorante bajo en calorías por su alto contenido de fructooligosacáridos es ideal para ser utilizado en la elaboración de nuevos productos light y a la vez prebióticos que estimulan e incrementan la producción de bacterias intestinales (microbiota)

El presente trabajo de investigación es de gran importancia porque abrirá nuevas áreas de investigación de este tipo de productos, especialmente utilizando como materia prima el cabuyo negro (*Agave americana L.*) y otras plantas propias de nuestra región y país, llegando a tener un futuro comercial más promisorio que motive a la población a seguir cultivando y a su vez consumiendo alimentos con muchas bondades alimenticias.

El presente trabajo de investigación es factible porque se dispone de información sobre el cultivo e industrialización del cabuyo negro (*Agave americana L.*); la fácil disposición de materia prima necesaria porque es una planta nativa propia de nuestra región y sobre todo la disposición tecnológica y humana para realizar la investigación propuesta en este tipo de alimento dirigido hacia un determinado grupo de consumidores.

El presente trabajo de investigación científica tiene una utilidad teórica porque se basa en investigación bibliográfica y que servirá de fuente de consulta para abordar nuevas tecnologías dirigida al campo de alimentos.

### **1.4 Objetivos**

#### ***Objetivo general***

- Estudiar de las propiedades reológicas del edulcorante bajo en calorías

elaborado a partir dulce de cabuyo negro (*Agave americana L.*).

***Objetivos específicos:***

- Determinar las propiedades reológicas del edulcorante bajo en calorías.
- Seleccionar el mejor tratamiento en la obtención de un edulcorante bajo en calorías, mediante un análisis sensorial.
- Diseñar una alternativa alimentaria de sustitución del azúcar común por un edulcorante bajo en calorías elaborado a partir de dulce de cabuyo negro.
- Realizar el estudio económico del mejor tratamiento obtenido.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

En la Biblioteca de la Universidad Técnica de Ambato – Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos se encontró los siguientes trabajos:

- MEJÍA A. y PÉREZ J. 1996. Investigan la fermentación alcohólica del líquido (Cháhuar – mishque) obtenida del cabuyo negro (*Agave americana L.*), utilizando levaduras para dicha fermentación alcohólica.
- ORTEGA F. 1995. Investiga la determinación de los parámetros reológicos en suspensiones de raíces y tubérculos como la achira, mashua, oca y papa, investigando el intervalo de gelatinización, cinética de gelatinización, cinética de pérdida de consistencia.
- PEÑAFIEL F. y TENEDA W. 1995. Investigan el uso de las propiedades reológicas como índice de control en la elaboración de chocolate.

La Biblioteca de la Escuela Politécnica Nacional – Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria se encontró el siguiente trabajo:

- JURADO F. y SARSOZA X. 2009. Investigan el estudio de factibilidad para la comercialización de la cadena agroindustrial de la cabuya en la producción de miel y licor de cabuya, llegando a la conclusión que es factible la producción de ambos subproductos del cabuyo.

- La Enciclopedia Práctica de la Agricultura y Ganadería (2000), se encontró: Cultivos herbáceos extensivos - Fibras Textiles, “El Cultivo de Agave”, indicando la superficie mundial de este tipo de cultivo, las características y prácticas culturales del cultivo de agave. Pág. 459,460.
- CHAVEZ E. y Colaboradores (1998), en el II Congreso Iberoamericano de Ingeniería en Alimentos, en Bahía Blanca, Argentina, presenta “Determinación de propiedades reológicas de miel de maguey (*Agave compluviata*), contemplando diferentes concentraciones de grados Brix y diferentes temperaturas, utilizando para medir la viscosidad un reómetro de Brookfield con geometría cono y plano.

## **2.2. Fundamentación filosófica.**

El presente trabajo de investigación científica tiene un fundamento de carácter académico, científico con clara predisposición dialéctica en lo que predomina el análisis, síntesis, inducción y deducción; el análisis porque permite desglosar las partes del tema investigativo y someterlo al crisol de la ciencia.

Además es sintético por cuanto se abstrae el conocimiento para poder llegar a generalizaciones; es inductivo porque va de lo particular a lo general al proceso de fabricación; y es deductivo por cuanto en algunas etapas de la investigación se ha iniciado de lo general a lo particular. (Reza F. 1997)

## **2.3. Fundamentación sociológica.**

El presente trabajo de investigación científica está diseñado para el beneficio de las personas que son razón y fundamento de toda investigación; el ser humano necesita tener a su alcance nuevos elementos para su bienestar, por ello el trabajo de investigación planteado.

#### **2.4. Fundamentación legal.**

Para el trabajo de investigación se tomarán en cuenta las siguientes normas:

- Reglamento N° 1333/2008 aprobado por El Parlamento Europeo.
- Codex Alimentarium CX/PFV 04/22/7 Add. 1 Septiembre de 2004
- Codex Alimentarium CAC/GL 36-1989 “Nombres genéricos y sistema internacional de numeración de aditivos alimentarios”

## 2.5. Organizador lógico de variables.

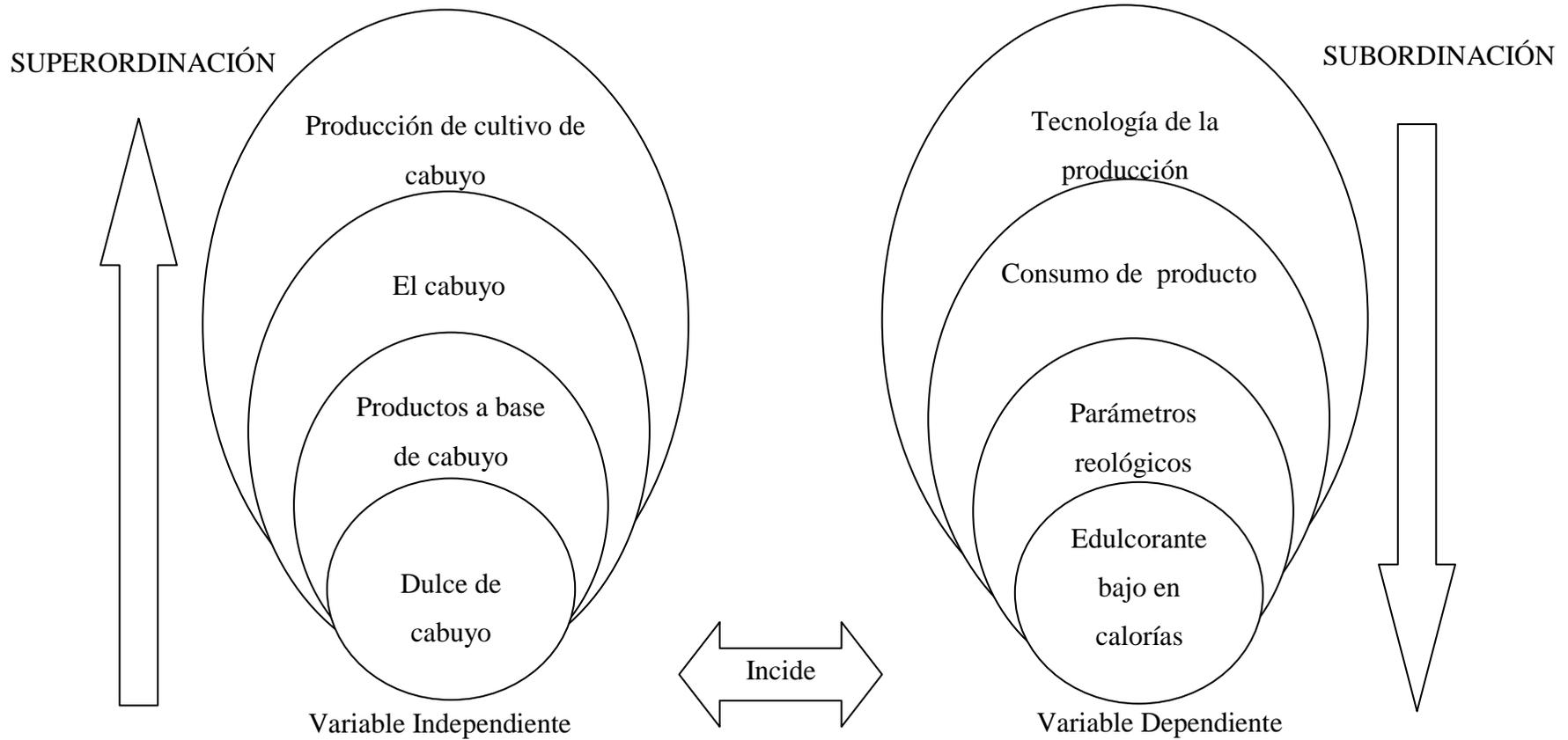


Gráfico N° 02. Organizador lógico de variables dependientes e independientes

**Elaborado por:** Chancusig Tuso Pedro Mauricio

## **Categorías de la variable independiente (Dulce de cabuyo)**

### **Producción del cultivo de cabuyo negro.**

#### **Guía técnica del cultivo**

**Nombre científico:** *Agave americana* L.

**Sinonimia y nombres vulgares:** Fique, cabuyo/a, agave, estopillo, yaxci, ceniza, tuxtleco, mescal, sisal agave, maguey.

#### **Exigencias del cultivo**

- Agroecológicas

Clima: Temperados, secos.

Temperatura: 19° – 32° C

Humedad: 70 – 90%

Pluviosidad: 300 – 1600 mm anuales

Altitud: 1300 – 2820 msnm

- Requerimientos edáficos

Textura: Arenosa, Franco arenosa, permeables, profundos, fértiles

Acidez: pH 5.0 – 6.5

Tipo de suelo: Suelos de cordillera, rojos, sueltos, permeables.

#### **Sistemas de propagación**

- Semilla: Se la emplea ocasionalmente para multiplicación masiva.
- Hijuelos: Que nacen del tronco de las plantas, son plantas de larga duración, fuertes, largas.
- Bulbillos: Nacen en el maguey y caen por sí solos al suelo.

- Meristemáticos: Se usan las yemas de plantas jóvenes.

## **Siembra**

- Material de siembra: Hijuelos o bulbillos, que se localizarán cuidadosamente. Existe la posibilidad de producirlos en pilón, con envases muchos más grandes que los tradicionales
- Distancia de siembra: 1.5 y 1.5 m entre plantas y de 3 a 4 m para las calles.
- Densidad de plantas: 2000 – 3000 plantas por hectárea.
- Época de plantación: Al inicio del período de lluvias o con riego.

## **Etapas del cultivo**

- Desarrollo de la plantación: 36 meses.
- Inicio de la cosecha: 36 meses
- Vida económica: Perenne.

## **Técnicas de cultivo**

- Selección del terreno: Preferible planos, sin grandes ondulaciones o accidentes geográficos, con buena disponibilidad de agua. Sin embargo pueden utilizarse terrenos ondulados a laderas no muy inclinadas.
- Preparación del terreno: Limpieza, eliminar las piedras grandes.
- Trazado de la plantación: Siguiendo las curvas de nivel.
- Hoyado: 20 x 30 cm separando la capa más fértil de la otra tierra.
- Fertilización de fondo: Al fondo del hueco se agrega materia orgánica, gallinaza.
- Trasplante: Con colinos certificados uniformes.
- Control de malezas: Se emplean sistemas manuales, químicos localizados o con rotavator.

- Fitosanidad: Realizar aspersiones en caso de que se presenten enfermedades.
- Resiembra: Un mes luego del transplante, se debe revisar la uniformidad de la plantación para conseguir cosechas uniformes.

### **Cosecha**

- Época: Cuando las hojas no apuntan más al cielo.
- Tipo: Manual, se la realiza con pala, machetes bien afilados dirigidos al último tercio de la planta, de un solo golpe. Se debe cortar las pencas que se van a desfibrar al día siguiente.

### **Rendimientos**

En el primer año se producirán 4 toneladas por hectárea, 6 en el segundo y ocho en el tercero, aproximadamente. (Convenio MAG – IICA., 2001)

### **El cabuyo**

Comprende unas 100 especies, los hay muy grandes (hojas de más de 1 metro) mientras que otros miden unos centímetros.

Los cabuyos o agaves son hierbas gigantes, perennes, que llamaron la atención de los conquistadores por su extraña presentación, como por la utilidad que le daban al hombre, mereciendo su aprecio en juicios como el de Gutiérrez de Santa Clara [1544-1548] que dice “todo lo que la naturaleza pudo dar para vivir y aprovechar al género humano, lo puso en esta planta, así para vestir y calzar, comer y beber, como para la salud de los hombres.

Los agaves han sido utilizados por los habitantes desde hace aproximadamente 9,000 años (Callen 1965, citado por Gentry 1982). En general, antes de la llegada de los españoles la utilidad de los agaves fue para la producción de azúcares y

fibras. Su uso decayó cuando el cultivo de la caña de azúcar llegó a México con los conquistadores.

El género *agave*, cuyo significado es “noble” o “admirable” fue dado a conocer a la ciencia por Carlos Lineo en 1753 (Breitung 1968). Las plantas del género *Agave* son originarias del continente americano, con la mayor concentración de especies nativas de México en donde se les conoce con los nombres comunes de “magueyes” o “mezcales”.

Son importantes en la producción de fibras son el “henequén” (*Agave fourcroides*) y *Agave sisalana* (Gentry 1982). Sin embargo, estas fibras naturales están siendo desplazadas por las fibras sintéticas.

Los agaves producen distintos tipos de bebida. La savia natural cuando se extrae es de sabor dulce y se le conoce con el nombre de aguamiel, a éste mismo, después de fermentado se le llama pulque. El líquido destilado derivado de los agaves es conocido como mezcal o tequila (Gentry 1982). Otras bebidas destiladas de *Agave*, de importancia regional son la “raicilla” y el “vino barranca”.

### **Aspectos fisiológicos en plantas del género agave**

*Agave* presenta metabolismo ácido de las crasuláceas. Este tipo de metabolismo se descubrió en especies de la familia Crassulaceae, razón por la cual a los vegetales que lo presentan se les denomina plantas CAM (por sus siglas en inglés). Este metabolismo se caracteriza por que los estomas se mantienen abiertos durante la noche para absorber bióxido de carbono, en tanto que en el día los estomas permanecen cerrados para evitar la pérdida de humedad.

Los agaves, al igual que otras plantas, almacenan el bióxido de carbono que fijan durante el periodo de oscuridad (por la enzima fosfoenol piruvato carboxilasa-pepcasa) en forma de ácidos orgánicos, por lo cual tienden a incrementar la acidez por las noches. El metabolismo CAM es un mecanismo de

adaptación de las plantas de zonas áridas para facilitar la fotosíntesis y ahorrar agua (Nobel y Hartsock 1976, Kluge 1979, Nobel 1994).

### Productos a base de cabuyo

En el Cuadro N° 01, se da un listado de los usos, que en algún momento fueron o pueden ser actividades económicamente importantes para los productores tradicionales.

Cuadro N° 01. Usos de los Agaves, productos y parte de la planta empleada (Parra, 2002)

Usos	Producto	Parte de la planta
Alimentación	Azúcar Guisos Dulce (mezcal o quiote) Envolver barbacoa Mixiotes Gusanos blancos, Gusanos rojos (Chinicuiles) Pan de pulque Tortillas	Exudado del Tallo (extracto de piña cocida) Flores y frutos (cápsulas frescas) Piña y escapo floral o quiote cosidos Hojas (pencas) Cutícula de pencas tiernas Hojas (pencas) Exudado del Tallo (piña) Perianto de flores + nixtamal
Bebidas	Aguamiel y sus productos derivados: Miel (agua-miel concentrada), Atole de aguamiel, Pulque, Vinagre, Jarabe, etc. Destilados: Mezcal, Tequila, Bacanora, Raicilla, Sotol ( <i>Dasyliiron</i> ), Licor de henequén	Tallo (piña)  Tallo (piña) cocido

Construcción	Cercas, casas (jacales), corrales Tejas para cubrir techos de casas Canales para coleccionar agua de lluvia, aglomerados Materiales compuestos: fibras y resinas termoplásticas o termófilas	Escapo flora (quiote) Hojas (pencas) Hojas (pencas) Residuos de fibras y extractos de hojas
Fibras	Cordelería, jarcería y cestería (lazos, ayates, cepillos, escobetillas, estropajos, tejido artístico y vestuario ceremonial)	Fibras de hojas (pencas), raíces
Forraje	Bovinos, caprinos, ovinos, porcinos, aves	Hojas, escapos florales, flores y parte de la inflorescencia, bagazo, residuos de pulque
Medicinal	Tratar golpes, heridas y lesiones internas (antinflamatorio), falta de movimiento en miembros, prevención de escorbuto, anemia por desnutrición	Hojas (pencas), aguamiel, mieles y pulque
Ornamental	Adornos corporales (aretes, collares) Adornos de navidad, Arcos florales En jardines, calles, camellones, carreteras, arreglos especiales, macetas	Semillas, cápsulas, Fibras de las hojas, escapo floral o quiote, Planta completa.
Domestico	Jabón o detergente , shampoo Macetas o recipientes para agua Tapaderas de cazuelas , ollas o barriles Palillos para la extracción de	Hojas, tallos y raíces Espina terminal de hojas Espina terminal mas hebra de hoja

	gusanos comestibles Aguja incluyendo hilo para coser	
Agrícola	Cerca viva, Evitar erosión como formadora de suelo Abono orgánico (fertilizante) Planta líder de ecosistemas	Planta completa Compostaje de hojas Planta completa
Otros usos	Medicina tradicional, herbolaria Industria química,/farmaceutica, ligninas productos esteroides (saponinas), etanol, celulosa glucósidos, leña o combustible, etc.	Hojas, raíces, tallo y semilla Hojas (pulpa y residuos del desfibramiento, bagazo, jugos)

No debe dejarse de lado, por otra parte, el gran “valor agroecológico” de las diversas especies de Agave, en los que puede estar incluido la recuperación de suelos degradados, sobre todo donde especies maderables no prosperarían (Parra, y col., 2002).

### **Dulce de cabuyo.**

En la actualidad, gracias a las investigaciones, ciencia y tecnología, del cabuyo existen otros derivados positivos para ser aprovechados por el ser humano, como son: la inulina, mieles y jarabes con altos contenidos de fructuosa, fibras, esteroides, pulpa para forraje y sustratos para la producción de hongos como base para alimento forrajero. (Berumen 2009)

Uno de los principales contenidos del cabuyo es precisamente la inulina que es un polisacárido, por lo que al ser cocido se le somete a una solubilización, es decir se le hace soluble y posteriormente se le somete a una hidrólisis -que es la descomposición de un compuesto químico por la acción del agua-, transformándola en azúcares fermentables, dando como resultado la fructuosa y

lebulosa. Estos últimos, polisácaridos, son cadenas de azúcares de mejor calidad y más costosa que la que se obtiene de la caña de azúcar, que es más barata. (Berumen 2009)

Por su parte las mieles y jarabes, son productos de gran demanda en la industria alimentaria nacional y extranjera, que también disponen de inulina, por lo que son utilizadas para endulzar toda una variedad de productos o para el consumo en forma pura. (Berumen 2009)

Las características de las mieles se debe a que el 80 por ciento de sus componentes son carbohidratos simples, es decir, fructuosa, azúcar natural, cuya propiedad edulcorante es la más alta de todos los azúcares naturales conocidos y que puede ser utilizada en la elaboración de productos dietéticos y de potencial demanda entre la población diabética. (Berumen 2009)

Refiriéndonos a la fructuosa, es preciso señalar que es un endulzante natural, tolerada por muchas personas diabéticas, debido a que no se absorbe tan rápidamente como el azúcar derivado de la caña, misma que se absorbe instantáneamente por el cuerpo humano, produciendo una subida y una bajada rápida de energía. (Berumen 2009)

Trasciende que la fructuosa produce mínimos efectos en el nivel de glucosa en la sangre y no estimula la secreción de insulina, es por ello que en dietas que requieren mayor equilibrio y disciplina, es ideal para la población diabética, así como para los deportistas y personas con sobrepeso o que requieran adelgazar. (Berumen 2009)

**Categorías de la variable dependiente (Edulcorante bajo en calorías)**

## Tecnología de producción

### Conversión de azúcares

El aguamiel del *agave* es un fluido rico en carbohidratos como la fructosa, sacarosa y glucosa, además contiene pequeñas cantidades de vitaminas y minerales (Flores y col., 1996).

Los carbohidratos de reserva presentes en el aguamiel de Agave, son susceptibles a cambios físico -químicos en los procesos de fermentación, concentración y pardeamiento; procesos que son necesarios para la obtención de la miel de cabuyo y licor de cabuyo (Rendón y col., 2007).

La Sacarosa es un disacárido que se encuentra con abundancia en la savia que ha sido extraída de partes constituyentes de una planta, como por ejemplo la caña de azúcar, el tronco de árbol de arce, y del corazón del Agave. Además de la sacarosa, se encuentran los monosacáridos glucosa y fructosa.

La glucosa es el monosacárido más abundante en la naturaleza; su presencia en vegetales está determinada principalmente por el grado de madurez de estos. Por su parte la fructosa también se encuentra en las plantas, principalmente en jugos de diversas frutas; pero también forma parte de algunos polisacáridos, como la inulina que se la halla en plantas de Agave en el aguamiel, ajo y alcachofa, entre otras.

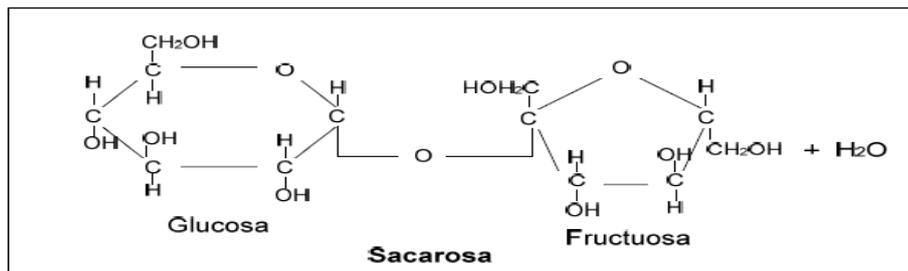
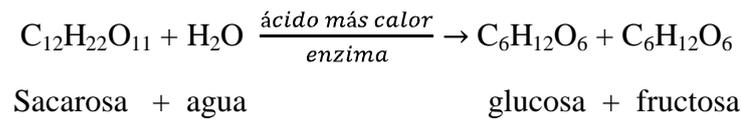


Gráfico N° 03. Estructura química de la sacarosa (Vaclavik, 1998)

## Azúcar invertido

El azúcar invertido se obtiene por la hidrólisis de la sacarosa formándose una cantidad igual de monosacáridos glucosa y fructosa en el proceso de inversión. La molécula de sacarosa reacciona con moléculas de agua al calentar el jarabe o aguamiel en presencia de ácido. La producción de azúcar invertido también puede lograrse mediante la acción enzimática (Charley, 1999).



En la hidrólisis ácida, la cantidad de ácido y tanto la velocidad como la duración del calentamiento determinan la cantidad de azúcar invertido que se forma. Demasiado ácido puede causar demasiada hidrólisis, lo que forma un producto azucarado blando o líquido. Si el punto de ebullición se alcanza de forma lenta (por lo tanto, un tiempo de calentamiento más largo) aumenta la posibilidad de inversión, mientras que una velocidad rápida menor inversión (Vaclavik, 1998).

La cantidad de sacarosa convertida en azúcar invertido depende de la concentración de los iones de hidrógeno presentes cuando se cocina la solución dulce. La alcalinidad del agua y su valor neutralizante deben considerarse (Charley, 1999).

## Concentración de azúcares

La concentración de azúcares se da por un proceso de evaporación que consiste en la eliminación de agua de un alimento líquido mediante vaporización o ebullición. La evaporación es uno de los métodos más utilizados para concentrar, cuyo efecto en sistemas homogéneos es aumentar la viscosidad o consistencia (Ibarz, 2005).

El porcentaje de agua a eliminarse en una solución dependerá de la consistencia que se le quiera dar al producto final, considerando características organolépticas y físicas. Debido a que la concentración en el caso de la miel de cabuyo ayudara al aumento de la vida útil será necesario considerar parámetros como: actividad de agua, concentración de sólidos solubles o grados Brix, y pH.

Existen medidas determinadas de la viscosidad o índice de consistencia para ciertos productos como la miel de abeja, y otras jaleas; sin embargo para un producto nuevo lo que va a ser de mayor prioridad será el nivel de aceptación que el consumidor tenga sobre la consistencia del producto.

La actividad de agua ( $a_w$ ) indica la disponibilidad de agua, de un medio determinado, para las reacciones químicas y bioquímicas. Su valor oscila entre 0 y 1. Toda disminución de la actividad de agua afecta al crecimiento bacteriano. La mayor parte de las bacterias presentan un crecimiento óptimo alrededor de 0,995 - 0,950.

Una jalea con alto contenido de azúcares (alrededor de 65 Brix), no es susceptible al ataque por bacterias, ya que resulta un medio hostil para su supervivencia, pero es sensible al ataque de mohos y levaduras. Así también un alimento con pH ácido no es alterado fácilmente por bacterias, pero puede permitir la formación de moho y levaduras, por lo que en la medida de lo posible se debe recurrir al uso de preservantes específicos para hongos y levaduras (Caps y Abril, 2003).

### **Consumo de producto**

En el trabajo investigativo de JURADO F. y SARSOZA X. (2009). Que Investigan Estudio de Factibilidad Para la Comercialización de la Cadena Agroindustrial de la Cabuya en la Producción de Miel y Licor de Cabuya, menciona que la revista Fitotecnia Mexicana Vol. 30 (2007) que no existen

suficientes publicaciones sobre el tema para tener un marco de referencia de la comercialización de este producto.

Por lo que se considera un área, que surge a medida que el consumidor se preocupa por mantener una mejor dieta, considerando primero su salud y bienestar.

### **Procedimiento de elaboración** (concentración de sólidos soluble) (Anexo G-1)

**Recolección del dulce de cabuyo negro:** se realizó a partir del octavo día de haber hecho el orificio en el tronco de la planta, el dulce de cabuyo negro es el resultado del sangrado de las paredes del orificio. Aproximadamente se estima recolectar unos 3 litros diarios, repartidos en tres periodos durante el día, pero irá incrementando a medida que transcurre el tiempo.

**Análisis físicos químicos:** se tomará muy en cuenta los análisis de acidez, pH, °Brix, pruebas sensoriales (color, aroma, presencia de espuma)

**Recepción de materias primas y materiales:** entre estas tenemos el dulce de cabuyo negro o agave, los espesantes, perseverantes, ácidos cítrico, termómetros, brixometro, tela lienzo, ollas.

**Concentración 1:** consiste en evaporar a 50°brix el dulce de cabuyo negro, en esta primera etapa se añadirá el ácido cítrico (0.5%) con el fin de iniciar la hidrólisis ácida.

**Adición:** dependiendo del tratamiento se agregó el tipo de espesante (Pectina, Goma Xanthan, CMC) y preservante (benzoato de sodio, sorbato de potasio), es importante señalar que el ácido cítrico fue añadido en la cantidad señalada en la concentración 1 y no se considera como factor de estudio.

**Concentración 2:** al llegar a los 65°Brix el edulcorante bajo en calorías está listo, para su posterior enfriado.

**Enfriado:** temperatura ambiente.

**Evaluación edulcorante:** Determinación de los parámetros reológicos, análisis microbiológicos, análisis sensorial, análisis económico.

(Jurado S. y Sarsoza X., 2009)

## Parámetros reológicos

### Fluidos

Se caracterizan porque sus elementos se desplazan uno respecto a otro ante la aparición de un esfuerzo.

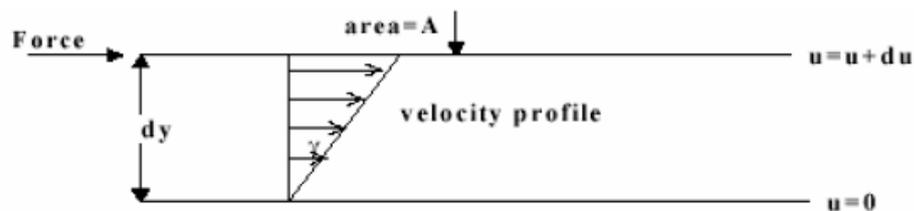


Gráfico N° 04. Esfuerzo de un fluido (Steffe James. 1992)

El desplazamiento (concretamente, el perfil de velocidad) para un nivel de esfuerzo aplicado puede variar de muchas formas. El perfil de velocidad puede ser o no proporcional al esfuerzo. Por otra parte el fluido puede resistir un determinado nivel de esfuerzo antes de empezar a fluir. Si durante la aplicación de este esfuerzo inicial se deforma sin llegar a fluir (se recupera al cesar el esfuerzo), entonces es un fluido viscoelástico.

También puede ocurrir que para un esfuerzo constante, el tipo de flujo varíe con el tiempo. Esto es bastante habitual en los alimentos. La reología de fluidos estudia la relación que existe entre la fuerza motriz que provoca el movimiento

(esfuerzo cortante,  $\sigma$ ) y la velocidad de flujo que se origina (el gradiente del perfil de velocidades,  $\gamma$ ).

### **Esfuerzo cortante, $\sigma$**

Es la fuerza por unidad de área aplicada paralelamente al desplazamiento (cortante). Tiene unidades de fuerza dividido por superficie, en el SI se mide en  $\text{N m}^{-2}$ . Es homogéneo con la unidad de presión Pa, aunque hay que recordar que a diferencia de ésta, el esfuerzo cortante es una magnitud vectorial.

El esfuerzo cortante es una magnitud microscópica ya que cambia en cada punto del perfil de velocidades.

### **Velocidad de corte, $\gamma$**

El esfuerzo cortante provoca el desplazamiento ordenado de los elementos del fluido, que alcanzan unas velocidades relativas estacionarias que denotaremos  $V(x)$ . La velocidad de corte se define como el gradiente (velocidad espacial de cambio) del perfil de velocidades  $\gamma = dV/dx$

La velocidad de corte se mide en  $\text{tiempo}^{-1}$ . Aunque a menudo sólo se representa una componente,  $\gamma$  es una magnitud vectorial.

### **Viscosidad aparente, $\eta$**

Mide la facilidad que tiene una determinada sustancia para fluir ante la aplicación de un esfuerzo cortante en unas determinadas condiciones.

Se define como el ratio entre esfuerzo cortante y velocidad de corte  $\eta = \sigma/\gamma$

Se mide en  $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$ . La unidad clásica es el Poise y la más comúnmente usada es el centipoise (cP).

Los fluidos Newtonianos son los de comportamiento más sencillo al presentar una viscosidad aparente constante (a T=cte) e independiente del esfuerzo de corte y de la velocidad de corte.

### Modelos reológicos para alimentos fluidos

La descripción precisa del flujo, necesaria para el diseño de sistemas de bombeo, tuberías, etc, requiere una ecuación que exprese la relación entre  $\sigma$  y  $\gamma$  en cualquier punto.

Observando el comportamiento de diversos fluidos (independientes del tiempo) mostrados en la siguiente figura, se ha caracterizado el comportamiento proponiendo diversas ecuaciones que los reproducen.

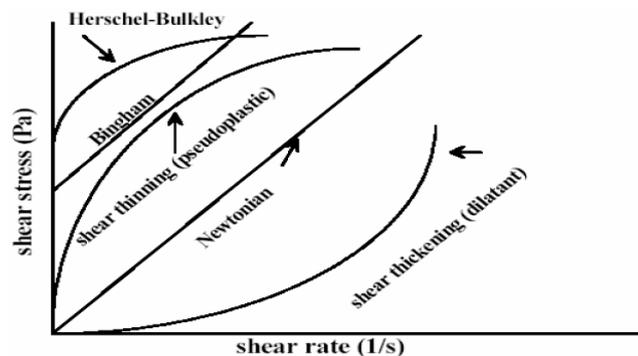


Gráfico N° 05. Comportamiento de fluidos (Steffe James. 1992)

- Los fluidos Newtonianos muestran una relación lineal entre  $\sigma$  y  $\gamma$ . En este caso  $\sigma = \mu \cdot \gamma$ , donde  $\mu$  es la “viscosidad verdadera”
- Los fluidos pseudoplasticos y dilatantes muestran una relación no lineal entre  $\sigma$  y  $\gamma$  que en ambos casos se representa por la “ley de la potencia”

$$\sigma = K \cdot \gamma^n$$

K y n son parámetros del modelo de flujo. K se denomina “índice de

consistencia” mientras que  $n$  es el “índice de flujo”. Para los fluidos pseudoplásticos se cumple que  $n < 1$  mientras que  $n > 1$  ocurre para los dilatantes.

La ley de la potencia representa al fluido newtoniano cuando  $n=1$ .

- Los “plásticos de Bingham” requieren la aplicación de un esfuerzo mínimo antes de empezar a fluir, por lo que se representan bien por

$$\sigma = \sigma_0 + \mu \cdot \gamma$$

Donde  $\sigma_0$  es el esfuerzo de corte necesario para iniciar el flujo.

- Finalmente, los plásticos generales o de Herschel - Bulkley representan un comportamiento más general que engloba al de todos los anteriores con la ecuación

$$\sigma = \sigma_0 + K \cdot \gamma^n$$

A continuación se muestran algunos alimentos con los diferentes tipos de flujo.

Cuadro N° 02. Alimentos de distintos tipos de flujos.

Fluid	K	n	$\sigma_0$	Examples
H-B	> 0	$0 < n < \infty$	> 0	minced fish paste, raisin paste
Newtonian	> 0	1	0	water, fruit juice, milk, honey, vegetable oil
shear-thinning (pseudoplastic)	> 0	$0 < n < 1$	0	applesauce, banana puree, oj concentrate
shear-thickening (dilatant)	> 0	$1 < n < \infty$	0	some types of honey, 40% raw corn starch solution
Bingham plastic	> 0	1	> 0	tooth paste, tomato paste

**Fuente:** Steffe James. 1992

Y a continuación se presentan las viscosidades de algunos fluidos para ilustrar el rango en el que se pueden mover.

Cuadro N° 03. Fluidos y sus respectiva viscosidad.

Fluid	T[°C]	K [Pa.s <sup>n</sup> ]	n
air	0	1.72x10 <sup>-5</sup>	1
water	0	1.79x10 <sup>-3</sup>	1
	100	0.28x10 <sup>-3</sup>	1
skin milk	20	2.12x10 <sup>-3</sup>	1
honey	24	6.18x10 <sup>-3</sup>	1
cream (30% fat)	3	0.00138x10 <sup>-3</sup>	1
applesauce	27	12.7	0.28

Fuente: Steffe James. 1992

### Edulcorante bajo en calorías

Los edulcorantes se pueden clasificar en los edulcorantes artificiales y naturales para los diabéticos. Los sustitutos del azúcar natural que se utilizan como edulcorantes para diabéticos se producen naturalmente los aditivos alimentarios que tienen el mismo resultado que los azúcares naturales en las papilas gustativas de los humanos.

Sin embargo, los azúcares naturales tienen menos energía en comparación con el azúcar de mesa normal. Los azúcares artificiales son los que son, por supuesto artificialmente preparados y son sintéticos en la naturaleza.

Debe tenerse en cuenta que los edulcorantes naturales y artificiales pueden ser utilizado por personas que sufren algún tipo de diabetes como tipo 1, tipo 2 y diabetes gestacional.

## **2.6. Hipótesis.**

**Ho:** La constitución del dulce de cabuyo negro (*Agave americana*) ayuda en la obtención de un edulcorante bajo en calorías.

**Ho:** La constitución del dulce de cabuyo negro (*Agave americana*) no incide en la obtención de un edulcorante bajo en calorías.

**Hi:** La constitución del dulce de cabuyo negro (*Agave americana*) incide en la obtención de un edulcorante bajo en calorías.

## **2.7. Señalamiento de variables.**

- **Variable Independiente:** Dulce de cabuyo negro
- **Variable Dependiente:** Edulcorante bajo en calorías

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Enfoque de la investigación**

El trabajo de investigación alcanza un enfoque constructivista con juicio crítico y propositivo; es constructivista porque los conocimientos y la investigación es fruto de la revisión bibliográfica del autor, es de juicio crítico por que refleja el nivel de conocimiento adquirido en los diferentes semestres que oferta la Facultad y es propositivo por que se registra una solución al problema investigado.

#### **3.2. Modalidad básica de la investigación**

La investigación tiene un sustento bibliográfico, documental y de campo. Es bibliográfico por que se consultó libros, textos, revistas, folletos, internet. Es documental por que se revisó archivos y documentos que facilitan el desarrollo de la investigación. Es de campo por que se elaboró en el lugar que se produce el objeto de estudio.

#### **3.3. Niveles o Tipos**

**Exploratorio:** Facilita desarrollar temas nuevos o poco conocido, de nuevos alimentos, permite abarcar y a su vez aplicar nuevas tecnologías, con el fin común de satisfacer las necesidades de los consumidores con productos saludables y nutricionales para el consumidor.

**Descriptivo:** Porque desarrolla ampliamente criterios y contenidos de la variable dependiente (Edulcorante bajo en calorías) e independiente (Dulce de cabuyo), clasificando de acuerdo al estudio de sus parámetros reológicos, aplicando la tecnología más adecuada para la obtención del producto ya mencionado.

**Correlacional o de asociación de variables:** Porque permite enfrentar a la variable dependiente con la variable independiente, con diversos factores de estudio propuesto para la obtención del producto.

### 3.4. Población y muestra.

**Población:** La población investigada está conformada por un docente, y 30 personas que ayudaron en la encuesta y análisis sensorial.

Cuadro N° 04.- Población.

<b>Docentes</b>	1
<b>Estudiantes</b>	30

Elaborado Por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio.

Por ser la población menos a 100 se trabaja con la totalidad.

**Muestra:** La población se dividió en 10 personas (catadores) los que ayudaron en los análisis sensoriales del edulcorante bajo en calorías, y 20 personas (encuestadas) que ayudaron al análisis económico del producto.

**Diseño experimental:** La investigación planteada se basó en el Diseño Experimental Factorial “A \* B”, con 2 réplicas para evaluar los parámetros reológicos del edulcorante bajo en calorías. A continuación citamos los diferentes factores y niveles:

Factores y niveles de los tratamientos aplicados.

**Factor A**

(Tipo de espesante 0.3%)

a<sub>0</sub>Pectina

a<sub>1</sub>Caboximetilcelulosa (CMC)

a<sub>2</sub> Goma xanthan.

**Factor B (Persevante 0.2%)**

b<sub>0</sub>Benzoato de sodio (solución 2%)

b<sub>1</sub>Sorbato de potasio (solución 2%)

**Ingredientes que no intervienen como variables:**

- Dulce de cabuyo negro
- Acido cítrico: 0.5 %

Cuadro N° 05.- Factores y Niveles del Diseño Experimental.

<b>Tratamiento</b>	<b>Simbología de Interacción de los factores</b>	<b>Interacciones de los factores</b>
<b>1</b>	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	Pectina + Benzoato de sodio
<b>2</b>	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	Pectina + Sorbato de potasio
<b>3</b>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	CMC + Benzoato de sodio
<b>4</b>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	CMC + Sorbato de potasio
<b>5</b>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	Goma Xanthan + Benzoato de sodio
<b>6</b>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	Goma Xanthan + Sorbato de potasio
<b>TESTIGO</b>	T	Sin Espesante, Sin Preservante

Elaborado Por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio

### 3.5. Operacionalización de variables.

Variable Independiente.

Cuadro N° 06.- Dulce de cabuyo negro (*Agave americana L.*)

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems Básicos	Técnica	Instrumentos
Bebida <u>funcional</u> obtenida de forma natural del cabuyo negro.	Funcional	Salud	¿Las bebidas funcionales son adecuadas para la salud del consumidor?	Encuesta	Cuestionario
	Cabuyo	Vegetal	¿El cabuyo es conocido comercialmente como alimento funcional?	Encuesta	Cuestionario

**Elaborado por:** Chancusig Tuso Pedro Mauricio

Variable Dependiente.

Cuadro N° 07.- Edulcorante bajo en calorías.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems Básicos	Técnica	Instrumentos
<p><u>Endulzante</u> natural bajo en calóricas y de <u>alta viscosidad</u>, de uso especial para dietas de personas diabéticas y posible <u>sustituto</u> del azúcar.</p>	Endulzante	Calorías	¿El edulcorante obtenido brinda mayor poder endulzante y menos calorías?	Encuesta	Cuestionario
	Alta Viscosidad	Reología	¿Cómo estudio la reología de un fluido de alta viscosidad?	Observación	Reómetro
	Sustituto	Consumo	¿El consumo de edulcorantes naturales puede ser un posible sustituto del azúcar?	Encuesta	Cuestionario

**Elaborado por:** Chancusig Tuso Pedro Mauricio

## **3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación**

### **3.6.1. Métodos**

Se aplicó el método inductivo que es ideal para los conocimientos, se parte de sistemas particulares para llegar a la generalización concreto a abstracto, se utilizó un método deductivo que parte de una generalización y se aplica a casos o hechos particulares para llegar a un razonamiento, analítico–sintético que permitió detallar las respuestas encontradas a través de los diferentes análisis de los casos que se encuentren para poder sugerir las recomendaciones pertinentes.

### **3.6.2. Técnicas**

El trabajo de investigación utilizó como técnica la encuesta que permitió la recolección de datos en forma directa para lo cual se aplicó el cuestionario (Anexo G-4) como instrumento estructurado.

### **3.6.3. Instrumentos**

Para el análisis de los parámetros reológicos se utilizó como instrumento el viscosímetro rotacional Brookfield. También se utilizó otros instrumentos que ayudaran en la elaboración de edulcorante como brixómetros, termómetro, pH-metro.

## **3.7. Plan para recolección de la información**

Para la redacción de la información se elaboró la hoja de catación, luego de aplicarlo con un plan piloto para facilitar o enmendar preguntas se aplicó al universo (población), como análisis sensorial del edulcorante bajo en calorías (Anexo G-2)

**3.7.1. Parámetros que van a ser investigados.** La investigación se realizó con el objeto de estudiar los parámetros reológicos del edulcorante bajo en calorías elaborado a partir del dulce de cabuyo negro. Se realizó también pruebas microbiológicas (recuento total de mohos, levaduras, *coliformes* totales) y análisis sensorial.

**3.7.2. Proceso de recolección de información:** La técnica que se aplicó para la investigación y recolección se basó en el diseño experimental factorial A\*B con dos réplicas y seis tratamientos con sus respectivos factores de variación (espesantes, y preservantes), también se elaboró una muestra testigo. Se registró los valores de % full scale (Anexo G-3), que ayuda a determinar la viscosidad aparente de cada tratamiento del diseño experimental. En las pruebas microbiológicas se trabajó por duplicado con diluciones  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ , obteniendo resultados en ufc/ml, para esto se utilizó petrifilm de recuento total de mohos/levaduras y *coliformes* totales.

**3.7.3. Recolección de información:** los parámetros reológicos se midió con la ayuda de un reómetro rotacional de Brookfield, cabe señalar que toda información será recolectada dentro de los laboratorios de Biotecnología, Microbiología e Ingeniería de Procesos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

### **3.8. Análisis e interpretación de resultados.**

Se tabuló la información de los análisis microbiológicos, análisis sensoriales, parámetros reológicos, y estudio económico para procesar los datos obtenidos con la utilización de paquetes estadísticos de Statgraphic o Infostat, aplicando análisis de varianza (ANOVA), el test de Duncan determinando el mejor tratamiento. Estas herramientas ayudaron a relacionar los factores de estudio del diseño experimental con los valores de los parámetros reológicos obtenidos como resultados de la fase experimental, facilitando la comprobación de las hipótesis planteadas.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

##### 4.1.1 Caracterización físico – química del dulce de cabuyo negro (Cháhuar-Misque)

La caracterización del dulce de cabuyo negro (Cháhuar-Misque), se presenta en la Tabla A1 registrando valores entre 15 y 14° Brix, estos datos se registraron en diferentes días de elaboración del edulcorante bajo en calorías. El análisis del pH del dulce de cabuyo negro registran valores entre 5.7 y 6, mientras que la acidez titulable tiene valores entre 1.6 y 1.8 ml de NaOH (0.1N), expresando en 0.02552% de ácido acético (valor promedio) (Anexo A)

Para los análisis sensoriales del dulce de cabuyo negro se evaluó características como color, aroma, y la presencia de espuma, describiendo un color blanco turbio, con aroma característico al cabuyo y presencia de espuma, cabe destacar que la presencia de espuma es mínima, ya que previamente se dio un pretratamiento térmico al dulce de cabuyo negro, con el fin de inactivar la enzima fosfoenol piruvato carboxilasa, ya que esta enzima incrementa la acidez del dulce de cabuyo negro.

Tras la evaporación e hidrólisis acida con el uso de ácido cítrico (0.5%), se obtuvo una bebida edulcorada de 50° Brix, a partir de estas muestras se elaboró cada uno de los tratamientos presentados en el diseño experimental (A\*B), llegando todos los tratamientos a 65° Brix.

#### 4.1.2 Análisis microbiológico.

El resultado de los análisis microbiológico se presentan en el Anexo B, y Anexo F (Fig. 4), también se realizó un estudio bibliográfico de los microorganismos analizados en el edulcorante bajo en calorías.

*Coliforme* y *E. coli*: son microorganismos no esporulados que crecen con una  $a_w$  de 0.75, en un rango de pH entre 5.0- 9.0, pero su crecimiento se inhibe a 4.5 – 5.0, su termoresistencia no supera los 65°C por un tiempo 5 a 10 minutos. (Alaoui A. y col, 1980)

Mohos: son microorganismos que crecen en un intervalo de pH muy amplio (2-8,5) pero su mejor crecimiento es a un pH de 4,4 – 5,6. Se debe señalar que todo microorganismo requiere presencia de agua disponible en el alimento para poder crecer y desarrollar sus funciones metabólicas, por esto algunos tipos de mieles tienen una actividad de agua ( $a_w$ ) inferior a 0,60. Sin embargo se han encontrado presencia de mohos, en alimentos con  $a_w$  entre 0,93 y 0,85 estos no son termoresistentes, aunque pueden resistir una exposición momentánea a 100°C. (Alaoui A. y col, 1980)

Levaduras: se define a una levadura como hongos verdaderos cuya forma de crecimiento es habitual y dominante es unicelular, para muchas levaduras un pH bajo (<3.5) en el medio de recuperación puede inhibir su crecimiento, el rango de pH para su crecimiento es entre 2.2 – 8.8. En una miel se pueden desarrollar levaduras osmofílicas, por las altas concentraciones de azúcares sin requerir necesariamente valores bajos de  $a_w$  (0.83 a 0.62), no son termoresistentes, pero resistir una exposición momentánea a 100°C. (Alaoui A. y col, 1980)

**INCUBACIÓN:** Método Oficial AOAC 991.14: Incubar (*E.coli*, coliformes) 24h  $\pm$ 2h a 35°C  $\pm$  1°C; en el caso de mohos y levaduras 5 días/ Temp. Ambiente.

Se realizó dos replicas del análisis microbiológico del edulcorante bajo en calorías para identificar *E. coli*, *coliformes*, mohos y levaduras, como se presentó anteriormente el periodo de incubación varía dependiendo el microorganismo.

Análisis microbiológico de *E coli* y *coliformes*.- se realizo en placas Petrifilm para recuento de *E coli* / *coliformes*, por un periodo 24 a 35h  $\pm$ 2h a una temperatura de incubación de 35°C, en el cual se obtuvo la ausencia total de colonias de *coliformes* y *E coli* en todos los tratamientos, al haber ausencia se reportó en como <10ufc/ml, cabe destacar que la norma microbiológica para una miel es de ausencia/g( (Moragas M. 2010), tomado como referencia, por lo tanto indica que este producto se elaboró en las mejores condiciones, siendo apto para el consumo humano.

Análisis microbiológico de mohos.- se realizó en placas Petrifilm para recuento de mohos/levaduras, como se indico anteriormente el análisis tiene una duración de 5 días, expuesto a temperatura ambiente, si existiera la formación de colonias son identificados por un color verde negruzco.

Se obtuvieron los siguientes resultados en los tratamientos 1, 2, 3, 4, 6, 7 y testigo, no existe crecimiento de colonias de mohos, reportando como <10 ufc/ml, mientras que el tratamiento 5 reporto 10 ufc/ml, que en comparación con la norma microbiológica establecida para este microorganismo es como límite máximo <10<sup>2</sup>ufc/ml, por lo tanto este producto se encuentra dentro de los límites establecidos siendo un producto apto para su consumo.

Análisis microbiológico de levaduras.- se realizó en placas Petrifilm para recuento de mohos/levaduras, como se indicó anteriormente el análisis tiene una duración de 5 días, expuesto a temperatura ambiente, si existiera la formación de colonias son identificados por un color verde claro con la forma redonda bien definida.

Se obtuvieron los siguientes resultados para ambas diluciones, en los tratamientos 1, 2, 3, 4, la ausencia de crecimiento de colonias de levaduras, reportando como <10ufc/ml, mientras que el tratamiento 5 se reportó 90ufc/ml y 20ufc/ml; en el tratamiento 6 se reportó 70 ufc/ml , y en tratamiento testigo se registran 100 ufc/ml y 40 ufc/ml, siendo la norma microbiológica establecida para este microorganismo como límite máximo <10<sup>2</sup>ufc/ml, se concluye que el producto se encuentra de los límites establecidos siendo apto para su consumo.

#### **4.1.3 Análisis sensorial.**

En el análisis sensorial se aplicó el diseño de bloques completos al azar (Anexo D) con 10 catadores (70% hombres y 30% mujeres) se clasificaron diferentes rangos de edad, con dos replicas de medida en distintos días, este diseño es muy útil cuando las respuestas de las unidades experimentales (tratamientos) no son homogéneas.

<b>Rangos de edad (años)</b>	<b>Nº personas</b>
21 – 25 años =	2
26 – 30 años =	3
31 – 35 años =	1
36 – 40 años =	2
41 – 45 años =	2

La escala hedónica utilizada es del 1 al 5 (Anexo G-2), designando la menor calificación a una característica no aceptada por el catador y la mayor calificación al de mejor característica aceptada por el catador. (Anexo D - Tabla D-1).

### Análisis sensorial del aroma en el edulcorante bajo en calorías.

Características	Valor	Escala hedónica de percepción para el catador
<b>Aroma:</b> el catador percibe el aroma a cabuyo negro ( <i>Agave americana L</i> ) en el producto.	5	Intenso característico
	4	Normal característico
	3	Ligeramente perceptible
	2	No tiene
	1	Desagradable

Tratamiento 1 ( $a_0b_0$ ).- el análisis sensorial de aroma, evaluado al tratamiento 1, indica que el 10% de los catadores perciben un aroma que desagrada poco, el 60% de los catadores perciben un aroma que ni agrada ni desagrada, el 20% de los catadores perciben un aroma que agrada, mientras que el 10% de los catadores perciben un aroma que agrada mucho.

Tratamiento 2 ( $a_0b_1$ ).- el análisis sensorial de aroma, evaluado al tratamiento 2, indica que el 10% de los catadores perciben un aroma que desagrada poco, el 50% de los catadores perciben un aroma que ni agrada ni desagrada, mientras que el 40% de los catadores perciben un aroma que agrada.

Tratamiento 3 ( $a_1b_0$ ).- el análisis sensorial de aroma, evaluado al tratamiento 3, indica que el 60% de los catadores perciben un aroma que ni agrada ni desagrada, mientras que el 40% de los catadores perciben un aroma que agrada.

Tratamiento 4 ( $a_1b_1$ ).- el análisis sensorial de aroma, evaluado al tratamiento 4, indica que el 20% de los catadores perciben un aroma que ni agrada ni desagrada, el 60% de los catadores perciben un aroma que agrada, mientras que el 20% de los catadores perciben un aroma que agrada mucho.

Tratamiento 5 ( $a_2b_0$ ).- el análisis sensorial de aroma, evaluado al tratamiento 5,

indica que el 30% de los catadores perciben una aroma que ni agrada ni desagrada, el 60% de los catadores perciben un aroma que agrada, mientras que el 10% de los catadores perciben un aroma que agrada mucho.

Tratamiento 6 ( $a_2b_1$ ).- el análisis sensorial de aroma, evaluado al tratamiento 6, indica que el 10% de los catadores perciben una aroma que desagrada mucho, el 20% de los catadores perciben un aroma que ni agrada ni desagrada, mientras que el 70% de los catadores perciben un aroma que agrada.

Tratamiento testigo.- el tratamiento testigo se considera como un tratamiento de referencia al ser comparado con los demás tratamientos, al ser evaluado indica que el 10% de los catadores perciben una aroma que desagrada mucho, el 30% de los catadores perciben un aroma que desagrada poco, el 40% de los catadores perciben un aroma que ni agrada ni desagrada, el 10% de los catadores perciben un aroma que agrada y el 10% de los catadores perciben un aroma que agrada mucho.

Al aplicar el diseño de bloques completos al azar evaluando el “aroma” en cada uno de los tratamientos se planteó las hipótesis (nula y alternativa), que es aceptada o rechazada dependiendo las respuestas experimentales de los catadores.

La respuesta de los catadores después de evaluar el aroma, se toma la decisión de aceptar la hipótesis nula, al comprobar que el  $F_{\text{tabla}}$ : 2.27 es menor que el  $F_{\text{calculado}}$ : 3.62, concluyendo que todos los tratamientos emiten diferente aroma y no todos los tratamientos son aceptados por los catadores.

Se aplicó el test de Duncan para determinar el mejor tratamiento con un nivel de significancia de 0.05%, identificando como mejor y más aceptado al tratamiento  $a_1b_1$  (CMC + sorbato de potasio). (Anexo D-1)

### **Análisis sensorial del color en el edulcorante bajo en calorías.**

<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Escala hedónica de percepción para el catador</b>
<b>Color:</b> el catador evaluó el	5	Café intenso
color del producto	4	Café
obtenido después de la	3	Claro
elaboración de cada	2	Opaco
tratamiento.	1	Oscuro

Tratamiento 1 ( $a_0b_0$ ).- el resultado del análisis sensorial del color para el tratamiento 1, demuestra que el 60% de los catadores califican de un color café, y el 40% de los catadores califican de un color café intenso.

Tratamiento 2 ( $a_0b_1$ ).-el resultado del análisis sensorial del color para el tratamiento 2, demuestra que el 50% de los catadores califican de un color café, y el 50% de los catadores califican de un color café intenso.

Tratamiento 3 ( $a_1b_0$ ).- el resultado del análisis sensorial del color para el tratamiento 3, demuestra que el 10% de los catadores califican de un color opaco, el 40% de los catadores califican de un color claro, el 40% de los catadores califican de un color café, y el 10% de los catadores califican de un color café intenso.

Tratamiento 4 ( $a_1b_1$ ).- el resultado del análisis sensorial del color para el Tratamiento 4, demuestra que el 10% de los catadores califican de un color opaco, el 70% los catadores califica de un color claro y el 20% de los catadores califican de un color café.

Tratamiento 5 ( $a_2b_0$ ).- el resultado del análisis sensorial del color para el Tratamiento 5, demuestra que el 10% de los catadores califican de un color opaco, el 20% los catadores califica de un color claro, el 60% de los catadores califican

de un color café y el 10% de los catadores califican de un color café intenso.

Tratamiento 6 ( $a_2b_1$ ).- los resultados del análisis sensorial del color para el Tratamiento 6, demuestra que el 30% de los catadores califican de un color oscuro, el 20% los catadores califica de un color claro, el 20% de los catadores califican de un color café y el 30% de los catadores califica de un color café intenso.

Tratamiento testigo.- el tratamiento testigo, se consideró como referencia de los demás tratamientos, expresan los siguientes resultados que el 10% de los catadores califican de un color oscuro, el 30% de los catadores califican de un color opaco, el 50% de los catadores califican de un color claro, mientras que el 10% de los catadores califican de un color café.

Se aplicó el diseño de bloque completos al azar, para el análisis sensorial del “color” en el edulcorante bajo el cual después de tener el cuadro de análisis de varianza se obtiene un  $F_{\text{tabla};0.05\%}: 2.27 < f_{\text{cal}}:6.36$ , rechazando la hipótesis nula que significa que existe variabilidad de color entre los tratamientos, para determinar los tratamiento que mas variabilidad de color se aplica el test de Duncan con el 0.05% de significancia, identificando los tratamientos  $a_0b_1$  y  $a_0b_0$  de color café; los tratamientos  $a_2b_0$ ,  $a_1b_0$ ,  $a_2b_1$  y  $a_1b_1$  de un color claro; el tratamiento testigo de un color opaco que son los de mayor variabilidad entre sí.(Anexo D-2)

#### **Análisis sensorial de sabor en el edulcorante bajo en calorías.**

<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Escala hedónica de percepción para el catador</b>
<b>Sabor:</b> el catador evaluó el	5	Muy dulce
sabor dulce del edulcorante,	4	Ligeramente dulce
y se lo califica con la	3	Regular
siguiente escala.	2	Sin sabor

## 1 Desagradable

Tratamiento 1 ( $a_0b_0$ ).- mediante el análisis sensorial se determinó que el 20% de los catadores califican al tratamiento 1 con un sabor que ni agrada ni desagrada, el 70% de los catadores lo califica con un sabor que agrada y el 10% de los catadores lo califica con un sabor que agrada mucho.

Tratamiento 2 ( $a_0b_1$ ).- mediante el análisis sensorial se determinó que el 10% de los catadores califica al tratamiento 2 con un sabor que desagrada poco, el 10% lo califica de una sabor que ni agrada ni desagrada, el 50% lo califica de una sabor que agrada, mientras que el 30% lo califica de un sabor que agrada mucho.

Tratamiento 3 ( $a_1b_0$ ).- el análisis sensorial determinó que el 30% de los catadores califican a este tratamiento con un sabor que desagrada poco, el 40% lo califica con un sabor que ni agrada ni desagrada, el 20% lo califica con un sabor que agrada, y el 10% restante lo califica de un sabor que agrada mucho.

Tratamiento 4 ( $a_1b_1$ ).- el análisis sensorial del tratamiento 4 determino que el 10% de los catadores califica con un sabor que desagrada mucho, el 30% lo califica con un sabor desagrada poco, el 30% lo califica con un sabor que ni agrada ni desagrada, y el 30% restante lo califica con un sabor que agrada mucho.

Tratamiento 5 ( $a_2b_0$ ).- los resultados del análisis sensorial aplicado al tratamiento 5 expresa que el 10% de los catadores lo califican de un sabor desagrada poco, el 10% lo califica con un sabor que ni agrada ni desagrada, el 60% de los catadores expresan que tiene un sabor que agrada, mientras que el 20% expresan su respuesta con un sabor que grada mucho.

Tratamiento 6 ( $a_2b_1$ ).- con las respuestas del análisis sensorial aplicado al tratamiento 6 se determina que el 20% de los catadores califican de un sabor que desagrada poco, el 30% de los catadores califican con un sabor que ni agrada ni

desagrada, el 40% de los catadores califica con un sabor que agrada, mientras el el 10% restante califican de un sabor que agrada mucho.

Tratamiento testigo.- como tratamiento de control o testigo también se realizó el análisis sensorial expresando los siguientes resultados como el 20% de los catadores perciben un sabor que desagrada mucho, el 50% lo califican con un sabor que desagrada poco, el 20% perciben un sabor que ni agrada ni desagrada, y el 10% percibe un sabor que agrada.

Se aplicó el diseño de bloque completos al azar, para el análisis del parámetro sensorial “sabor” del edulcorante bajo en calorías, plantea su hipótesis y mediante el análisis de varianza se determina el  $F_{\text{tabla};0.05\%}: 2.27 < f_{\text{cal}}:5.29$ , el cual acepta la hipótesis nula, lo que significa que todos los tratamientos más el testigo tienen diferente sabor y no todos son aceptados por los consumidores.

Para determinar los mejores tratamientos en base a sabor se aplica el test de Duncan con un nivel de significancia del 0.05%, destacando los mejores tratamientos en base al mayor promedio, estos tratamientos son a0b1 y a0b0, destacando como un sabor que agrada a los consumidores. (Anexo D-3)

### **Análisis sensorial de consistencia en el edulcorante bajo en calorías**

<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Escala hedónica de percepción para el catador</b>
<b>Consistencia:</b> fue muy	5	Muy viscosa
variable dependiendo el tipo	4	Viscosa
de espesante utilizado, y fue	3	Normal
evaluado con la siguiente	2	Fluida
escala hedónica	1	Muy fluida

Tratamiento 1 (a0b0).- el análisis sensorial de consistencia, evaluado al tratamiento 1, revela que el 20% de los catadores aprecian una consistencia fluida,

mientras que el 80% de los catadores aprecian una consistencia normal.

Tratamiento 2 ( $a_0b_1$ ).- el análisis sensorial de consistencia, evaluado al tratamiento 2, revela que el 40% de los catadores aprecian una consistencia fluida, el 50% de los catadores aprecian una consistencia normal, mientras que el 10% de los catadores aprecian una consistencia viscosa.

Tratamiento 3 ( $a_1b_0$ ).- el análisis sensorial de consistencia, evaluado al tratamiento 3, revela que el 40% de los catadores aprecian una consistencia fluida, el 40% de los catadores aprecian una consistencia normal, mientras que el 20% de los catadores aprecian una consistencia viscosa.

Tratamiento 4 ( $a_1b_1$ ).- el análisis sensorial de consistencia, evaluado al tratamiento 4, revela que el 50% de los catadores aprecian una consistencia fluida, el 20% de los catadores aprecian una consistencia normal, mientras que el 30% de los catadores aprecian una consistencia viscosa.

Tratamiento 5 ( $a_2b_0$ ).- el análisis sensorial de consistencia, evaluado al tratamiento 5, revela que el 10% de los catadores aprecian una consistencia fluida, el 10% de los catadores aprecian una consistencia normal, mientras que el 80% de los catadores aprecian una consistencia viscosa.

Tratamiento 6 ( $a_2b_1$ ).- el análisis sensorial de consistencia, evaluado al tratamiento 6, revela que el 20% de los catadores aprecian una consistencia viscosa, mientras que el 80% de los catadores aprecian una consistencia muy viscosa.

Tratamiento testigo.- el análisis sensorial de consistencia, evaluado al tratamiento testigo, revela que el 60% de los catadores aprecian una consistencia muy fluida, el 20% de los catadores aprecian una consistencia fluida, mientras que el 10% de los catadores aprecian una consistencia viscosa.

Se aplicó el diseño de bloque completos al azar, para el análisis sensorial de “consistencia” del edulcorante bajo en calorías, destaca principal mente si el producto mencionado es muy viscoso, viscoso, normal, fluida, muy fluida, de igual forma en este parámetro aplica su propia hipótesis ( $H_0$  y  $H_i$ ) y las tabla de análisis de varianza se verifica el  $F_{\text{tabla};0.05\%}: 2.270 < f_{\text{cal}}:20.70$  para tratamientos, tomando como decisión final el rechazo de la hipótesis nula, aplicando Duncan al 0.05% de significancia para determinar mediante los catadores los tratamiento de mayor índice de consistencia que son  $a_2b_1$ ,  $a_2b_0$ ,  $a_1b_1$ .(Anexo D-4)

### **Análisis sensorial de aceptabilidad del edulcorante bajo en calorías.**

<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Escala hedónica de percepción para el catador</b>
<b>Aceptabilidad:</b> dependiendo	5	Gusta mucho
las anteriores características	4	Gusta poco
evaluadas, se da una	3	Ni agrada ni desagrada
calificación global de la	2	Desagrada poco
aceptación del producto.	1	Desagrada mucho

Tratamiento 1 ( $a_0b_0$ ).-el análisis sensorial de aceptabilidad del edulcorante bajo en calorías, otorga una calificación global basados en los atributos evaluados anteriormente, y señala el 60% de los catadores califican como un producto que ni agrada ni desagrada, mientras que el 40%de los catadores califican como un producto que agrada.

Tratamiento 2 ( $a_0b_1$ ).- el análisis sensorial de aceptabilidad, evaluado al tratamiento 2, señala el 10% de los catadores califican como un producto que desagrada poco, el 20% de los catadores califican como un producto que ni agrada ni desagrada, mientras que el 70% de los catadores califican como un producto que agrada.

Tratamiento 3 ( $a_1b_0$ ).- el análisis sensorial de aceptabilidad, evaluado al tratamiento 3, señala el 20% de los catadores califican como un producto que desagrada poco, el 60% de los catadores califican como un producto que ni agrada ni desagrada, mientras que el 20% de los catadores califican como un producto que agrada.

Tratamiento 4 ( $a_1b_1$ ).- el análisis sensorial de aceptabilidad, evaluado al tratamiento 4, señala el 10% de los catadores califican como un producto que desagrada mucho, el 10% de los catadores califican como un producto que desagrada poco, el 40% de los catadores califican como un producto que ni agrada ni desagrada, mientras que el 40% de los catadores califican como un producto que agrada.

Tratamiento 5 ( $a_2b_0$ ).- el análisis sensorial de aceptabilidad, evaluado al tratamiento 5, señala el 70% de los catadores califican como un producto que agrada, mientras el 30% de los catadores califican como un producto que agrada mucho.

Tratamiento 6 ( $a_2b_1$ ).- el análisis sensorial de aceptabilidad, evaluado al tratamiento 6 es de mayor aceptación por parte de los catadores, señala el 40% de los catadores califican como un producto que agrada, mientras el 60% de los catadores califican como un producto que agrada mucho.

Tratamiento testigo.- las respuestas experimentales de los catadores con respecto al testigo son muy aleatorias, de tal manera que un 20% califica como un producto de desagrada mucho, el 40% califica como un producto que desagrada poco, un 30% califica como un producto que ni agrada ni desagrada, y un 10% califica como un producto que agrada.

Se aplicó el diseño de bloques completos al azar, para el análisis sensorial "aceptabilidad" del producto es un calificador en general de todos los

aspectos anteriores analizados, de esta manera se plantean las dos hipótesis (Ho y Hi), para verificar mediante el análisis de varianza el  $F_{\text{tabla};0.05\%}: 2.27 < f_{\text{cal}}:13.45$  para tratamientos, tomando la decisión de rechazar la hipótesis nula. Concluyendo que los tratamientos más el testigo difieren entre si y no todos son aceptables por los consumidores.

Aplicando el test de Duncan con el 0.05% de significancia se identifican los tratamientos de mayor aceptación por los catadores que son  $a_2b_1$  y  $a_2b_0$

#### 4.1.4 Parámetros Reológicos.

Cuadro N° 08.- Velocidad y factores del viscosímetro de Brookfield

<b>Velocidad</b>	Factor que multiplica la lectura del viscosímetro			
<b>[rpm]</b>	<b>Rotor 1</b>	<b>Rotor 2</b>	<b>Rotor 3</b>	<b>Rotor 4</b>
0.3	200	1000	4000	20000
0.6	100	500	2000	10000
1.5	40	200	800	4000
3	20	100	400	2000
6	10	50	200	1000
12	5	25	100	500
30	2	10	40	200
60	1	5	20	100
<b>Longitud</b>	0.07493	0.06121	0.04846	0.03396
<b>Radio</b>	0.009421	0.005128	0.002941	0.001588

**Fuente:** (Alvarado J. 1996)

**Tratamiento 1 ( $a_0b_0$ ):** pectina + benzoato de sodio

**Ley de potencia.**

$$\log \mu_F = (n-1) \log (2\pi N) + \log K$$

**Modelo de Heldhman & Sing**

$$\log \mu_F = \log \left( \frac{K}{n} \right) + (n - 1) \log(4\pi N)$$

**Numero de revoluciones**

$$N = \frac{0.3}{60} = 0.005 \text{ rps}$$

$$\text{Log}(4\pi N) = \log(4 * (3.1416) * 0.005 \text{ rps}) = -1.20182$$

**Viscosidad aparente.**

$$\mu_a = k * \left( \frac{\% \text{fullscale}}{1000} \right)$$

**K**= constante del viscosímetro (utilizar de acuerdo al rotor utilizado en la medición)

**%FS**=% full scale

$$\mu_a = 200 * \left( \frac{2.1}{1000} \right) = 0.42000 \text{ Pa.s}$$

$$\log \mu_a = \log 0.42000$$

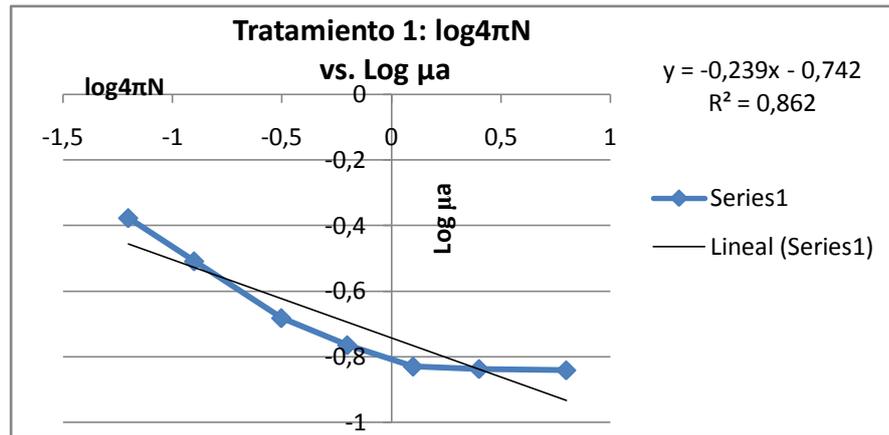
$$\log \mu_a = -0.37675$$

Cuadro N° 09.- Ejemplo del cálculo de los parámetros reológicos por la Ec. de Alvarado; Ec. de Heldhman & Sing (Tratamiento 1, Replica 1)

Replica 1	LV: 1					
Velocidad RPM	(%FS)	RPS	4πN	log4πN	μa (Pa.s)	logμa
0.3	2.1	0.005	0.06283	-1.20182	0,42000	-0.37675
0.6	3.1	0.01	0.12566	-0.90079	0,31000	-0.50863
1.5	5.2	0.025	0.31415	-0.50285	0,20800	-0.68193
3	8.6	0.05	0.62831	-0.20182	0,17200	-0.76447
6	14.8	0.1	1.25663	0.09920	0,14800	-0.82973
12	29.1	0.2	2.51327	0.40023	0,14550	-0.83713
30	72.1	0.5	6.28318	0.79817	0,14420	-0.84103
60	-	1	-	-	-	-

**Fuente:** Chancusig Tuso Pedro Mauricio

Gráfico N° 06. Tratamiento 1:  $\log 4\pi N$  vs.  $\text{Log } \mu a$



**Fuente:** Chancusig Tuso Pedro Mauricio

**Pendiente**

-0.23895715

**Intersepto**

-0.74292131

$n = 1 - 0.23895715$

$n = 0.76104285$

$K = 10^{(-0.74292131)}$

$K = 0.18075016 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$  Ec. Alvarado

$K = 0.2710 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$  Ec. Heldhman & Sign

Cuadro N° 10.- Ejemplo del cálculo de los parámetros reológicos por el modelo de Casson. (Tratamiento 1, Replica 1)

Velocidad RPM	RPS	%FS	TORQUE $\Omega$ (N*m)	$\tau$ (Pa)	$\gamma$ (1/s)
				$(\Omega/2\pi \cdot LR^2)^{0,5}$	$(2\pi N)^{0,5}$
0,3	0,005	2,1	1,41435E-06	0,183977	0,17724
0,6	0,01	3,1	2,08785E-06	0,22352	0,25066
1,5	0,025	5,2	3,5022E-06	0,289504	0,39633
3	0,05	8,6	5,7921E-06	0,372308	0,56049
6	0,1	14,8	9,9678E-06	0,488410	0,79266
12	0,2	29,1	1,95989E-05	0,684857	1,12099
30	0,5	72,1	4,85594E-05	1,078007	1,77245
<b>promedio</b>				0,474370	0,72440

**Fuente:** Chancusig Tuso Pedro Mauricio

		<b>pendiente</b> <b>(k) Pa<sup>0,5</sup>s<sup>0,5</sup></b>	<b>intersepto</b> <b>(n)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>kte</b>		0,55881611	0,069559	0,997
<b>Viscosímetro=</b>	6,74E-05			
		<b>k* (vis plástica)</b>	0,31	Pa*s
		<b>tensión mínima de deformación (b)</b>	0,0048	Pa
		<b>μ</b> <b>verdadera:</b>	0,65483	Pa*s

Los tratamientos elaborados según al diseño experimental (A\*B), ayudan a describir el comportamiento reológico de cada uno de los tratamientos, también se suma el tratamiento testigo que es sin espesante ni preservante.

Para determinar los parámetros reológicos se utilizó la ley de potencia, calculando la viscosidad aparente (Tabla C3), tabulando el promedio de las 2 replicas de la viscosidad aparente en la Tabla C4, se observa claramente que disminuye conforme aumenta la velocidad de rotación (rpm), esta facilita deducir el comportamiento no Newtoniano del edulcorante bajo en calorías como se observa en la Anexo F (Fig 1). Además al aplicar la ley de potencia se obtiene un coeficiente de correlación desde 0.85

En la Tabla C5 se presentan los valores promedios de los parámetros reológicos calculados por la ecuación de Alvarado y Heldman & Sing, concluyendo que los valores de índice de consistencia (k) expresados en Pa\*s<sup>n</sup>, son similares por ejemplo se obtuvo mayor índice de consistencia el tratamiento 6 con la Ec. de Alvarado K= 5.645Pa\*s<sup>n</sup>, mientras que al aplicar la ecuación de Heldhman & Sing, para el mismo tratamiento se obtiene un valor de K= 5.77 Pa\*s<sup>n</sup>.

El índice de comportamiento de flujo (n) describe un comportamiento pseudoplástico. También se puede comparar los valores del tratamiento testigo,

siendo para el tratamiento testigo  $n=0.88$ , mientras que el índice de comportamiento del tratamiento 6 es de  $n=0.604$  ( $n_{Tr} < n_{testigo}$ )

Al ser un fluido pseudoplástico se observa claramente que la viscosidad aparente disminuye a medida que aumenta la velocidad de cizalla, en consecuencia el índice de comportamiento de flujo es menor que la unidad. (Alvarado, 1996)

El índice de consistencia “K” ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ ) se observa claramente como varía en cada tratamiento, obteniendo mayor índice de consistencia en el tratamiento 6 (Goma xanthan y sorbato de potasio), cabe señalar que este tratamiento tiene un coeficiente de correlación ( $R^2$ ) de 0.994.

Al aplicar el modelo de Casson (1959), para fluidos pseudoplástico, se observa el ajuste adecuadamente del coeficiente de correlación ( $R^2$ ) igual a 0.99 (Tabla C7). Sin embargo no se obtienen los mismo resultados de índice de consistencia (K), como ejemplo claro es el tratamiento 6 de mayor índice de consistencia el cual es Goma xanthan y sorbato de potasio, con la tensión mínima de deformación de 0.182 Pa, índice de consistencia de  $1.024 \text{ Pa}^{0.5}\cdot\text{s}^{0.5}$ , viscosidad plástica de  $1.049 \text{ Pa}\cdot\text{s}$  y la viscosidad verdadera de  $1.613 \text{ Pa}\cdot\text{s}$

#### **4.1.5 Estudio económico.**

El estudio económico se realizó al mejor tratamiento, este es seleccionado mediante el análisis sensorial, siendo el tratamiento 6 (Goma Xanthan + Sorbato de potasio) (Anexo D-1)

El análisis económico toma en cuenta los materiales directos e indirectos, siendo la base de cálculo 10 litros de dulce de cabuyo negro, tiene un valor económico de \$9.89

Los equipos y utensilios que ayudaron en la elaboración del edulcorante bajo en calorías, estima el costo de producción mediante la vida útil de los equipos, el costo anual, costo día, estimando el tiempo que se utiliza cada equipo estimando un valor total de \$ 0.39.

Los suministros utilizados, para la elaboración del edulcorante bajo en calorías son agua, gas, electricidad, agua destilada, siendo el valor total de \$ 5.

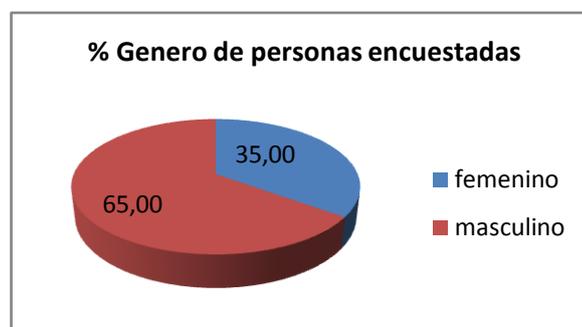
Sumando estos tres aspectos como son materiales directos e indirectos, equipos - utensilios y suministros, el valor comercial del edulcorante bajo en calorías es de \$ 13.00, tomando en cuenta que se obtuvo 3 litros y cada litro tiene un valor unitario de \$ 4.33.

## 4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS (Encuesta)

La encuesta se realizó a 20 personas, con el objeto de identificar la necesidad de consumir un edulcorante bajo en calorías.

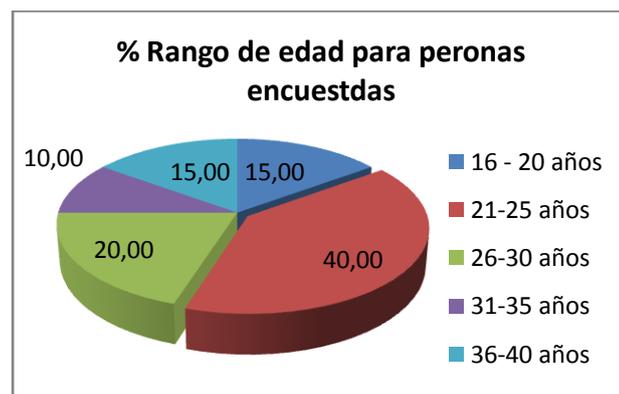
### Personas:

Genero	Nº Personas	% Encuestados
Femenino	7	35,00
Masculino	13	65,00
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100</b>



La encuesta se efectuó en la ciudad de Ambato, siendo 65% personas del género masculino y 35% de personas del género femenino.

RANGOS DE EDAD	Nº personas	% encuestados
16 - 20 años	3	15,00
21-25 años	8	40,00
26-30 años	4	20,00
31-35 años	2	10,00
36-40 años	3	15,00
<b>total:</b>	<b>20</b>	<b>100</b>

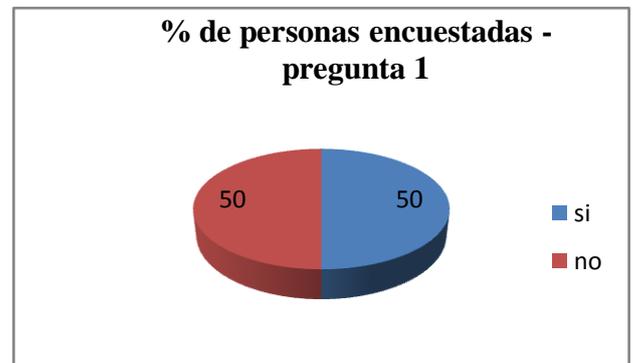


Se clasifíco en 5 rangos de edad obteniendo el 15% de personas encuestadas están en un rango de edad de 16 – 20 años, el 40% de las personas encuestadas están en un rango de edad de 21-25 años, el 20% de las personas encuestadas están en un rango de edad de 26-30 años, el 10% de las personas encuestadas están en un rango de edad de 31-35 años y el 15% de las personas encuestas están en un rango de edad de 36-40 años

**Resultados de la encuesta, realizada en la ciudad de Ambato, a fin de conocer la necesidad de consumir miel.**

**Pregunta 1.-** ¿Ud conoce algún tipo de producto elaborado a partir de cabuyo negro?

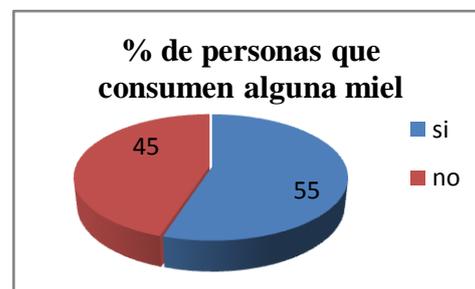
	% personas
<b>Si</b>	50
<b>No</b>	50
<b>Total</b>	100



Esta pregunta registró un 50% de las personas encuestadas que dicen **si**, destacando los siguientes productos elaborados a partir del cabuyo que son: lonas, sogas, y también como alimento de ganado, mientras que el 50% de las personas encuestadas que dicen **no**, son personas que desconocen totalmente los beneficios que brinda el cabuyo negro, siendo el factor principal la falta de interés tecnológico.

**Pregunta 2.-** ¿Ud consume algún tipo de miel o edulcorante bajo en calorías?

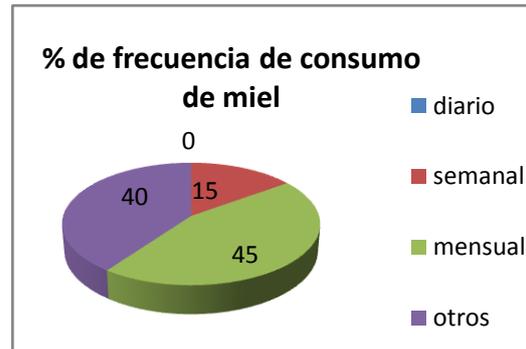
	% personas
<b>Si</b>	55
<b>No</b>	45
<b>Total</b>	100



El resultado de la pregunta registró el 55% de las personas que contestaron **si**, son personas que consumen miel de abeja, panela y edulcorantes como la stevia y el 45% de las personas que contestaron **no** son personas desconocen lo que es un edulcorante, especificando el uso tradicional del azúcar común.

**Pregunta 3.-** ¿Con qué frecuencia consume algún tipo de miel o edulcorante bajo en calorías?

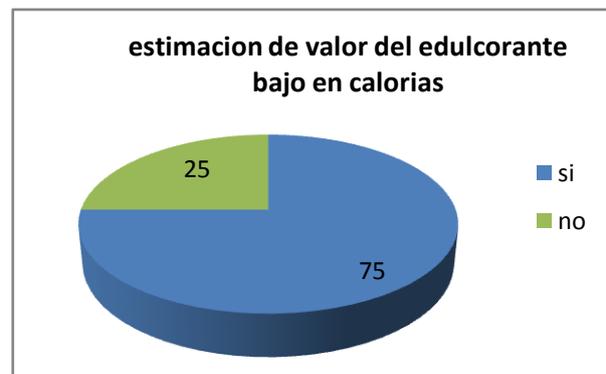
	% personas
<b>Diario</b>	0
<b>Semanal</b>	15
<b>Mensual</b>	45
<b>Otros</b>	40
<b>Total</b>	<b>100</b>



Como resultado de esta pregunta se obtuvo que el 15% de las personas consumen semanalmente algún tipo de miel o edulcorante, el 45% de las personas consumen mensualmente algún tipo de miel o edulcorante y el 40% de las personas consumen ocasionalmente (trimestral) algún tipo de miel o edulcorante.

**Pregunta 4.-** ¿Le gustaría consumir una miel elaborada a partir de dulce de cabuyo (cháhuar - mishque)?

	% personas
<b>Si</b>	75
<b>No</b>	25
<b>Total</b>	100



Como respuesta a esta pregunta el 75% de las personas que dicen **si**, citan como principal razón la obtención de forma natural, saludable, calificándolo como una alternativa de edulcorante natural y un posible sustituto del azúcar común. Mientras que el 25% de las personas que dicen **no**, son personas que no consumen o están indecisos por el consumo del edulcorante bajo en calorías elaborado a partir de dulce de cabuyo negro, siendo la principal causa el desconocimiento de las bondades alimenticias que brinda dicha planta.

**Pregunta 5.-** ¿Como consumidor final cuánto paga por un litro de miel de abeja?

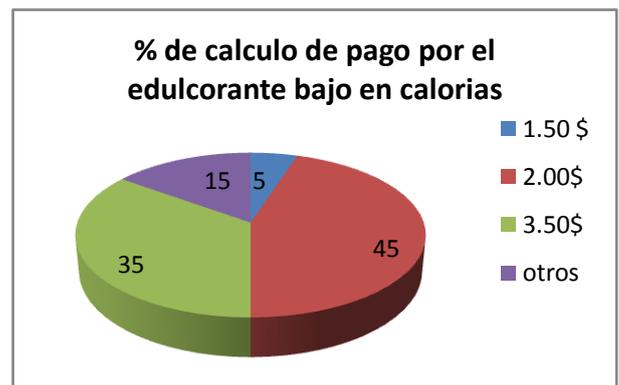
Precio	%
\$	personas
1.50	5
2.00	20
3.50	25
Otros	50
<b>Total</b>	<b>100</b>



Como resultado a esta pregunta se obtuvo que el 5% de las personas paga un valor de \$ 1.50, el 20% de las personas paga un valor de \$2.00, el 25% de las personas paga un valor de \$ 3.50 y el 50% de las personas paga un valor promedio de \$ 5.00 por un litro de miel de abeja.

**Pregunta 6.-** Cuánto está dispuesto a pagar por un litro de bebida edulcorante bajo en calorías elaborado a partir de dulce de cabuyo negro?

Precio \$	% personas
1.50	5
2.00	45
3.50	35
Otros	15
<b>Total</b>	<b>100</b>



Como resultado a esta pregunta se obtuvo que el 5% de las personas están dispuestos a pagar \$1.50, el 45% de las personas están dispuestos a pagar \$ 2.00, el 35% de las personas están dispuestos a pagar \$3.50, mientras que el 15% de las personas están dispuestos a pagar un valor promedio de \$ 4.00.

### 4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.

**Ho:** La constitución del dulce de cabuyo negro (*Agave americana*) ayuda en la obtención de un edulcorante bajo en calorías.

**Ho:** La constitución del dulce de cabuyo negro (*Agave americana*) no incide en la obtención de un edulcorante bajo en calorías.

**Hi:** La constitución del dulce de cabuyo negro (*Agave americana*) incide en la obtención de un edulcorante bajo en calorías.

Se comprobó la hipótesis planteada en el literal 2.6 el cual rechazamos la hipótesis nula, ya que la composición del dulce de cabuyo negro si incide en la obtención de un edulcorante bajo en calorías, esto principalmente por su composición que conforman básicamente azúcares de bajo peso molecular. (Barbosa – Canovas, 1993).

Esta comprobación se verificó con la elaboración del edulcorante bajo en calorías, ya que el proceso para la obtención del edulcorante se basó en la evaporación e hidrólisis acida del dulce de cabuyo negro (*Agave americana L.*), partiendo desde los 15 °Brix del dulce de cabuyo, hasta los 65 ° Brix que llega el edulcorante, cabe destacar que se dio la reacción de Maillard (caramelización de los azucares) al sobrepasar los °Brix finales.

## CAPITULO V

### 5.1 Conclusiones.

- El presente trabajo se estudió los parámetros reológicos, del edulcorante bajo en calorías (miel de cabuyo) en el cual se aplicó la Ley de Potencia, Ec. de Heldhman y Sing, estos evaluaron el índice de comportamiento de flujo ( $n$ ) y el índice de consistencia ( $k$ ) expresados en  $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$  los resultados muestran que existe resultados similares, con un  $R^2$  de 0.73 hasta 0.99, describiendo un comportamiento no Newtoniano de tipo pseudoplástico en el edulcorante bajo en calorías y en el modelo de Casson, se evaluó los siguientes parámetros como tensión mínima de deformación (Pa), índice de consistencia ( $\text{Pa}^{0.5}\cdot\text{s}^{0.5}$ ), viscosidad plástica (Pa.s) y la viscosidad verdadera (Pa.s) el modelo de Casson señala un  $R^2$  de 0.99.
- El comportamiento de flujo del edulcorante bajo en calorías es no – newtoniano correspondiente a un fluido (seudoplástico), demostrado al aplicar los diferentes modelos de Heldman & Sign y ley de potencia, la Tabla C5 muestra los resultados son similares, al desarrollar el diseño experimental A\*B se obtiene que el tratamiento (a2b1) es el mejor porque su índice de consistencia es de  $5.64 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$  siendo de una característica similar al de una miel comercial.

- Mediante el análisis sensorial, se evaluó el aroma siendo el mejor tratamiento  $a_1b_1$  (CMC + sorbato de potasio), en las características de color y sabor los resultados coinciden como mejor tratamiento  $a_0b_1$  (Pectina + sorbato de potasio), mientras que para las características de consistencia y aceptabilidad los resultados dan como mejor tratamiento  $a_2b_1$  (Goma xanthan + sorbato de potasio), mediante estos resultados concluimos que difieren entre cada tratamiento con un nivel de significancia del 5%. Destacando que todos los tratamientos llegaron a una concentración de 65 ° Brix.
- Con los resultados de la encuesta realizada se puede determinar la necesidad de las personas por consumir producto de origen natural, pero al mismo tiempo se identifica que el cabuyo negro (*Agave americana L*) es un cultivo que en la actualidad no se la ve tan importante, de esta manera se inició una investigación para la industrialización de este tipo de planta autóctona.

Al aplicar la encuesta explican las razones del porque no es muy conocido este cultivo propio de esta región, siendo la causa fundamental del tiempo de crecimiento de la planta que es de 5 años; además permitió conocer la aceptación del producto propuesto siendo de gran acogida por las personas, y el precio que está dispuesto a pagar por la miel elaborada a partir del dulce de cabuyo negro (*Agave americana L*) es de \$ 2.00 hasta \$ 3.50, resultados obtenidos por la encuesta aplicada, convirtiéndose en una alternativa alimentaria para la sustitución del azúcar tradicional.

- Se efectuó el análisis económico del mejor tratamiento ( $a_2b_1$ ), según el análisis sensorial de aceptabilidad (Anexo D-5), en el análisis económico se tomo en cuenta el costo de los materiales directos e indirectos con un valor de \$9.89, el costo de utilización de equipos y utensilios en base a la

vida útil del equipo, el costo anual, diario, y por hora dando un valor total de \$ 0.39; los suministros como dando un costo total en suministros de \$ 3, el valor total de los tres aspectos tiene un costo unitario de \$ 4.33 por litro de edulcorante bajo en calorías “Miel de Cabuyo”. (Anexo E-1).

## **5.2 Recomendaciones.**

- Al realizar el análisis sensorial, se recomienda utilizar algún tipo de alimentos, recomendando algún tipo de galletas saladas, ya que el olor de la cabuyo negro (*Agave americana L.*) es intenso, percibiendo en el producto obtenido, creando fuente de confusión para el catador entre en aroma y sabor.
- La adición de los espesantes se realizan a 50°Brix y una temperatura de 85-90°C, recomendando intervalo, con el fin de evitar el sabor a quemado, el cambio intenso de color.
- Al momento de vehiculizar los espesantes se recomienda hacer diluir o agregar directamente en bajas proporciones, a fin de evitar la formación de grumos en el edulcorante bajo en calorías.
- Mantener la temperatura constante durante el proceso de elaboración del edulcorante (90-92 °C), con el fin de evitar la reacción de Maillard.

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1. Datos Informativos.**

**TÍTULO:** "USO DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS COMO ÍNDICE DE CONTROL EN LA ELABORACIÓN DE UN DULCE DE CABUYO NEGRO (*Agave americana L.*)"

**Institución ejecutora:** Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, laboratorio de procesos alimentarios.

**Beneficiarios:** Comunidad en general

**Ubicación:** Ambato – Ecuador

**Tiempo estimado para la ejecución:** 6 meses

**Equipo técnico responsable:** Egdo. Pedro Chancusig, Ing. mario paredes

**Costos:** \$500

## **6.2. Antecedentes de la propuesta.**

Las conclusiones de la investigación realizada determinan que la composición del dulce de cabuyo negro influye en los parámetros reológicos de la miel. Por lo tanto es necesario controlar la utilización de la misma durante la producción y el almacenamiento del producto final.

El edulcorante bajo en calorías tiene un comportamiento no – newtoniano, propio de un fluido pseudoplástico, al aplicar los diferentes modelos de Heldman & Sign y Alvarado se concluye que el tratamiento a2b1 (Goma Xanthan y Sorbato de potasio), tiene mayor promedio en los valores de (K, n).

Para determinar los parámetros reológicos se utiliza la ley de potencia, la viscosidad aparente, disminuye conforme aumenta la velocidad de rotación (rpm). El índice de consistencia “K” ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ ) se observa claramente como varía en cada tratamiento, obteniendo mayor índice de consistencia con la utilización de Goma xanthan y sorbato de potasio, cabe señalara que este tratamiento tiene un  $R^2$  de 0.994, mientras que el índice de consistencia (n) es igual a 0.604.

## **6.3. Justificación.**

El trabajo de investigación es de interés porque solucionará un problema, para un determinado grupo de consumidores como son personas diabéticas, siendo un edulcorante bajo en calóricas y por su alto contenido de fructooligosácaridos es ideal para ser utilizado en la elaboración de nuevos productos light y a la vez prebióticos que estimulan e incrementan la producción de bacterias intestinales (microbiota)

Es importante porque abrirá nuevas áreas de investigación de este tipo de productos, especialmente utilizando como materia prima el agave, y otras plantas propias de nuestra región y país, llegando a tener un futuro comercial más

promisorio que motive a la población a seguir cultivando y a su vez consumiendo este alimento con muchas bondades alimenticias.

Es factible por que se dispone de información sobre el cultivo e industrialización del agave azul; la fácil disposición de materia prima necesaria porque es una planta nativa propia de nuestra región, y sobre todo la disposición tecnológica y humana para realizar la investigación propuesta en este tipo de alimento dirigido hacia un determinado grupo de consumidores.

Tiene una utilidad teórica porque se basa en investigación bibliográfica y que servirá de fuente de consulta para abordar nuevas tecnologías dirigida al campo de alimentos.

#### **6.4. Objetivos.**

##### **Objetivo general.**

- Estudiar de las propiedades reológicas como índices de control en el edulcorante bajo en calorías elaborado a partir dulce de cabuyo negro (*Agave americana L*).

##### **Objetivos específicos.**

- Seleccionar el tratamiento más eficiente en la obtención de un edulcorante bajo en calorías.
- Diseñar una alternativa de sustitución del azúcar común por un edulcorante bajo en calorías elaborado a partir de dulce de cabuyo negro.
- Realizar el estudio económico de la nueva tecnología aplicada.

## 6.5. Fundamentación científica.

Los cabuyos o agaves son hierbas gigantes, perennes, que llamaron la atención de los conquistadores por su extraña presentación, como por la utilidad que le daban al hombre, mereciendo su aprecio en juicios como el de Gutiérrez de Santa Clara [1544-1548] que dice “todo lo que la naturaleza pudo dar para vivir y aprovechar al género humano, lo puso en esta planta, así para vestir y calzar, comer y beber, como para la salud de los hombres.

Los agaves producen distintos tipos de bebida. La savia natural cuando se extrae es de sabor dulce y se le conoce con el nombre de aguamiel, a éste mismo, después de fermentado se le llama pulque. El líquido destilado derivado de los agaves es conocido como mezcal o tequila (Gentry 1982). Otras bebidas destiladas de Agave, de importancia regional son la “raicilla” y el “vino barranca”.

El agave presenta metabolismo ácido de las crasuláceas. Este tipo de metabolismo se descubrió en especies de la familia Crassulaceae, razón por la cual a los vegetales que lo presentan se les denomina plantas CAM (por sus siglas en inglés). Este metabolismo se caracteriza por que los estomas se mantienen abiertos durante la noche para absorber bióxido de carbono, en tanto que en el día los estomas permanecen cerrados para evitar la pérdida de humedad.

Los agaves, al igual que otras plantas, almacenan el bióxido de carbono que fijan durante el periodo de oscuridad (por la enzima fosfoenol piruvato carboxilasa-pepcasa) en forma de ácidos orgánicos, por lo cual tienden a incrementar la acidez por las noches. El metabolismo CAM es un mecanismo de adaptación de las plantas de zonas áridas para facilitar la fotosíntesis y ahorrar agua.

## **Dulce de cabuyo.**

En la actualidad, gracias a las investigaciones, ciencia y tecnología, del maguey existen otros derivados positivos para ser aprovechados por el ser humano, a parte del mezcal, como son: la inulina, mieles y jarabes con altos contenidos de fructuosa, fibras, esteroides, pulpa para forraje y sustratos para la producción de hongos como base para alimento forrajero.

Por su parte las mieles y jarabes, son productos de gran demanda en la industria alimentaria nacional y extranjera, que también disponen de inulina, por lo que son utilizadas para endulzar toda una variedad de productos o para el consumo en forma pura.

Las características de las mieles se debe a que el 80 por ciento de sus componentes son carbohidratos simples, es decir, fructuosa, azúcar natural, cuya propiedad edulcorante es la más alta de todos los azúcares naturales conocidos y que puede ser utilizada en la elaboración de productos dietéticos y de potencial demanda entre la población diabética.

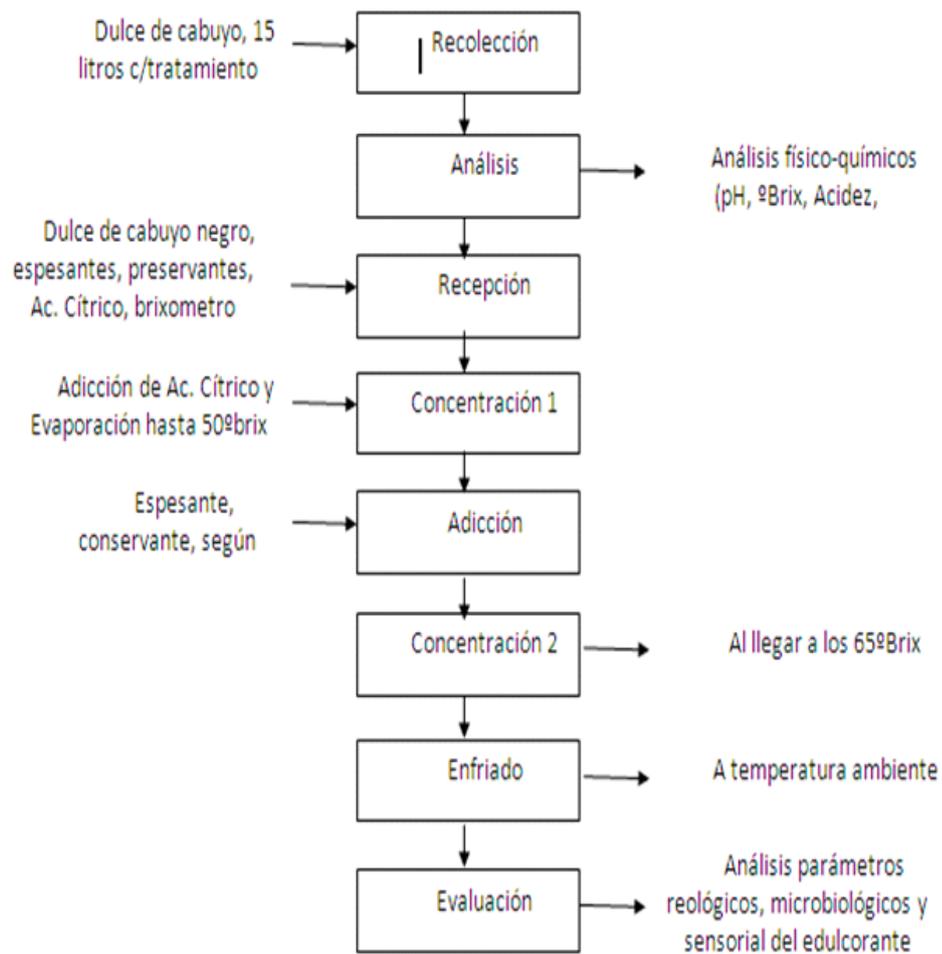


Gráfico N° 07. Diagrama de flujo de elaboración de miel de cabuyo

Elaborado por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio

## 6.6. Análisis de factibilidad.

La factibilidad se la realiza desde varios puntos de vista:

### Política.

El uso de las propiedades reológicas como índices de control en el procesamiento de la miel, se ubica dentro de las normas internacionales de los

alimentos, propuesto por las autoridades que financian las investigaciones innovadoras y sus respectivos parámetros de control.

### **Económico financiero.**

La dimensión financiera administrativa se manifiesta en el manejo de los recursos presupuestados y no presupuestados, esto requiere no sólo de disciplina y racionalidad en el gasto sino, también de la creatividad para diversificar las fuentes de financiamiento.

### **Legal.**

Existen artículos que se relacionan con la propuesta como son:

Reglamento N° 1333/2008 aprobado por El Parlamento Europeo.

Codex Alimentarium CX/PFV 04/22/7 Add. 1 Septiembre de 2004

Codex Alimentarium CAC/GL 36-1989 “Nombres genéricos y sistema internacional de numeración de aditivos alimentarios”

## 6.7. Metodología.

**Cuadro N° 11** Modelo Operativo (Plan de acción)

<b>Fases</b>	<b>Metas</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>	<b>Recursos</b>	<b>Presupuesto (\$)</b>	<b>Tiempo</b>
1. Formular la propuesta	Usar las propiedades reológicas como índice de control en la elaboración del dulce de cabuyo negro (Agave americana)	Revisión bibliográfica.	Investigador	Humanos Económicos	105,00	15 días
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Analizar la factibilidad de la propuesta.	Análisis económico.	Investigador	Humanos	96,42	10 días
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta.	Elaboración de la edulcorante	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	120,50	30 días
4. Evaluación de la propuesta	Verificar los puntos de control en el proceso y comprobar el cumplimiento de los parámetros planteados en la propuesta.	Estudio de los parámetros reológicos y comprobación de datos experimentales	Investigador	Humanos Técnicos	320,00	60 días

**Elaborado por:** Chancusig Tuso Pedro Mauricio

## 6.1. Administración

Cuadro N° 12. Administración de la Propuesta

<b>Indicadores a mejorar</b>	<b>Situación actual</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>
Las propiedades reológicas de la edulcorante bajo en calorías (miel de cabuyo)	Se encontró la mejor mezcla de espesantes y conservantes que se requiere para elaborar el dulce bajo en calorías	Elaborar la miel de cabuyo bajo en calorías.  Abrir un nuevo mercado de producción.  Aportar a la población con un producto saludable.	Establecer puntos de control en cada etapa del proceso.  Incentivar el consumo de cabuyo en un producto dulce.  Concientizar a la población su consumo.	<b>Investigador:</b> Chancusig Tuso Pedro Mauricio

**Elaborado por:** Chancusig Tuso Pedro Mauricio

Cuadro N° 13. Previsión de la evaluación

<b>Preguntas básicas</b>	<b>Explicación</b>
¿Quiénes solicitan evaluar?	Las personas de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
¿Por qué evaluar?	Porque se está garantizando la veracidad del proceso de producción y de todos sus parámetros de control.
¿Para qué evaluar?	Para corregir los errores, si existieran en algún lugar del proceso o dentro de las formulaciones respectivas. Para establecer el mejor tratamiento, desarrollando entonces una nueva formulación para la miel de cabuyo.
¿Qué evaluar?	La tecnología utilizada Materias primas Los parámetros reológicos Producto terminado (análisis de la calidad)
¿Quién evalúa?	El investigador El director de investigación
¿Cuándo evaluar?	Durante el proceso de producción, dentro de la tecnología de la elaboración de la miel, también durante el tiempo de almacenamiento.
¿Cómo evaluar?	La reología mediante el viscosímetro de Brookfield Los demás análisis con instrumentos de análisis apropiados a ese fin.
¿Con qué evaluar?	Con los manuales instructivos de cada equipo de análisis. Normas establecidas.

**Elaborado por:** Chancusig Tuso Pedro Mauricio

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALAOUI A. y colaboradores, (1980). Ecología de los Alimentos, Editorial ACRIBIA. Primera Edición. Zaragoza – España. Tomo 1.
2. ALVARADO J. (1996). Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. UTA- FCIAL, Ambato – Ecuador, Pág. 201 – 237
3. BREITUNG, A. J. (1968). The agaves. Cactus and Succulent Journal. 1968 Yearbook. Reprint by Abbey Garden Press, Reseda, California, Pág. 107.
4. CAPS A., ABRIL J., (2003), “Procesos de Conservación de Alimentos”, Editorial MUNDI – Prensa, Segunda Edición, Madrid – España, Pág. 327-343
5. CENAPIA (1991), Guía Nacional de Artesanías. Centro Nacional de Promoción de la Pequeña Industria y Artesanía, Quito. 116p.
6. CHARLEY H., (1999), “Tecnología de Alimentos”, Editorial LIMUSA S.A., México D.F., Pág. 127,128
7. CONVENIO MAG – IICA. (2001). Guía Tecnológica y de Posibilidades de Inversión de Cultivos no Tradicionales. Quito - Ecuador.
8. GENTRY, H. S. (1982). Agaves of Continental North America. The University of Arizona Press, Tucson, U.S.A. 670 pp.
9. IBARZ A., BARBOCA – CANOVAS G., (2005), “Operaciones Unitarias de Ingeniería en Alimentos”, Ediciones MUNDI – Prensa, Madrid – España. Pág. 156
10. JURADO S. y SARSOZA X. (2009). La Cadena Agroindustrial de la Cabuya en la producción de Miel y Licor de Cabuya.
11. MEJÍA A, PÉREZ J. (1996). Fermentación Alcohólica del Líquido (Cháhuar – Mishque) Obtenida del Cabuyo Negro (*Agave americano L.*).
12. NOBEL, P. S. (1994). Remarkable agaves and cacti. Cambridge University Press. New York. USA. 166 p.
13. NOBEL, P. S. y HARTSOCK T. L. (1976). Watering converts a CAM plants to daytime CO<sub>2</sub> uptake. Nature. 262: 574-576.

14. ORTEGA F. (1995). Determinación de los Parámetros Reológicos en Suspensiones de Raíces y Tubérculos.
15. PARRA N. L.A., Porras B. F.,Tovar S. H. (2002),. Rehabilitación de suelos degradados con base en magueyes (agave spp.) Memorias de la 1era Semana de la Ecología 2002, Guanajuato Gto.
16. REZA, F. (1997). Ciencia metodología e investigación. Primera Edición, Editorial Imagen. México. Pág. 237-240
17. SEMARNAP (Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). Delegación Federal San Luis Potosí. (2000). Manual para el cultivo de Maguey. México. 12 p.
18. STEFFE James. (1992). Rheological Methods in Food Poces Engineering, Second Edition.
19. VACLAVIK V., (1998), “fundamentos de ciencia en alimentos”, Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España, Pág. 31-39.

#### **INTERNET**

20. AGRONET, (2009). Generalidades del Agave Azul  
URL:<http://www.agronet.com.mx/cgi/articles.cgi?Action=Viewhistory&Article=1&Type=A&Datemin=2009-03-01%2000:00:00&Datemax=2009-03-31%2023:59:59>
21. ASOCIACION INTERNACIONAL DEL EDULCORANTE, (2011).  
URL:[http://www.sweeteners.org/ES/about\\_sweeteners\\_diabetes\\_care.asp](http://www.sweeteners.org/ES/about_sweeteners_diabetes_care.asp)
22. BERUMEN Miguel. (2009). Oaxaca: La Actividad Productiva Maguey – Mezcal.URL:<http://www.eumed.net/libros/2009a/492/La%20produccion%20de%20agave%20o%20maguey.htm>
23. BERUMEN Miguel.(2009). Oaxaca: La Actividad Productiva Maguey – Mezcal.  
URL:<http://www.eumed.net/libros/2009a/492/La%20produccion%20de%20agave%20o%20maguey.htm>
24. CODEX ALIMENTARIUM. (2011). URL: [www.codexalimentarium.com](http://www.codexalimentarium.com)
25. CODEX ALIMENTARIUM, (2004), Anteproyecto de Norma del Codex Para las Compotas, Jaleas y Mermeladas.

- URL: <ftp://ftp.fao.org/codex/ccpfv22/pf2207as.pdf>
26. FAO. (1995). Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe.  
URL: <http://www.fao.org/docrep/t2354s/t2354s0v.htm>
27. FERRERO Federico, (2010). Los riesgos del consumo de jugos (zumos) y edulcorantes en niños.  
URL: <http://www.andinia.com/b2evolution/index.php/noticias-aire-libre/ciencia-tecnologia/salud-medicina/alimentacion-dietas-regimenes/nutricion-jugos-nectares-refrescos>
28. FLORES A., MORA R., ROMERO A. (1996). “evolución físico química de tres tipos de variedades de maguey pulquero”. Monterrey N. L. México.  
URL: [www.respyn.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008/documentos/A058.pdf](http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008/documentos/A058.pdf)
29. HERNÁNDEZ Becerra y Colaboradores. (2010). Un Prebiótico: Miel De Maguey. URL: [www.respyn.uanl.mx/especiales/2010/ee-05-2010/documentos/21.pdf](http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2010/ee-05-2010/documentos/21.pdf)
30. MORAGAS M., BUSTOS P., (2010). Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y asimilados (superficies, aguas piscinas, aire, subproductos etc) y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario. URL: [http://www.euskadi.net/r33-2709/es/contenidos/informacion/sanidad\\_alimentaria/es\\_1247/adjuntos/recopilacionNormasMicrobiologicas2010\\_c.pdf](http://www.euskadi.net/r33-2709/es/contenidos/informacion/sanidad_alimentaria/es_1247/adjuntos/recopilacionNormasMicrobiologicas2010_c.pdf)
31. NORBERTO E. Petryk, (2011). Alimentación Sana.  
URL: <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/Chef/edulcorantes.html#4>
32. REDÓN L., MÉNDEZ A., y TERRONES L., (2007), “El Jarabe de henequén” revista fitotécnica mexicana, Vol. 30, numero 004. Chapingo, México. URL: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/610/61030414.pdf>
33. REVISTA DIGITAL DE JARDINERIA. (2011). Agave americana • Pita, Ágave americana, maguey, cabuya, mezcal, sisal.  
URL: [http://jardinactual.com/menu-plantas-busqueda/230-PitaÁgaveamericanamagueycabuyomezcal\\_sisal](http://jardinactual.com/menu-plantas-busqueda/230-PitaÁgaveamericanamagueycabuyomezcal_sisal)

# ANEXOS

## ANEXO A

Análisis físico – químicos y organoléptico del dulce de cabuyo negro (*Agave americana L.*).

**Tabla A1.-**Registro de Brix, pH, acidez titulable y pruebas organolépticas del dulce de cabuyo negro (*Agave americana L.*).

<b>Análisis físico – químicos</b>		<b>R1</b>	<b>R2</b>
<b>Brix</b>		15 °	14°
<b>pH</b>		5.7	6.00
<b>Acidez titulable</b>		1. 6 ml de NaOH (0.1N)	1. 8 ml de NaOH (0.1N)
<b>% de acidez de acido acético</b>		0.02552	
<b>Pruebas organolépticas del dulce de cabuyo</b>	Color	Blanco turbio	Claro turbio
	Aroma	Característico	Característico
	Presencia de espuma	Si	Si

Elaborado por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio

## ANEXO B

# RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS.

**Tabla B1.-** Análisis microbiológico del edulcorante bajo en calorías, las diluciones ( $10^{-1}$  y  $10^{-2}$ ).

Análisis Microbiológico	Replicas		Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5	Tratamiento 6	Testigo
	R1	ufc/ml							
<i>E. coli</i>	R1	ufc/ml	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	R2	ufc/ml	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Coliformes totales	R1	ufc/ml	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	R2	ufc/ml	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Mohos	R1	ufc/ml	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	R2	ufc/ml	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Levaduras	R1	ufc/ml	<10	<10	<10	<10	$9.0 \times 10^1$	$7.0 \times 10^1$	$1.0 \times 10^2$
	R2	ufc/ml	<10	<10	<10	<10	$2.0 \times 10^1$	<10	$4.0 \times 10^1$

Elaborado por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio

## ANEXO C

# PARÁMETROS REOLÓGICOS

**Tabla C1.-** Lectura registradas con el viscosímetro de Brookfield (%full scale), para los diferentes tratamiento del edulcorante bajo en calorías

Velocidad (RPM)	TRATAMIENTOS												
	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Tratamiento 4		Tratamiento 5		Tratamiento 6		Testigo
	R1	R2	R1										
0,30	2,1	1,9	1	1	1,7	1,6	1,6	1,7	2,1	2	4,2	4,2	0,4
0,60	3,1	3	1,7	1,8	2,6	2,7	2	2,1	3,7	3,6	6,8	6,9	0,8
1,50	5,2	4,9	2,9	3	5,4	5,4	3,8	3,7	6,5	6,5	10,9	11,1	1,9
3,00	8,6	8,5	5,5	5,3	9,3	9,1	6,5	6,3	10,3	10,5	16,4	16,3	3,6
6,00	14,8	15,1	11,3	10,5	16,3	16,2	11,5	11,4	15,3	15,4	24,9	24,7	6,5
12,00	29,1	30	21,5	21,1	29	28,5	20,8	20,9	23,6	23,5	37,7	37,9	11,6
30,00	72,1	72,7	53,1	54,1	64,9	65	46,8	46,5	43,9	44	72,8	73	25,2
60,00	-	-	-	-	-	-	91,4	91,3	72,6	72,3	-	-	45,7
<b>Rotor LV</b>	<b>1</b>		<b>1</b>		<b>1</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>2</b>		<b>1</b>

Elaborado por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio

**Tabla C2.-** Valores promedio de viscosidad aparente (Pa\*s) y velocidad de deformación (1/s) del edulcorante bajo en calorías elaborado a partir de miel de cabuyo negro (*Agave americana L.*).

VELOCIDAD (RPM)	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Tratamiento 4		Tratamiento 5		Tratamiento 6		Testigo	
	log $\mu$ a	log4 $\pi$ N	log $\mu$ a	log4 $\pi$ N										
<b>0,3</b>	-0,3985	-1,2018	-0,6990	-1,2018	-0,4817	-0,8252	-0,4817	-1,2018	0,3116	-1,2018	0,6232	-1,2018	0,2041	-1,2018
<b>0,6</b>	-0,5158	-0,9008	-0,7571	-0,9008	-0,5768	-0,5824	-0,6884	-0,9008	0,2612	-0,9008	0,5346	-0,9008	0,2041	-0,9008
<b>1,5</b>	-0,6948	-0,5029	-0,9282	-0,5029	-0,6655	-0,2247	-0,8239	-0,5029	0,1139	-0,5029	0,3424	-0,5029	0,1818	-0,5029
<b>3</b>	-0,7670	-0,2018	-0,9667	-0,2018	-0,7352	0,0439	-0,8928	-0,2018	0,0170	-0,2018	0,2135	-0,2018	0,1584	-0,2018
<b>6</b>	-0,8254	0,0992	-0,9629	0,0992	-0,7891	0,3162	-0,9412	0,0992	-0,1149	0,0992	0,0934	0,0992	0,1139	0,0992
<b>12</b>	-0,8305	0,4002	-0,9727	0,4002	-0,8424	0,5918	-0,9819	0,4002	-0,2301	0,4002	-0,0246	0,4002	0,0645	0,4002
<b>30</b>	-0,8392	0,7982	-0,9698	0,7982	-0,8864	0,9657	-1,0301	0,7982	-0,3570	0,7982	-0,1373	0,7982	0,0035	0,7982
<b>60</b>	-	-	-	-	-	-	-1,0393	1,0992	-0,4410	1,0992	-	-	-0,0391	1,0992

Elaborado por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio

**Tabla C3.-** Determinación experimental de la viscosidad aparente (Pa\*s) con la ecuación Ley de Potencia.

velocidad (RPM)	Tratamientos												
	T1 (a0b0)		T2 (a0b1)		T3 (a1b0)		T4 (a1b1)		T5 (a2b0)		T6 (a1b1)		testigo
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1
<b>0,30</b>	0,4200	0,3800	0,2000	0,2000	0,3400	0,3200	0,3200	0,3400	2,1000	2,0000	4,2000	4,2000	0,0800
<b>0,60</b>	0,3100	0,3000	0,1700	0,1800	0,2600	0,2700	0,2000	0,2100	1,8500	1,8000	3,4000	3,4500	0,0800
<b>1,50</b>	0,2080	0,1960	0,1160	0,1200	0,2160	0,2160	0,1520	0,1480	1,3000	1,3000	2,1800	2,2200	0,0760
<b>3,00</b>	0,1720	0,1700	0,1100	0,1060	0,1860	0,1820	0,1300	0,1260	1,0300	1,0500	1,6400	1,6300	0,0720
<b>6,00</b>	0,1480	0,1510	0,1130	0,1050	0,1630	0,1620	0,1150	0,1140	0,7650	0,7700	1,2450	1,2350	0,0650
<b>12,00</b>	0,1455	0,1500	0,1075	0,1055	0,1450	0,1425	0,1040	0,1045	0,5900	0,5875	0,9425	0,9475	0,0580
<b>30,00</b>	0,1442	0,1454	0,1062	0,1082	0,1298	0,1300	0,0936	0,0930	0,4390	0,4400	0,7280	0,7300	0,0504
<b>60,00</b>	-	-	-	-	-	-	0,0914	0,0913	0,3630	0,3615	-	-	0,0457

Elaborado por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio

**Tabla C4.-** Valores promedios de la viscosidad aparente (Pa\*s), aplicando la ecuación de Ley Potencia

<b>velocidad (RPM)</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>						
	<b>T1 (a0b0)</b>	<b>T2 (a0b1)</b>	<b>T3 (a1b0)</b>	<b>T4 (a1b1)</b>	<b>T5 (a2b0)</b>	<b>T6 (a1b1)</b>	<b>testigo</b>
<b>0,30</b>	0,4000	0,2000	0,3300	0,3300	2,0500	4,2000	0,0800
<b>0,60</b>	0,3050	0,1750	0,2650	0,2050	1,8250	3,4250	0,0800
<b>1,50</b>	0,2020	0,1180	0,2160	0,1500	1,3000	2,2000	0,0760
<b>3,00</b>	0,1710	0,1080	0,1840	0,1280	1,0400	1,6350	0,0720
<b>6,00</b>	0,1495	0,1090	0,1625	0,1145	0,7675	1,2400	0,0650
<b>12,00</b>	0,1478	0,1065	0,1438	0,1043	0,5888	0,9450	0,0580
<b>30,00</b>	0,1448	0,1072	0,1299	0,0933	0,4395	0,7290	0,0504
<b>60,00</b>	-	-	-	0,0914	0,3623	-	0,0457

Elaborado por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio

**Tabla C5.-** Valores promedios de los parámetros Reológicos calculados por la Ley Potencia y Heldman & Sign

tratamientos	(n) índice de comportamiento de flujo			(k) índice de consistencia Pa*s <sup>n</sup> (EC. ALVARADO)			(k) índice de consistencia Pa*S <sup>n</sup> (ec. Heldhman - Sing)			R2 coeficiente de correlación	
	R1	R2	x *	R1	R2	x *	R1	R2	x *	R1	R2
<b>T1 (a0b0)</b>	0,761	0,786	0,773	0,181	0,179	0,180	0,2710	0,261	0,266	0,8627	0,8522
<b>T2 (a0b1)</b>	0,865	0,855	0,860	0,120	0,119	0,119	0,1741	0,1767	0,175	0,7483	0,7312
<b>T3 (a1b0)</b>	0,745	0,799	0,772	0,233	0,175	0,204	0,3278	0,2531	0,290	0,9582	0,9582
<b>T4 (a1b1)</b>	0,782	0,773	0,778	0,134	0,135	0,134	0,2176	0,2212	0,219	0,8830	0,8618
<b>T5 (a2b0)</b>	0,652	0,659	0,655	3,395	3,374	3,384	3,5160	3,4931	3,505	0,9959	0,9939
<b>T6 (a2b1)</b>	0,605	0,603	0,604	5,636	5,653	5,645	5,7685	5,7856	5,777	0,9952	0,9943
<b>testigo</b>	0,888		0,888	0,064		0,064	0,110		0,110	0,9403	

x *	promedio
-----	----------

Elaborado por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio

**Tabla C6.-**Valores promedios de esfuerzo cortante " $\tau$ " (Pa) con la velocidad angular " $\gamma$ " (1/s). Modelo de Casson

Velocidad (RPM)	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Tratamiento 4		Tratamiento 5		Tratamiento 6		Testigo	
	$\tau$	$\gamma$	$\tau$	$\gamma$										
<b>0,3</b>	0,1795	0,1772	0,1270	0,1772	0,1631	0,1772	0,1631	0,1772	0,3695	0,1772	0,5289	0,1772	0,0803	0,1772
<b>0,6</b>	0,2217	0,2507	0,1679	0,2507	0,2067	0,2507	0,1818	0,2507	0,4930	0,2507	0,6754	0,2507	0,1136	0,2507
<b>1,5</b>	0,2853	0,3963	0,2180	0,3963	0,2950	0,3963	0,2458	0,3963	0,6579	0,3963	0,8559	0,3963	0,1750	0,3963
<b>3</b>	0,3712	0,5605	0,2950	0,5605	0,3851	0,5605	0,3212	0,5605	0,8322	0,5605	1,0435	0,5605	0,2409	0,5605
<b>6</b>	0,4909	0,7927	0,4191	0,7927	0,5118	0,7927	0,4296	0,7927	1,0111	0,7927	1,2851	0,7927	0,3237	0,7927
<b>12</b>	0,6901	1,1210	0,5859	1,1210	0,6807	1,1210	0,5797	1,1210	1,2523	1,1210	1,5866	1,1210	0,4324	1,1210
<b>30</b>	1,0802	1,7725	0,9295	1,7725	1,0232	1,7725	0,8671	1,7725	1,7108	1,7725	2,2033	1,7725	0,6373	1,7725
<b>60</b>	-	-	-	-	-	-	1,2134	2,5066	2,1965	2,5066	-	-	0,8582	2,5066

Elaborado por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio

**Tabla C7.-** Determinación experimental de los parámetros reológicas por el modelo de Casson

Tratamientos	tensión mínima de deformación (Pa)			"k" índice de consistencia (Pa <sup>0,5</sup> .s <sup>0,5</sup> )			Viscosidad plástica (Pa.s)			viscosidad verdadera (Pa.s)			R2 coeficiente de correlación	
	R1	R2	x *	R1	R2	x *	R1	R2	x *	R1	R2	x *	R1	R2
<b>T1 (a0b0)</b>	0,0048	0,0038	0,004	0,559	0,569	0,564	0,312	0,323	0,318	0,655	0,654	0,655	0,997	0,998
<b>T2 (a0b1)</b>	0,0008	0,0007	0,001	0,503	0,504	0,504	0,253	0,254	0,254	0,542	0,540	0,541	0,999	0,997
<b>T3 (a1b0)</b>	0,0061	0,0059	0,006	0,537	0,537	0,537	0,288	0,288	0,288	0,645	0,643	0,644	0,999	0,999
<b>T4 (a1b1)</b>	0,0049	0,0051	0,005	0,454	0,453	0,453	0,206	0,205	0,206	0,528	0,528	0,528	1,000	1,000
<b>T5 (a2b0)</b>	0,1177	0,1166	0,117	0,763	0,764	0,763	0,583	0,583	0,583	1,125	1,124	1,125	0,991	0,989
<b>T6 (a2b1)</b>	0,1812	0,1826	0,182	1,024	1,024	1,024	1,049	1,049	1,049	1,612	1,614	1,613	0,994	0,994
<b>testigo</b>	0,0012		0,0012	0,332		0,332	0,110		0,110	0,395		0,395	0,997	

x *
-----

promedio

Elaborado por: Chancusig Tuso Pedro Mauricio

## ANEXO D

- RESPUESTAS  
EXPERIMENTALES DEL  
ANÁLISIS SENSORIAL
- ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

**TABLA D-1.** Valores promedios de los análisis sensoriales del edulcorante bajo en calorías elaborado a partir de dulce de cabuyo negro (*Agave americana L.*)

Análisis sensorial del aroma	Catador									
tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a0b0	4	3	5	3	3	4	3	3	3	2
a0b1	3	4	4	3	4	3	3	4	3	2
a1b0	4	3	4	3	3	3	3	4	4	3
a1b1	4	3	5	3	4	4	4	5	4	4
a2b0	5	3	4	3	4	3	4	4	4	4
a2b1	4	3	4	3	2	4	4	4	4	4
testigo	5	2	4	2	3	2	3	1	3	3
Análisis sensorial del color	Catador									
tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a0b0	4	5	5	4	5	4	5	4	4	4
a0b1	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4
a1b0	5	4	4	3	2	3	4	3	4	3
a1b1	3	4	4	3	2	3	3	3	3	3
a2b0	3	2	4	4	4	4	3	5	4	4
a2b1	3	1	4	1	1	4	3	5	5	5
testigo	2	3	4	1	2	3	2	3	3	3
Análisis sensorial del sabor	Catador									
tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a0b0	3	4	4	4	4	5	4	4	3	4
a0b1	2	5	3	5	4	4	5	4	4	4
a1b0	2	4	2	5	3	3	4	3	2	3
a1b1	1	5	2	5	2	2	5	3	3	3
a2b0	4	3	2	5	4	4	5	4	4	4
a2b1	4	2	2	3	5	3	3	4	4	4
testigo	3	2	1	2	4	2	2	1	3	2
Análisis sensorial de la textura	Catador									
tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a0b0	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3
a0b1	2	2	3	3	2	3	2	3	3	4
a1b0	2	4	3	3	2	3	4	2	2	3
a1b1	2	4	2	3	4	2	4	2	3	2
a2b0	4	4	2	4	4	4	4	4	4	3
a2b1	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4
testigo	1	1	1	1	2	1	2	1	3	3
Análisis sensorial de aceptabilidad	Catador									
tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a0b0	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3
a0b1	2	4	4	4	4	3	4	4	3	4
a1b0	2	3	4	4	3	3	3	3	3	2
a1b1	1	4	3	4	2	3	4	3	4	3
a2b0	4	5	4	5	4	4	5	4	4	4
a2b1	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4
testigo	3	2	1	2	4	2	2	1	3	3

**ANEXO D-1.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA AROMA EVALUADO EN EL EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS ELABORADO A PARTIR DE DULCE DE CABUYO**

**HIPOTESIS**

**Ho\_:** T1=T2=T3=T4=T5=T6=TESTIGO (los tratamientos, incluyendo el testigo emiten un aroma que es aceptable para el consumidor)

**Hi\_:** T1≠T2≠T3≠T4≠T5≠T6≠TESTIGO (los tratamientos, incluyendo el testigo emiten diferente aroma y no todos son aceptados por el consumidor)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
respuesta (aroma)	70	0,50	0,36	18,81

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22,54	15	1,50	3,55	0,0003
catador	13,37	9	1,49	3,51	0,0017
tratamiento	9,17	6	1,53	3,62	0,0044
Error	22,83	54	0,42		
Total	45,37	69			

**Tratamiento**  $F_{\text{tabla}; 0.05\%} : 2.27 < f_{\text{cal}} : 3.62$

**Decisión:** rechazamos la hipótesis nula, el cual concluye que todos los tratamientos más el testigo emiten diferente aroma y no todos son aceptados por el consumidor.

**Test: Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,4228 gl: 54

tratamiento	Medias	n	E.E.	
a1b1	4,00	10	0,21	A
a2b0	3,80	10	0,21	A B
a2b1	3,60	10	0,21	A B
a1b0	3,40	10	0,21	A B C
a0b1	3,30	10	0,21	B C
a0b0	3,30	10	0,21	B C
testigo	2,80	10	0,21	C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Al rechazar la hipótesis nula se realiza el TEST de Duncan al 0.05% de significancia, identificamos los mejores tratamientos, mediante el mayor promedio que son a1b1 (4.00) y a2b0 (3.80), concluyendo que son los mejores tratamientos que agradan

**ANEXO D-2.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA COLOR EVALUADO EN EL EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS ELABORADO A PARTIR DE DULCE DE CABUYO**

**HIPOTESIS**

**Ho\_:** T1=T2=T3=T4=T5=T6=TESTIGO (los tratamientos, incluyendo el testigo tiene el mismo color)

**Hi\_:** T1≠T2≠T3≠T4≠T5≠T6≠TESTIGO (los tratamientos, incluyendo el testigo tienen diferente color)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
respuesta (color)	70	0,50	0,36	24,30

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	40,46	15	2,70	3,58	0,0003
catador	11,71	9	1,30	1,73	0,1051
tratamiento	28,74	6	4,79	6,36	<0,0001
Error	40,69	54	0,75		
Total	81,14	69			

**Tratamiento**  $F_{\text{tabla}; 0.05\%} = 2.27 > f_{\text{cal}} = 6.36$

**Decisión:** rechazamos la hipótesis nula, y se concluye que todos los tratamientos más el testigo difieren en su color.

**Test: Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,7534 gl: 54

tratamiento	Medias	n	E.E.	
a0b1	4,50	10	0,27	A
a0b0	4,40	10	0,27	A
a2b0	3,70	10	0,27	A B
alb0	3,50	10	0,27	B
a2b1	3,20	10	0,27	B C
alb1	3,10	10	0,27	B C
testigo	2,60	10	0,27	C

*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)*

Al rechazar la hipótesis nula se realiza el test de Duncan al 0.05%, identificando a los tratamientos a0b1 y a0b0 de color café; los tratamientos a2b0, alb0, a2b1 y alb1 de un color claro; el tratamiento testigo de un color opaco

**ANEXO D-3.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA SABOR EVALUADO EN EL EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS ELABORADO A PARTIR DE DULCE DE CABUYO**

**HIPOTESIS**

**Ho\_:** T1=T2=T3=T4=T5=T6=TESTIGO (los tratamientos, incluyendo el testigo tiene el mismo sabor y es aceptable para los consumidores)

**Hi\_:** T1≠T2≠T3≠T4≠T5≠T6≠TESTIGO (los tratamientos, incluyendo el testigo tienen diferente sabor y no todos son aceptados por los consumidores)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
respuesta (sabor)	70	0,51	0,38	26,19

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	44,23	15	2,95	3,78	0,0002
catador	19,49	9	2,17	2,78	0,0095
tratamiento	24,74	6	4,12	5,29	0,0002
Error	42,11	54	0,78		
Total	86,34	69			

**Tratamiento**  $F_{\text{tabla};0.05\%} = 2.27 > f_{\text{cal}}:5.29$

**Decisión:** rechazamos la hipótesis nula, y se concluye que todos los tratamientos más el testigo tienen diferente sabor y no todos son aceptados por los consumidores.

**Test: Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,7799 gl: 54

tratamiento	Medias	n	E.E.	
a0b1	4,00	10	0,28	A
a0b0	3,90	10	0,28	A B
a2b0	3,90	10	0,28	A B
a2b1	3,40	10	0,28	A B
a1b0	3,10	10	0,28	B
a1b1	3,10	10	0,28	B
testigo	2,20	10	0,28	C

*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)*

Al rechazar la hipótesis nula, se realiza el test de Duncan al 0.05% de significancia, identificando los dos mejores tratamientos con mayor promedio que son a0b1 y a0b0, destacando como un sabor que agrada a los consumidores

**ANEXO D-4.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CONSISTENCIA EVALUADO EN EL EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS ELABORADO A PARTIR DE DULCE DE CABUYO.**

**HIPOTESIS**

**Ho\_:** T1=T2=T3=T4=T5=T6=TESTIGO (los tratamientos, incluyendo el testigo tiene la misma textura)

**Hi\_:** T1≠T2≠T3≠T4≠T5≠T6≠TESTIGO (los tratamientos, incluyendo el testigo no tienen la misma textura)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
respuesta (textura)	70	0,72	0,64	22,75

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64,31	15	4,29	9,03	<0,0001
catador	5,37	9	0,60	1,26	0,2812
tratamiento	58,94	6	9,82	20,70	<0,0001
Error	25,63	54	0,47		
Total	89,94	69			

**Tratamiento** F<sub>tabla;0.05%</sub>: 2.27 < f<sub>cal</sub>:20.70

**Decisión:** rechazamos la hipótesis nula, y se concluye que todos los tratamientos más el testigo difieren en su textura.

**Test: Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,4746 gl: 54

tratamiento	Medias	n	E.E.	
a2b1	4,80	10	0,22	A
a2b0	3,70	10	0,22	B
a1b1	2,80	10	0,22	C
a1b0	2,80	10	0,22	C
a0b0	2,80	10	0,22	C
a0b1	2,70	10	0,22	C
testigo	1,60	10	0,22	D

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Al rechazar la hipótesis nula, se realiza el test prueba de Duncan al 0.05% de significancia, identificando los tratamientos que más difieren su textura, siendo estos los de mayor viscosidad (a2b1, a2b0, a1b1)

**ANEXO D-5.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ACEPTABILIDAD EVALUADO EN EL EDULCORANTE BAJO EN CALORÍAS ELABORADO A PARTIR DE DULCE DE CABUYO**

**HIPOTESIS**

**Ho\_:** T1=T2=T3=T4=T5=T6=TESTIGO (los tratamientos, incluyendo el testigo son aceptables para los consumidores)

**Hi\_:** T1≠T2≠T3≠T4≠T5≠T6≠TESTIGO (los tratamientos, incluyendo el testigo difieren entre si y no todos son aceptables por los consumidores)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
respuesta (aceptabil	70	0,64	0,54	19,54

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	44,59	15	2,97	6,46	<0,0001
catador	7,44	9	0,83	1,80	0,0902
tratamiento	37,14	6	6,19	13,45	<0,0001
Error	24,86	54	0,46		
Total	69,44	69			

**Tratamiento**  $F_{\text{tabla};0.05\%}: 2.27 < f_{\text{cal}}:13.45$

**Decisión:** rechazamos la hipótesis nula, y se concluye que los tratamientos más el testigo difieren entre si y no todos son aceptables por los consumidores.

**Test: Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,4603 gl: 54

tratamiento	Medias	n	E.E.	
a2b1	4,60	10	0,21	A
a2b0	4,30	10	0,21	A
a0b1	3,60	10	0,21	B
a0b0	3,40	10	0,21	B
a1b1	3,10	10	0,21	B
a1b0	3,00	10	0,21	B
testigo	2,30	10	0,21	C

*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)*

Al rechazar la hipótesis nula, se realiza el test de Duncan al 0.05% de significancia, identificando los tratamientos de mayor aceptabilidad son: a2b1 y a2b0

**ANEXO D-6.-** Desarrollo del diseño experimental A\*B, con las respuestas experimentales de índice de consistencia (k) obtenidas con la Ley de Potencia.

**Hipótesis**

Hipótesis					
<b>Ho</b>	Ai=0	<b>Ho</b>	Bj=0	<b>Ho</b>	(AB)ij=0
<b>Hi</b>	Ai≠0	<b>Hi</b>	Bj≠0	<b>Hi</b>	(AB)ij≠0

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
INDICE DE CONSISTENC	12	1,00	1,00	1,15	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	55,69	6	9,28	27162,14	<0,0001
espesante	50,58	2	25,29	74000,43	<0,0001
preservante	1,51	1	1,51	4425,38	<0,0001
repeticiones	3,4E-04	1	3,4E-04	1,00	0,3635
espesante*preservante	3,60	2	1,80	5272,81	<0,0001
Error	1,7E-03	5	3,4E-04		
Total	55,69	11			
Espesante	F <sub>tabla;0.05%</sub> : 5.78	<	f <sub>cal</sub> :74000		
Preservante	F <sub>tabla;0.05%</sub> : 6.60	<	f <sub>cal</sub> :4425		
Espesante*preservante	F <sub>tabla;0.05%</sub> : 5.78	<	f <sub>cal</sub> :5272		

**Decisión:** para el factor A, factor B y la interacción (A\*B, se rechaza la hipótesis nula (Ho), con la conclusión que cada tratamiento tiene diferente índice de consistencia.

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,0003 gl: 5

	espesante	Medias n	E.E.	
GOMA XANTHAN	4,51	4	0,01	A
CMC	0,17	4	0,01	B
PECTINA	0,15	4	0,01	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

El test de Duncan para el factor A, señala que mayor índice de consistencia se obtiene con el uso Goma Xanthan al 0.3%

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,0003 gl: 5

	preservante	Medias n	E.E.	
SORBATO k	1,97	6	0,01	A
BENZOATO Na	1,26	6	0,01	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

El test de Duncan para el factor B, señala que mayor índice de consistencia se obtiene con el uso de sorbato de K al 0.3%

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,0003 gl: 5

	espesante	preservante	Medias n	E.E.		
GOMA XANTHAN	SORBATO k		5,64	2	0,01	A
GOMA XANTHAN	BENZOATO Na		3,38	2	0,01	B
CMC	BENZOATO Na		0,20	2	0,01	C
PECTINA	BENZOATO Na		0,18	2	0,01	C D
CMC	SORBATO k		0,13	2	0,01	D E
PECTINA	SORBATO k		0,12	2	0,01	E

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

El test de Duncan para la interacción A\*B, señala que mayor índice de consistencia se obtiene con la interacción de goma xanthan sorbato de K al 0.3%

# ANEXO E

## ANÁLISIS ECONÓMICO DEL MEJOR TRATAMIENTO

**Anexo E-1.-** análisis económico para el mejor tratamiento del edulcorante bajo en calorías, según el índice de consistencia y aceptabilidad.

M D e I	Materiales	Cantidad	Unidad	P. Unitario (\$)	Valor \$
<b>Directos</b>	Dulce de cabuyo	10	kg	0,80	8
	Acido cítrico	50	g	0,30 c/onza	0,53
	Goma Xanthan	30	g	0,40c/onza	0,42
	Sorbato k	20	g	0,70 c/onza	0,49
<b>Indirectos</b>	Tarinas	3	unidades (0.75 LITRO)	0,15	0,45
				<b>Suman</b>	<b>\$ 9,89</b>

**Equipos y utensilios**

Equipos	Costo \$	vida útil (años)	Costo anual \$	Costa día \$	Costo hora \$	Tiempo utilizado el equipo (h)	\$ Total
<b>Tela lienzo</b>	2	0,3	6,66	0,026	0,006	0,3	0,002
<b>2 Coladores</b>	2	0,5	4	0,016	0,004	0,5	0,002
<b>3 Cucharas</b>	1,5	1	1,5	0,006	0,0015	3	0,0045
<b>2 ollas</b>	15	5	3	0,012	0,003	4	0,012
<b>Cocina</b>	200	10	20	0,08	0,02	4	0,08
<b>Valde</b>	10	2	5	0,02	0,005	2	0,01
<b>Ph-metro</b>	600	10	60	0,24	0,06	2	0,12
<b>Brixometro</b>	400	10	40	0,16	0,04	3	0,12
<b>Termómetro</b>	10	5	2	0,008	0,002	3,5	0,007
<b>Balanza</b>	400	10	40	0,16	0,04	1	0,04
						<b>Suma</b>	<b>\$ 0,39</b>

**Suministros**

Suministro	Cantidad	Costo unitario	Total
Gas	1/2 tanque	2	1
Electricidad	10 kw/h	0,04	0,4
Agua	30 litros	0,02	0,6
Agua destilada	2 litros	0,5	1
		<b>Suma</b>	<b>\$ 3</b>

**COSTO TOTAL=**

**(\$ M D e I) + (\$ EQUIPOS) + (\$ SUMINISTROS)**

**COSTO TOTAL=**

**\$ 13.00**

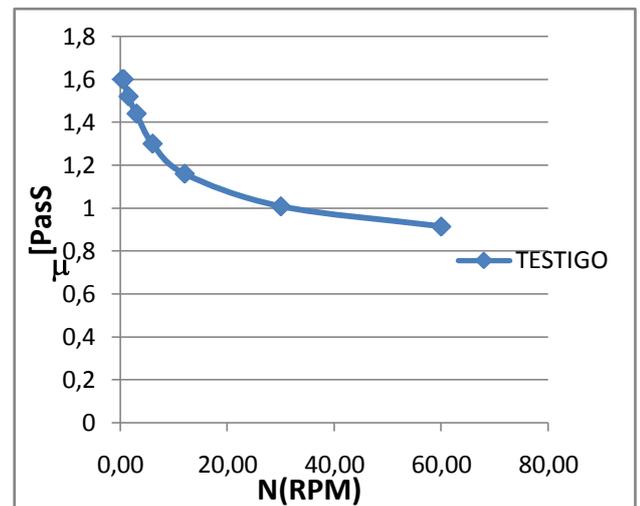
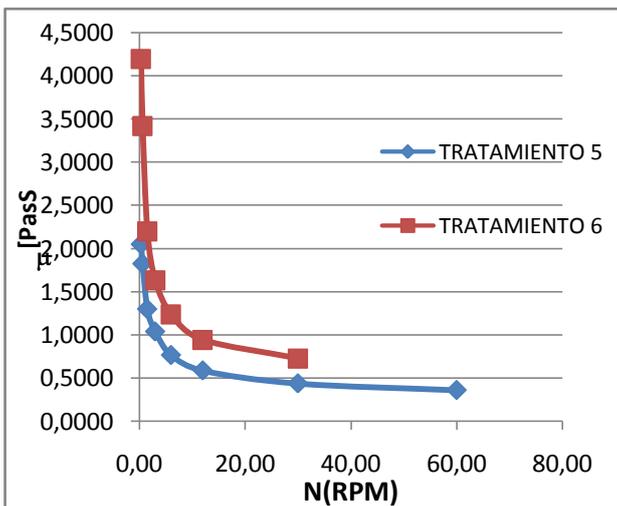
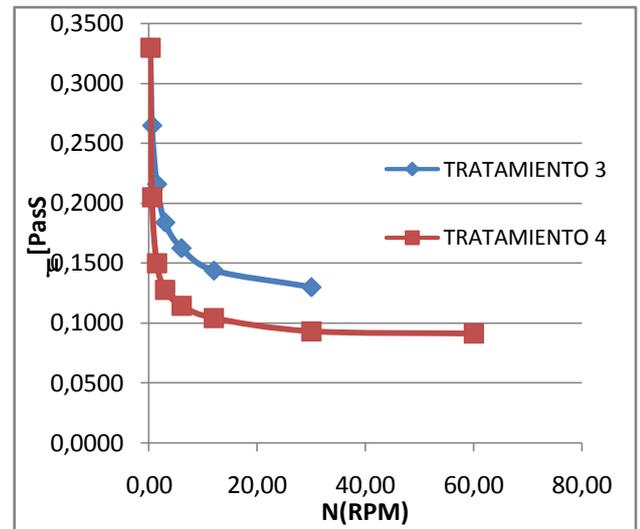
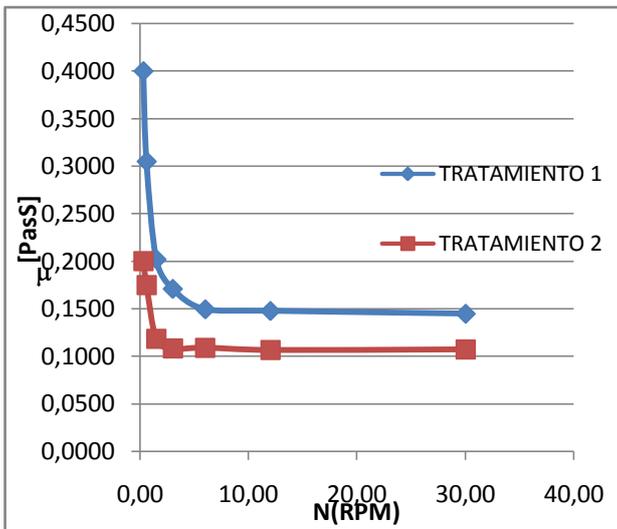
**COSTO UNITARIO PARA EL TRATAMIENTO=**

**\$ 4.33 C/U**

ANEXO F

FIGURAS

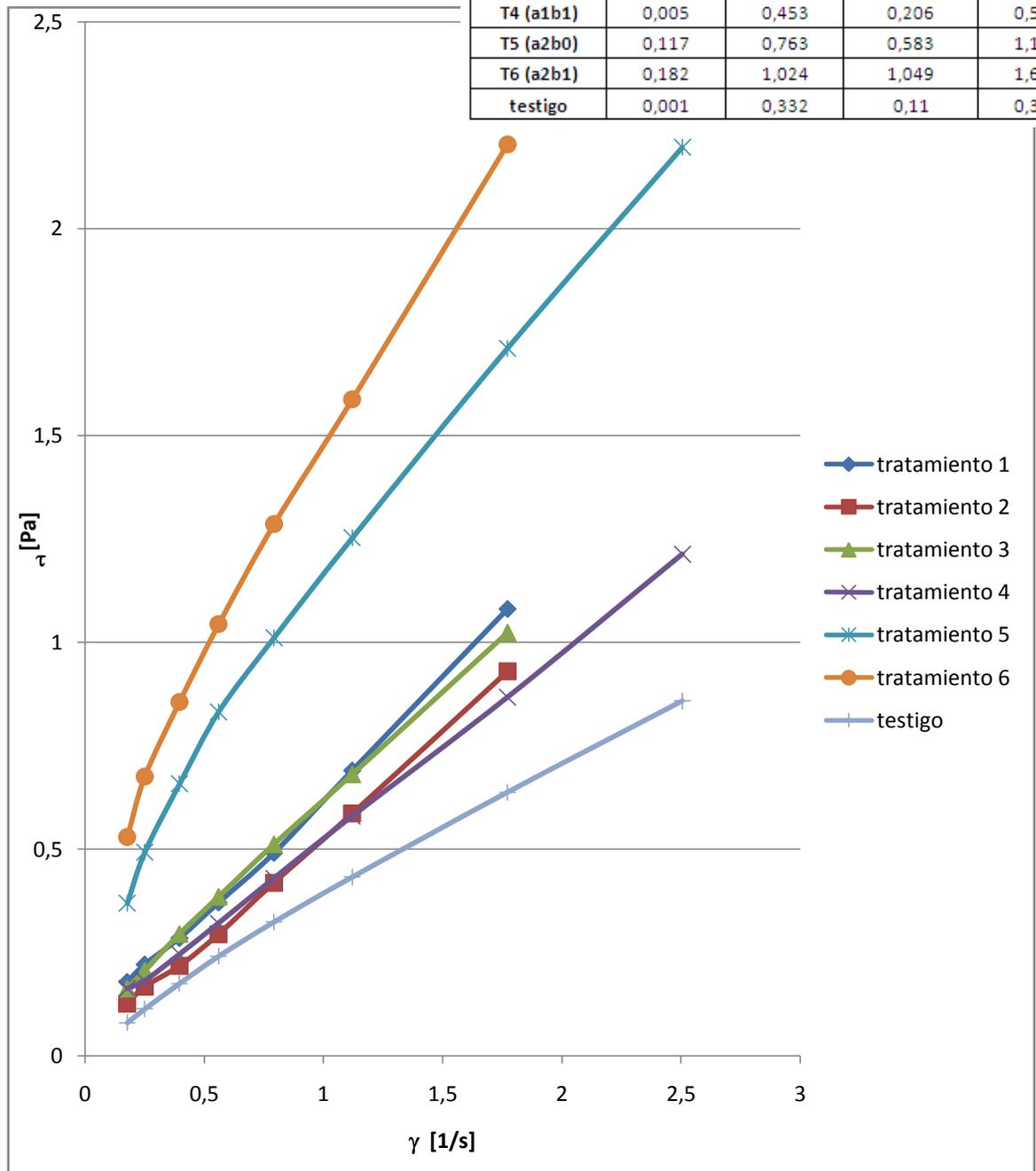
**Fig. 1.-** Cambios de la viscosidad aparente con la velocidad de rotación (edulcorante bajo en calorías)



\* Valores promedios de las 2 replicas

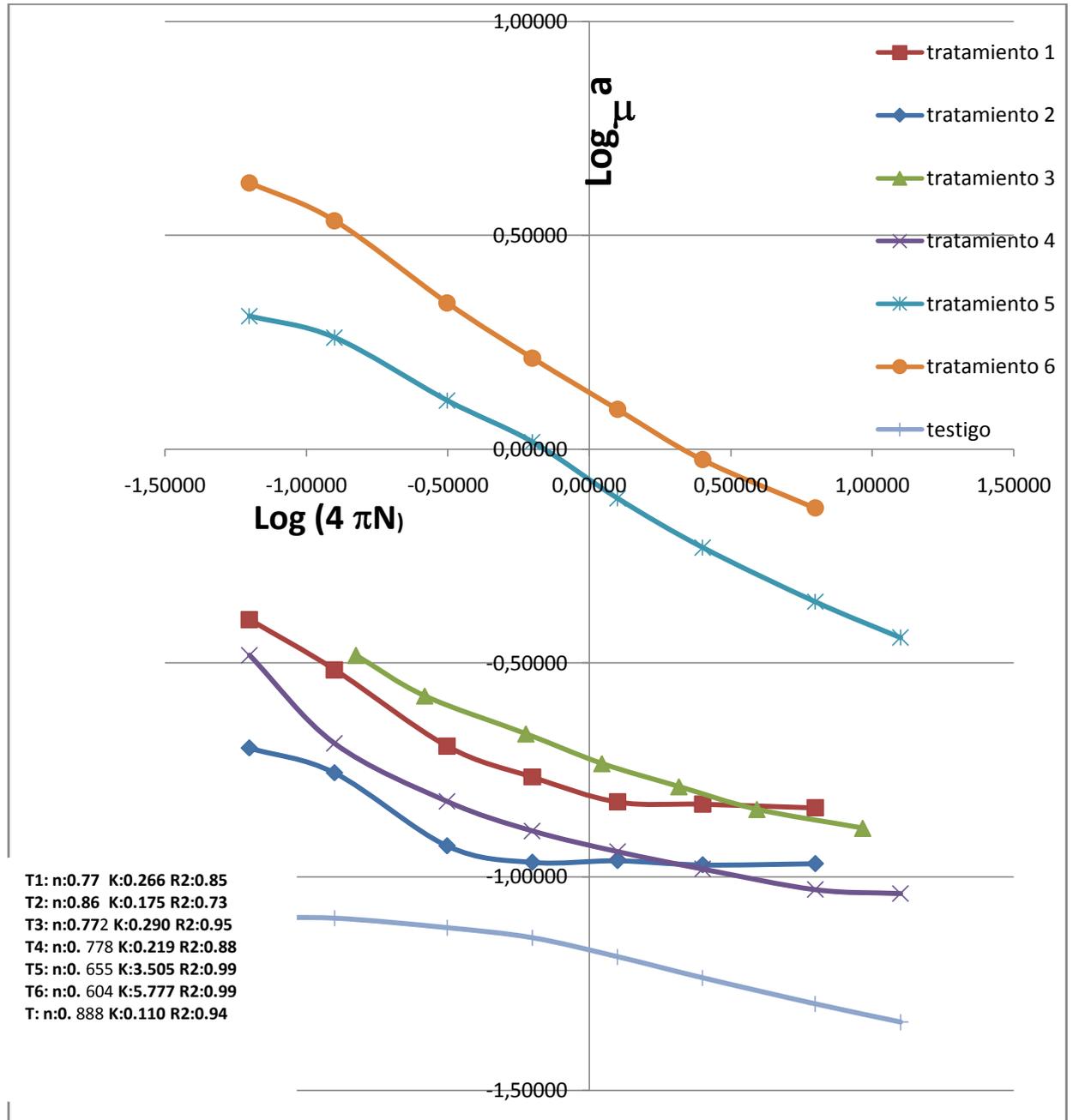
**Fig. 2.-** Cambios del esfuerzo cortante con la velocidad angular (edulcorante bajo en calorías)

Tratamientos	"b" tensión mínima de deformación (Pa)	"k" índice de consistencia (Pa $\cdot$ s $\cdot$ 0,5)	(K*)Viscosidad plástica (Pa $\cdot$ s)	viscosidad verdadera (Pa $\cdot$ s)
T1 (a0b0)	0,004	0,564	0,318	0,655
T2 (a0b1)	0,001	0,504	0,254	0,541
T3 (a1b0)	0,006	0,537	0,288	0,644
T4 (a1b1)	0,005	0,453	0,206	0,528
T5 (a2b0)	0,117	0,763	0,583	1,125
T6 (a2b1)	0,182	1,024	1,049	1,613
testigo	0,001	0,332	0,11	0,395



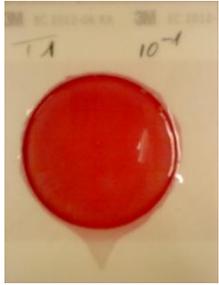
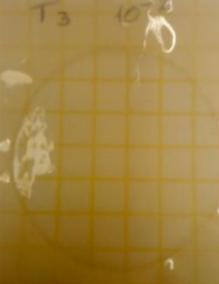
\* Valores promedios de las 2 replicas

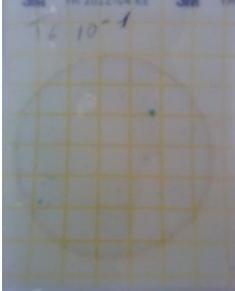
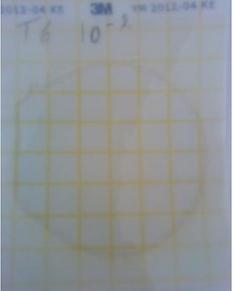
**Fig. 3.-** Cambio de la velocidad aparente con la velocidad de deformación.  
(Edulcorante bajo en calorías)



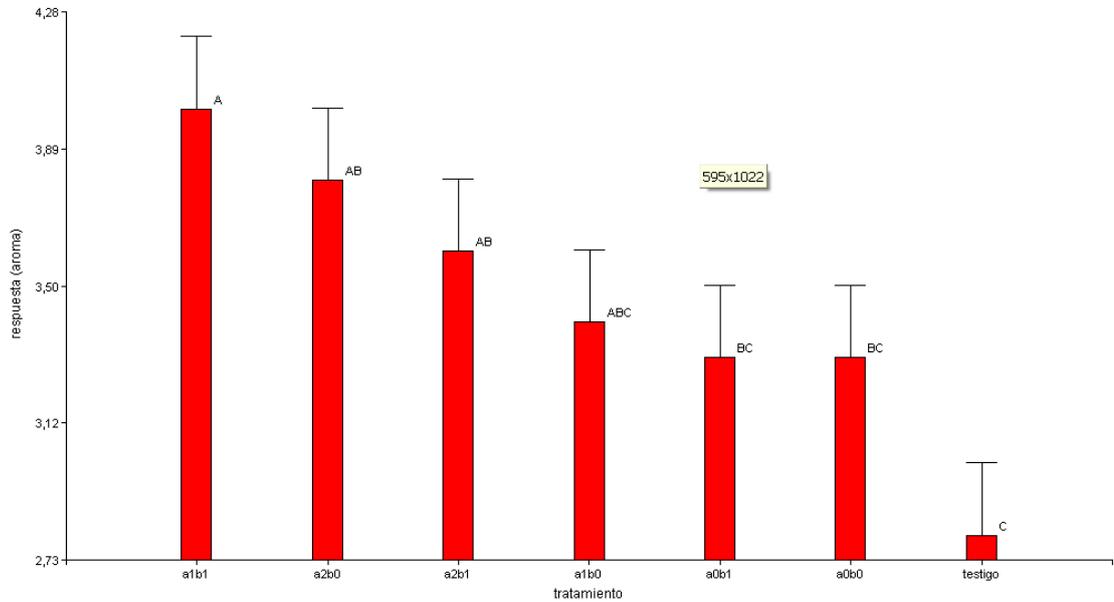
\* Valores promedios de las 2 replicas

**Fig. 4.-** Fotografías de placas petrifilm: *coliformes*, *E. coli*, mohos y levaduras de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías.

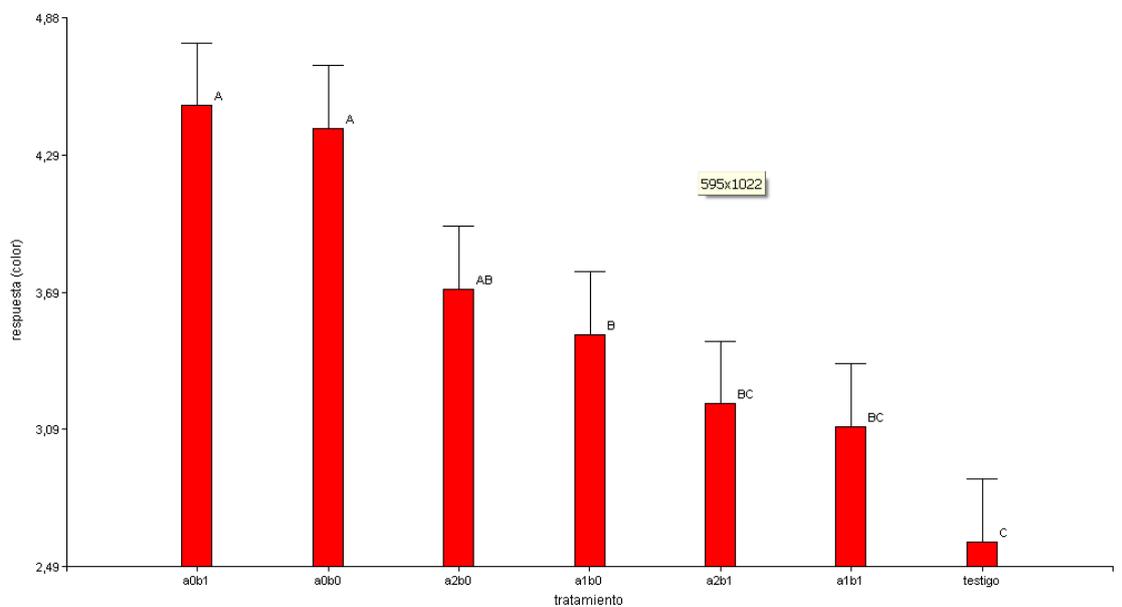
	Detección	<i>E. coli</i> y coliformes totales		Mohos y levaduras	
	Dilución	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^{-2}$
<b>Tratamientos</b>	<b>Tratamiento 1</b>				
	<b>Tratamiento 2</b>				
	<b>Tratamiento 3</b>				
	<b>Tratamiento 4</b>				

<p><b>Tratamiento</b> <b>5</b></p>				
<p><b>Tratamiento</b> <b>6</b></p>				
<p><b>Testigo</b></p>				

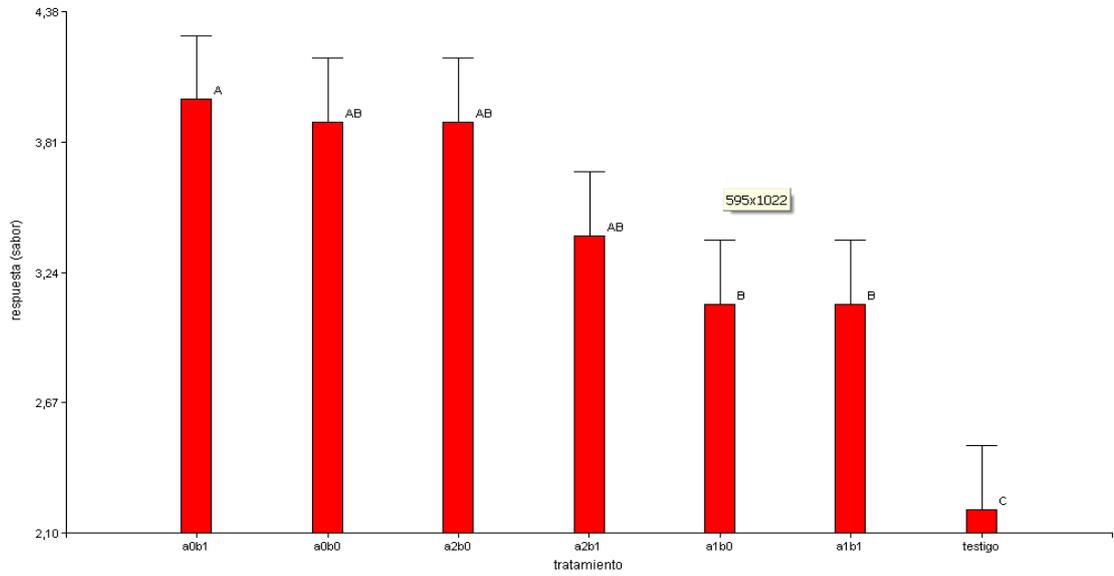
**Fig. 5.-** Grafico del test de Duncan Alfa=0.05, análisis sensorial de aroma de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías.



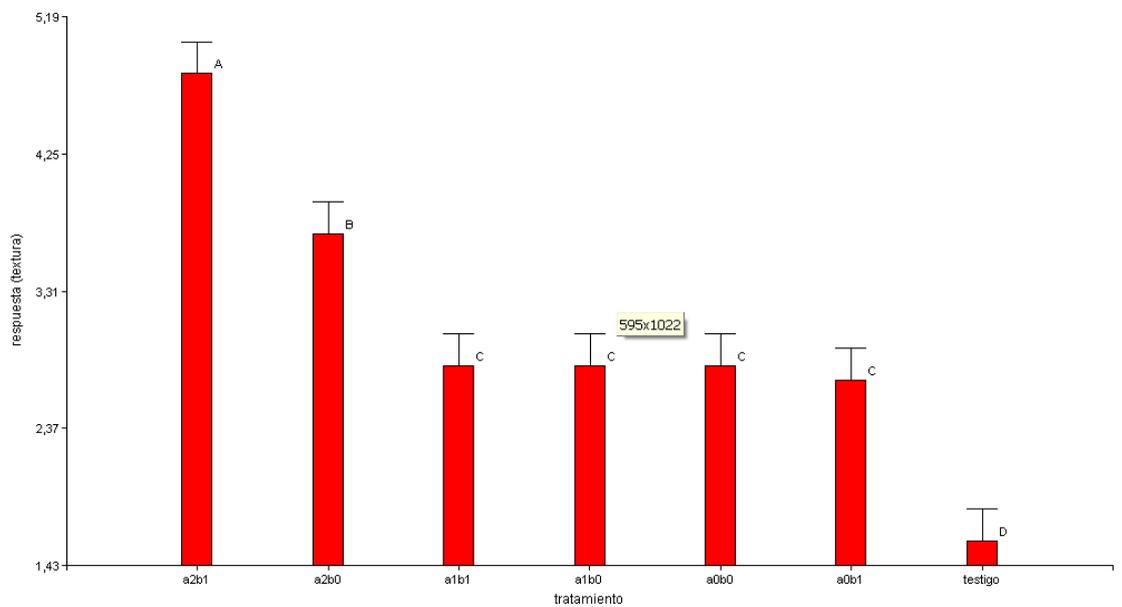
**Fig. 6.-** Grafico del test de Duncan Alfa=0.05, análisis sensorial de color de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías.



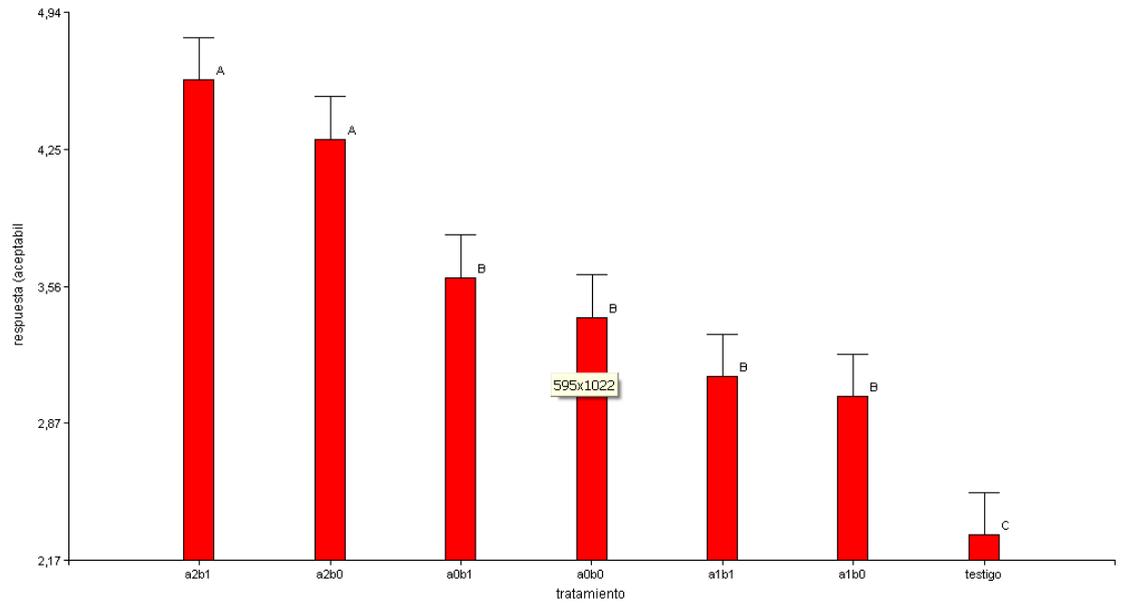
**Fig.7.-** Grafico del test de Duncan Alfa=0.05, análisis sensorial de sabor de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías.



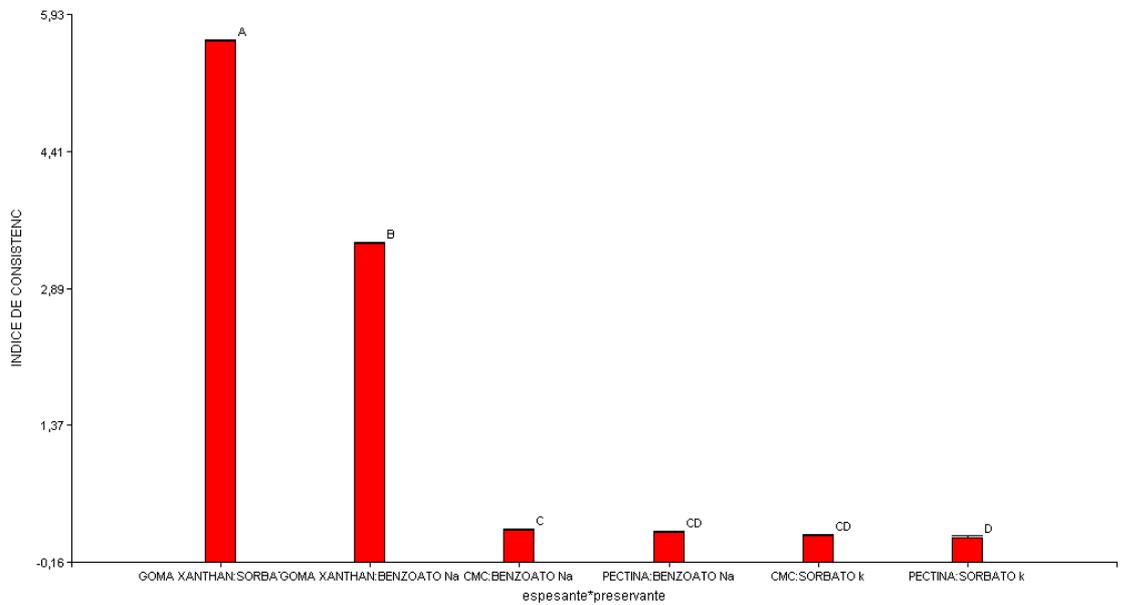
**Fig.8.-** Grafico del test de Duncan Alfa=0.05, análisis sensorial de textura (tipo de fluido), de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías.



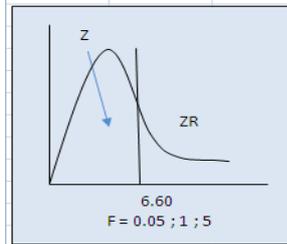
**Fig.9.-** Grafico del test de Duncan Alfa=0.05, análisis sensorial de aceptabilidad de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías.



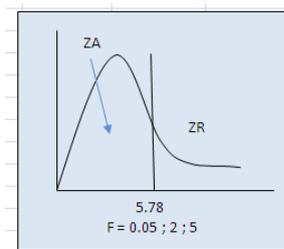
**Fig.10.-** Grafico del test de Duncan Alfa=0.05, para la interacción (A\*B) de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías.



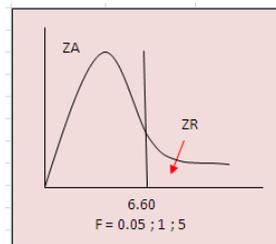
**Fig.11.-** Grafico de zona de aceptación y rechazo al factor A, factor B e interacción (A\*B) de los tratamientos del edulcorante bajo en calorías.



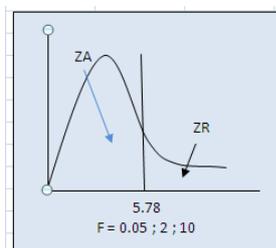
Los resultados en las **replicas** de cada uno de los tratamientos tienen valores similares de índice de consistencia (K)



**Factor A:** la utilización de varios espesantes en una misma concentración, para los tratamientos del diseño experimental, tiene como efectos diferentes índices de consistencia (K)



**Factor B:** El factor B, preservantes a la misma concentración provoca efectos diferentes en los índices de consistencia (K)



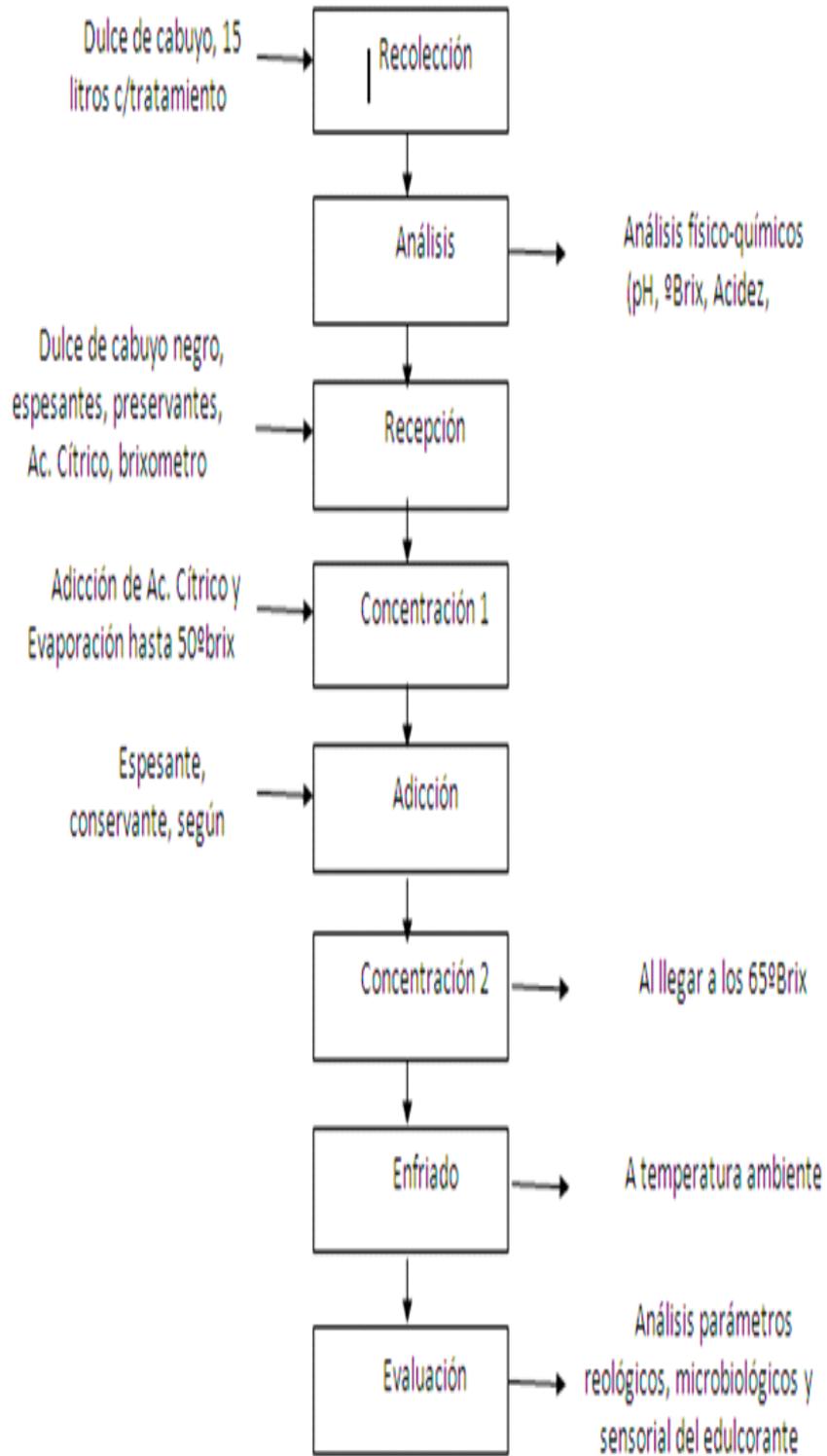
**Interacción A\*B:** Los factores combinados (A\*B) provocan diferentes efectos en los tratamientos en los índices de consistencia (K)

## ANEXO G

- DIAGRAMA DE FLUJO
- HOJA DE CATACIÓN
- HOJA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN
- ENCUESTA
- TIPOS DE FLUIDOS

## ANEXO G -1

### Diagrama de flujo - Elaboración de edulcorante bajo en calorías



**ANEXO G -2**

Análisis sensorial de edulcorante bajo en calorías, elaborado a partir de dulce de cabuyo.

Género:..... Edad:.....

Señale las características organolépticas que ud. Perciba del producto elaborado.

CARACTERÍSTICAS			Tratamientos						
			1	2	3	4	5	6	T
AROMA	5	Intenso característico							
	4	Normal característico							
	3	Ligeramente perceptible							
	2	No tiene							
	1	Desagradable							
COLOR	5	Café intenso							
	4	Café							
	3	Claro							
	2	Opaco							
	1	Oscuro							
SABOR	5	Muy dulce							
	4	Ligeramente dulce							
	3	Regular							
	2	Sin sabor							
	1	Desagradable							
TEXTURA	5	Muy viscosa							
	4	Viscosa							
	3	normal							
	2	Fluida							
	1	Muy fluida							
ACEPTABILIDAD	5	Gusta mucho							
	4	Gusta poco							
	3	Ni agrada ni desagrada							
	2	Desagrada poco							
	1	Desagrada mucho							

OBSERVACIONES:.....

GRACIAS

**Elaborado Por:** Chancusig Tuso Pedro Mauricio

**ANEXO G -3**

**HOJA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

EVALUACIÓN REOLÓGICA DEL EDULCÓRATE BAJO EN CALORÍAS, ELABORADO A PARTIR DE DULCE DE CABUYO NEGRO

Responsable:..... Fecha:.....

Temperatura °C:		Velocidad del rotor (RPM)							
		0.3	0.6	1.3	3.0	6.0	12	30	60
		% full scale							
Tratamiento	Replica								
<b>a<sub>0</sub>b<sub>0</sub></b> (Pectina + Benzoato de sodio)	R1								
	R2								
<b>a<sub>0</sub>b<sub>1</sub></b> (Pectina + Sorbato de potasio)	R1								
	R2								
<b>a<sub>1</sub>b<sub>0</sub></b> (CMC + Benzoato de sodio)	R1								
	R2								
<b>a<sub>1</sub>b<sub>1</sub></b> (CMC + Sorbato de potasio)	R1								
	R2								
<b>a<sub>2</sub>b<sub>0</sub></b> (Goma Xanthan + Benzoato de sodio)	R1								
	R2								
<b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub></b> (Goma Xanthan + Sorbato de potasio)	R1								
	R2								
<b>TESTIGO</b> (sin espesante, ni preservante)									

**Elaborado por:** Chancusig Tuso Pedro Mauricio

**ANEXO G -4**  
**ENCUESTA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

Identificar la necesidad de consumir miel en el sector de Ambato en el mes de enero-febrero

Edad..... Genero.....

**1.- ¿Usted conoce algún tipo de producto elaborado a partir de la cabuyo?**

Si  No

Porqué.....

**2.- ¿Usted consume algún tipo de miel o edulcorante bajo en calorías?**

Si  No

Porqué.....

**3.- ¿Con que frecuencia consume algún tipo de miel o edulcorante bajo en calorías?**

Diario  semanal  mensual  otros (indique el lapso de tiempo).....

**4.- ¿Le gustaría consumir una miel elaborada a partir de dulce de cabuya (chahuar – misque)?**

Si  No  No se

Porqué.....

**5.- ¿Como consumidor final cuanto paga por un litro de miel de abeja?**

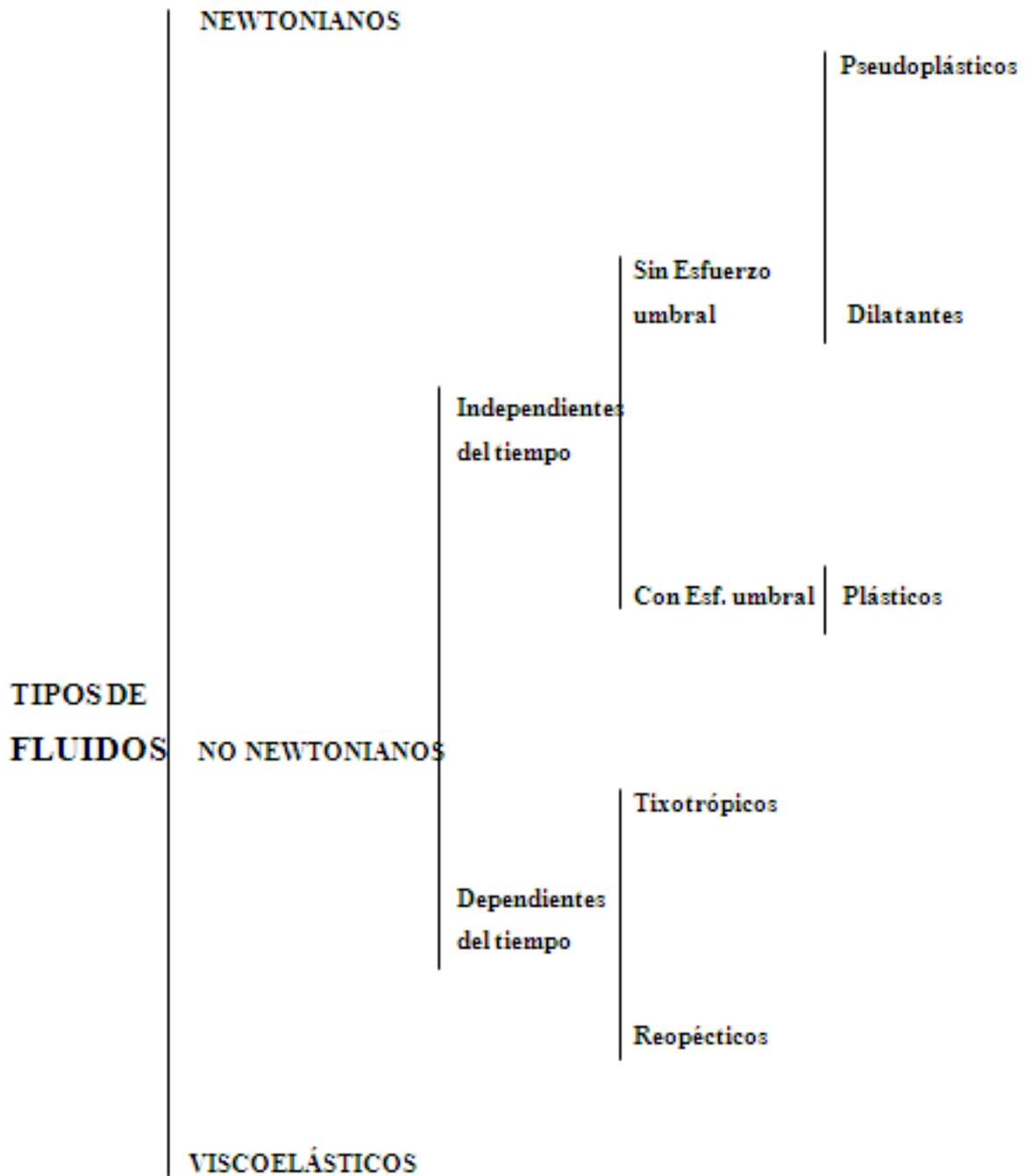
1.50 USD  3.50 USD   
2.00 USD  Otros.....

**6.- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por 1litro de miel o edulcorante bajo en calorías elaborado a partir del dulce de cabuya?**

1.50 USD  3.50 USD   
2.00 USD  Otros.....

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

TIPOS DE FLUIDOS



## ANEXO H

- Fotografías

**Cabuyo negro (*Agave americana* L.)**



**Extracción de dulce de cabuyo negro (*Agave americana* L.)**



**Evaporación e hidrólisis acida**



## Determinación de ° Brix



## Tratamientos.



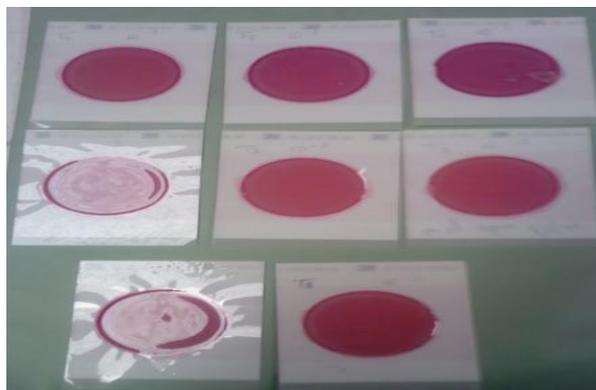
## Reaccion de Maillard (Caramelización de los azucares)



## Determinación de parámetros reológicos



## Análisis microbiológicos



## Degustación de edulcorante bajo en calorías

