

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL LICOR DE CACAO EN LOS CLONES
CCN 51, TSH 812 Y SCC 13**

KENNETH HERMINSUL MORALES TOLOSA

OSCAR GÓMEZ NAVAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2010

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL LICOR DE CACAO EN LOS CLONES
CCN 51, TSH 812 Y SCC13**

KENNETH HERMINSUL MORALES TOLOSA

OSCAR GÓMEZ NAVAS

**Trabajo presentado como requisito parcial
para optar por el título de Ingeniero Químico**

Director

CRISTIAN BLANCO TIRADO

Químico Ph.D.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO- QUÍMICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BUCARAMANGA

2010

DEDICATORIA

A DIOS, QUIEN ILUMINA MI CAMINO,

A MI MADRE DORIS MARTHA POR TODO SU AMOR Y APOYO,

A MIS HERMANAS Y DEMAS FAMILIARES.

KENNETH HERMINO MORALES TOLOSA

DEDICATORIA

A DIOS, POR ILUMINARME EL CAMINO Y HACER REALIDAD MIS SUEÑOS,
A MI FAMILIA POR BRINDARME TODO SU APOYO Y CREER EN MI.

OSCAR GÓMEZ NAVAS.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresas sus más sinceros agradecimientos a:

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA, por su formación brindada.

CRISTIAN BLANCO TIRADO, Químico Ph.D, director de este trabajo por sus enseñanzas y colaboración en la realización del mismo.

CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (CORPOICA) por la orientación y colaboración en el suministro de los materiales clónales.

LABORATORIO DE PROCESOS, LABORATORIO DE REOLOGÍA Y CICTA por su constante colaboración en el desarrollo de las pruebas.

AYDÉ PEREA, Química Ph.D, por su tiempo y colaboración.

A los Ingenieros Henderson Quintero, Carlos Mario García Santander y Geoffrey Virviescas por sus valiosos aportes.

A Compañeros y Amigos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	2
1.1. Producción de Cacao en Colombia	3
1.2. Generalidades del Cacao	4
2. METODOLOGÍA Y DESARROLLO EXPERIMENTAL	5
2.1. Caracterización	7
2.1.1. pH del Licor de Cacao	7
2.1.2. Porcentaje de Cascarilla	7
2.1.3. Análisis Bromatológico	7
2.1.3.1. Determinación de Humedad	8
2.1.3.2. Determinación de Cenizas	8
2.1.3.3. Determinación de Grasas	8
2.1.3.4. Determinación de Fibra	9
2.1.3.5. Determinación de Proteínas	10
2.1.4. Diámetro de partícula	10
2.1.5. Análisis Reológico	10
3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	11
3.1. Porcentaje de Cascarilla y pH del Licor de Cacao	11
3.2. Análisis Bromatológico	12
3.3. Diámetro de partícula	13
3.4. Análisis Reológico	14
3.5. Modelo de datos de las variables viscosidad y temperatura	22
4. CONCLUSIONES	24
5. RECOMENDACIONES	25
6. BIBLIOGRAFIA	26
ANEXOS	29

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Proceso de Fermentación y Secado	5
Figura 2. Proceso de Tostado	5
Figura 3. Cascarillas y Nibs de Cacao	6
Figura 4. Proceso de Molienda	6
Figura 5. Montaje de determinación de Ph	7
Figura 6. Montaje de determinación de grasa	9
Figura 7. Viscosidad vs Velocidad de deformación del Licor de Cacao a 60°C	14
Figura 8. Viscosidad vs Velocidad de deformación del Licor de Cacao a 70°C	14
Figura 9. Viscosidad vs Velocidad de deformación del Licor de Cacao a 80°C	14
Figura 10. Representación de licor de cacao CCN51 a partir de la ley de la potencia	16
Figura 11. Representación de licor de cacao CCN51 a partir de la ley de la potencia μ vs $\dot{\gamma}$	17
Figura 12. Comportamiento Reológico de Licor de Cacao a 60°C	18
Figura 13. Comportamiento Reológico de Licor de Cacao a 70°C	19
Figura 14. Comportamiento Reológico de Licor de Cacao a 80°C	19
Figura 15. Viscosidad vs Velocidad de deformación del Licor de Cacao a 60°C	20
Figura 16. Viscosidad vs Velocidad de deformación del Licor de Cacao a 70°C	20
Figura 17. Viscosidad vs Velocidad de deformación del Licor de Cacao a 80°C	21
Figura 18. Comportamiento Reológico de Licor de Cacao a 60°C	21
Figura 19. Comportamiento Reológico de Licor de Cacao a 70°C	21
Figura 20. Comportamiento Reológico de Licor de Cacao a 80°C	22
Figura 21. Modelo de datos de Viscosidad vs Temperatura (Clon CCN51)	22

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Producción Nacional de cacao en grano 2007-2008	4
Tabla 2. Contenido de cascarilla y pH del Licor de Cacao	11
Tabla 3. Parámetros físicos del grano	12
Tabla 4. Resultados del Análisis Bromatológico	12
Tabla 5. Parámetros de calidad del Cacao	13
Tabla 6. Parámetros de calidad por FEDECACO	13
Tabla 7. Diámetros de partícula según el molino	13
Tabla 8. Viscosidad del Licor de Cacao (Clon CCN 51) a diferentes temp era.	22
Tabla 9. Tabla de ecuaciones y parámetros del modelo del (Clon CCN 51)	23

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Tipos de cacao: Criollos de Venezuela y Colombia, forasteros del alto y bajo Amazonas y Trinitarios	29
ANEXO B. Tecnología relacionada con clones de Cacao	32
ANEXO C. Proceso del cacao	36
ANEXO D. Tablas de datos obtenidos en la prueba de reología para los clones CCN 51, TSH 812 Y SCC 13 a partir de la molienda con el tornillo sin fin	39
ANEXO E. Tablas de datos obtenidos en la prueba de reología para los clones CCN 51, TSH 812 Y SCC 13, a partir de la molienda con el molino de bolas.	44
ANEXO F. Tablas, graficas y ecuaciones del modelo del Clon TSH 812.	53
ANEXO G. Tablas, graficas y ecuaciones del modelo del Clon SCC 13	54

ABREVIATURAS

CORPOICA	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
CCN-51	Colección Castro Naranjales 51
TSH-812	Trinitarios Selección Híbrida 812
SCC-13	Selección Colombia Corpoica 13
ICCO	Organización Internacional del Cacao
ICS	Imperial College Selection
IMC	Iquitos Mixes Collection

RESUMEN

TÍTULO: OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL LICOR DE CACAO EN LOS CLONES CCN 51, TSH 812 Y SCC 13*.

AUTORES: Kenneth Herminul Morales Tolosa, Oscar Gómez Navas^{†**}.

PALABRAS CLAVES: Cacao, licor de cacao, Reología, viscosidad, diámetro de partícula, análisis bromatológico.

DESCRIPCIÓN:

En el presente trabajo se realizó la caracterización de licor de cacao obtenido mediante un proceso de recolección, fermentación, secado, tostado, descascarillado, molienda y licuado de tres variedades de cacao (clones). En la caracterización se efectuaron pruebas fisicoquímicas tales como análisis bromatológico siguiendo las normas de la AOAC, pruebas pH del licor de cacao según la norma de la ICCO, se determinó el diámetro de partícula del licor y se realizaron pruebas reológicas siguiendo el método analítico aprobado por la ICCO. Los resultados obtenidos en el análisis bromatológico se compararon con los parámetros de la norma ICONTEC y FEDECACAO reportando unos valores normales, el pH del licor de cacao arrojó resultados dentro del rango normal según parámetros de la Compañía Nacional de Chocolates, el tamaño de partícula es fundamental en los parámetros de flujo, en el estudio reológico realizado se comparó la viscosidad, el esfuerzo de cedencia, se encontró que la viscosidad disminuye cuando se aumenta la velocidad de deformación lo cual indica que el licor de cacao es un fluido pseudoplástico que se comporta según la ley de la potencia. Esto significa que la viscosidad de los licores de cacao será función de la velocidad de flujo y del diámetro del medio de transporte. Para analizar cómo cambia la viscosidad con la temperatura fue necesario hacer una correlación de datos utilizando el software OriginPro 7.0 con el cual se encontró un modelo que representa un mejor ajuste.

* Tesis de grado.

** Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Director: Ph. D. Cristian Blanco Tirado.

SUMMARY

TITLE: OBTAINING AND CHARACTERIZATION OF COCOA LIQUOR IN THE CLONES CCN 51, TSH 812 and SCC 13*.

AUTHORS: Kenneth Herminsul Morales Tolosa, Oscar Gómez Navas**.

KEYWORDS: Cocoa, cocoa liquor, rheology, viscosity, particle diameter, bromatological analysis.

DESCRIPTION:

In this work, the characterization of cocoa liquor obtained through a process of harvesting, fermentation, drying, roasting, peeling, grinding and liquefied cocoa three varieties (clones). In the physicochemical characterization tests were carried out following bromatological such as analysis of AOAC standards, testing pH of cocoa liquor according to the standard of ICCO, it was determined the particle diameter of liquor and rheological tests were carried out following the analytical method approved by ICCO. The results obtained in the analysis bromatological parameters were compared with the standard reporting FEDECACAO ICONTEC and normal values, the pH of cocoa liquor results within the normal range according to standards of the Compañía Nacional de Chocolates, the particle size is essential in the flow parameters in the study were compared rheological viscosity, the yield stress was found that the viscosity decreases with increasing strain rate indicating that the cocoa liquor is a pseudoplastic fluid that behaves as the power law. This means that the viscosity of the cocoa liquor will depend on the flow velocity and diameter of the conveyance. To analyze how the viscosity changes with temperature was necessary to correlate data using OriginPro 7.0 software with which to found a model that represents a better fit.

* Degree Thesis.

** Department of Chemical Engineering. Engineering Physical-Chemical Faculty. Director: Ph. D. Cristian Blanco Tirado.

INTRODUCCIÓN

El departamento de Santander tiene una fuerte tradición cacaotera y es el mayor productor de cacao (*Theobroma cacao* L) con cerca del 50% de la producción nacional, la calidad del cacao colombiano se considera a nivel mundial por encima del promedio, además el grano es considerado en el mundo como fino de sabor y aroma.

La industria del chocolate es una de las agroindustrias con más tradición en el país. En Colombia el chocolate de mesa es el producto más importante de todas las compañías del sector. Sin embargo hay una demanda elevada para productos derivados de Cacao a nivel mundial, la industria más desarrollada es la que se dedica al proceso de prensado o molienda, mediante el cual se producen pasta de cacao también llamado Licor de Cacao, manteca de cacao y cacao en polvo, de estos se obtienen productos más elaborados.

En este proyecto se realizó la caracterización del licor de cacao obtenido mediante un proceso de recolección, fermentación, secado, tostado, descascarillado, molienda y licuado de tres variedades de cacao (clones). En la caracterización se efectuó el análisis bromatológico siguiendo las normas de la AOAC, pH del licor de cacao según la norma de la ICCO, se determinó el diámetro de partícula del licor y se realizaron pruebas reológicas siguiendo el método analítico aprobado por la ICCO. Los resultados obtenidos en el análisis bromatológico se compararon con los parámetros de la norma ICONTEC y FEDECACAO reportando unos valores normales, el pH del licor de cacao arrojó resultados dentro del rango normal según parámetros de la Compañía Nacional de Chocolates, en el estudio reológico realizado se comparó la viscosidad y el esfuerzo de cedencia. Se encontró que la viscosidad disminuye cuando se aumenta la velocidad de deformación lo cual indica que el licor de cacao es un fluido pseudoplástico que se comporta según la

ley de la potencia. Esto significa que la viscosidad de los licores de cacao será función de la velocidad de flujo y del diámetro del medio de transporte. Para analizar cómo cambia la viscosidad con la temperatura fue necesario hacer una correlación de datos utilizando el software OriginPro 7.0 con el cual se encontró un modelo que representa un mejor ajuste.

1. MARCO TEÓRICO

El cacao, desde hace más o menos 2000 años, es parte de las delicias del paladar y la economía de los pueblos del mundo; fue alimento y fuente de riqueza para los indígenas Mayas y Aztecas radicados en el continente Centroamericano y desde el descubrimiento de América se consume como alimento o golosina, a manera de chocolate, en todo el mundo: "Perla carmelita de los paladares". Ahora el cacao es la principal materia prima de la multimillonaria industria mundial del placer y el refinamiento en forma de chocolate; especialmente en Europa y América.

En un principio, Colombia se distinguió por la alta calidad del grano que provenía de tipo criollo, caracterizado por su finura, delicado sabor y aroma, pero debida a la introducción de tipos ordinarios e híbridos, se efectuaron cambios en la calidad, pero sin embargo, sigue siendo reconocida por la industria chocolatera [1].

Las referencias históricas indican que en Colombia se cultiva cacao desde la época de la colonia, constituyéndose desde entonces en exportador del grano, condición que se mantuvo hasta 1920, cuando dejó de serlo. Posteriormente a mediados de la década del 80, volvió a comercializarse con éxito en el exterior lo que, una vez más, se perdió y hoy se presenta un déficit para satisfacer la demanda interna de la industria chocolatera.

1.1 PRODUCCION DE CACAO EN COLOMBIA

La producción nacional del año 2008 alcanzo las 37.718 ton, superando la producción del año anterior en 4236 ton. La producción se distribuyó de la siguiente manera, Santander ocupó el primer lugar con el 48% de la producción, Arauca el segundo lugar con 11%, Huila el tercer lugar con el 8% y Tolima con el 5% de la producción [2] [3].

Tabla 1. Producción Nacional de cacao en grano 2007-2008.

DEPARTAMENTO	2007	2008
	Ton	Ton
SANTANDER	16.700	18.179
HUILA	3.535	3.323
ANTIOQUIA	2.132	2.052
ARAUCA	1.889	4.179
N. SANTANDER	1.756	1.453
NARIÑO	1.661	1.970
TOLIMA	1.596	2.114
CUNDINAMARCA	1.066	849
RISARALDA	652	37
META	651	622
CALDAS	545	600
VALLE	513	353
BOYACA	57	100
OTROS DPTOS	730	1.877
PROD. TOTAL	33.482	37.718

1.2 GENERALIDADES DEL CACAO

El árbol del cacao pertenece al género *Theobroma Cacao*, orden Filiales y familia Sterculáceas. El árbol presenta hojas sencillas, pecioladas, enteras, coriáceas, frágiles y brillantes. Las flores nacen en el tallo y en las ramas más viejas, lo que se denomina caulifloria y brotan a los 3 o 4 años. El fruto es una baya o mazorca ovoidea, grande, y aguda hacia el ápice, de veinticinco a treinta centímetros de largo y de diez a quince de grueso, con un pedúnculo recio y recto, epicarpio grueso, subleñoso, consistente, amarillo pajizo, verde y rugoso al exterior, con diez surcos longitudinales. Las semillas son ovoides, blancas y pardas cuando están secas. Cada mazorca contiene de veintiséis a treinta granos de cacao [4]. Para ver tipos de cacao (Ver anexo A), tecnología relacionada con clones de cacao (Ver anexo B), proceso del cacao (Anexo C) [5] [6].

2. METODOLOGIA Y DESARROLLO EXPERIMENTAL

El material fue recolectado en la estación experimental la SUIZA, gracias a la colaboración de CORPOICA. A los clones se le realizó el proceso de fermentación y secado durante 6 días cada uno utilizando los métodos de fermentación en cajón y secado casa Elba respectivamente, con el fin de obtener una buena calidad de grano. La cantidad de muestra tomada fue de 1000g por cada uno de los 3 clones seleccionados. Posteriormente se realizó una limpieza con el fin de eliminar residuos como piedras, arenas, vidrios, metales, entre otros [7].



Figura 1. Proceso de fermentación y secado.

TOSTADO

En este proceso primero se hizo una estabilización de temperatura a 130°C durante 5 min, luego se realizó el proceso de tostado durante 45 min a esta misma temperatura con el fin de obtener uniformidad, esto se hizo para cada uno de los 3 clones seleccionados.



Figura 2. Proceso de Tostado.

DESCASCARILLADO

Después del tostado se separó la cascara de los granos de Cacao manualmente para obtener los "nibs".



Figura 3. Cascarillas y Nibs de cacao.

MOLIENDA

Este proceso se le realiza a los nibs, este se lleva a cabo con dos tipos de molinos: molino de bolas y molino de tornillos (maquina de moler).



Figura 4. Proceso de Molienda.

LICUADO

Para obtener el licor de Cacao se depositó la muestra en una licuadora Osterlzer Blender de tres velocidades durante 15 min.

2.1 CARACTERIZACIÓN

2.1.1 pH DEL LICOR DE CACAO

La determinación del pH se realizó según la versión adaptada por la Oficina Internacional del Cacao (ICCO), donde se preparó una solución con 2 g de licor de Cacao y 18 ml de agua, la (figura 5) muestra el montaje realizado [8] [9].



Figura 5. Montaje de determinación de pH.

2.1.2 PORCENTAJE DE CASCARILLA

La determinación del porcentaje de cascarilla se realizó pesando 1000 g de cada clon de Cacao descascarillándolos y pesándolos. El porcentaje de cascarilla se calculó con la siguiente ecuación (1) [10]:

$$\% \text{Cascarilla} = \frac{\text{Peso grano con cascarilla} - \text{Peso grano sin cascarilla}}{\text{Peso grano con cascarilla}} * 100 \quad (1)$$

2.1.3 ANALISIS BROMATOLÓGICO

El análisis bromatológico, se realizó en el laboratorio de alimentos (CICTA) – Guatiguará y comprendió la determinación de Humedad, Ceniza, Grasa, Fibra, Proteína.

2.1.3.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

La determinación de humedad se efectuó siguiendo el procedimiento de la A.O.A.C. 7.003/84 y 930.15/90 adaptados, para lo cual se pesaron aproximadamente 3 g de muestra que se llevaron a una estufa a 105°C durante 4 horas, hasta peso constante. Se dejó enfriar en el desecador, se pesó la muestra seca y finalmente se calculó el porcentaje de humedad utilizando la ecuación (2) [11] [12].

$$\%HUMEDAD = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra}} * 100 \quad (2)$$

2.1.3.2 DETERMINACIÓN DE CENIZA

Se efectuó siguiendo el procedimiento de la A.O.A.C. 7.009/84 y 942.05/90 adaptados, para lo cual se pesaron aproximadamente 2 g de muestra en un crisol de porcelana. Luego se llevo el crisol a una mufla a 550°C durante 4 horas, se dejó enfriar y se pesó. Se calculó el porcentaje de ceniza teniendo en cuenta el peso del residuo, utilizando la ecuación (3) [11] [12].

$$\%CENIZAS = \frac{\text{Peso de cenizas}}{\text{Peso muestra}} * 100 \quad (3)$$

2.1.3.3 DETERMINACIÓN DE GRASA

Se efectuó siguiendo el procedimiento de la A.O.A.C. 7.060/84 y 920.39/90 adaptados. Se tomaron aproximadamente 2 g de muestra seca y se hidrolizaron durante 15 min con 50 ml de una solución de HCl 1: 2,5. Posteriormente se filtró y se lavó con agua destilada hasta eliminar cloruros y se secó a 105°C durante 2 horas. Seguidamente se extrajo la grasa con hexano en un extractor Soxhlet durante 7 horas, al cabo de las cuales se removió el solvente para calcular el contenido de grasa utilizando la ecuación (4). La muestra desengrasada se guardo para el análisis de fibra [11] [12].

$$\% \text{GRASA} = \frac{\text{Peso de grasa}}{\text{Peso muestra}} * 100 \quad (4)$$



Figura 6. Montaje de determinación de grasa.

2.1.3.4 DETERMINACIÓN DE FIBRA

La determinación de fibra se efectuó siguiendo el procedimiento de la norma ICONTEC 668 y la A.O.A.C. 7.066/84 y 962.09/90 adaptados. Se tomó aproximadamente 1 g de muestra desengrasada, se transfirió al recipiente de digestión, se adicionó 100 ml de ácido sulfúrico al 1.25% y 5 gotas de alcohol amílico, luego se dejó hervir por 30 min. Se filtró en caliente utilizando un embudo de porcelana (Buchner) provisto de lienzo, se lavó varias veces con agua caliente hasta que el pH del agua de lavado fue neutro. Posteriormente se regresó el residuo del lienzo al vaso con 100 ml de NaOH 1.25% y se dejó hervir durante 30 min y se filtró en papel de filtro cuantitativo previamente pesado, se lavó hasta pH neutro y se llevó a una estufa por 2 horas, se dejó enfriar y se pesó (peso A). El residuo obtenido se calcinó a 550°C durante 4 horas, se dejó enfriar y se pesó (peso B). Luego de esto se determinó el porcentaje de fibra de la siguiente manera utilizando la ecuación (5) [11] [12]:

$$\% \text{FIBRA} = \frac{\text{Peso A} - \text{Peso B}}{\text{Peso inicial muestra}} * 100 \quad (5)$$

2.1.3.5 DETERMINACIÓN DE PROTEINAS

La determinación de proteína se efectuó siguiendo el método de Kjeldahl-Gunning-Arnold adaptado Griffin 1995. Se pesó aproximadamente 0.5 g de muestra, se

colocaron en un tubo Kjeldahl, se añadió una tableta de catalizador y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado, se llevó al digestor y se calentó durante 3 horas, luego se dejó enfriar. A la solución obtenida se adicionaron 50 ml de agua destilada y 150 ml de NaOH 32% y se llevó al destilador, haciéndose una destilación por arrastre con vapor. El hidróxido de amonio generado se recibió en 50 ml de ácido bórico que contenían 3 gotas de indicador mixto, hasta tener un volumen de destilado de 200 ml. El destilado se tituló con HCl 0.1N. Se calculó el porcentaje de nitrógeno y finalmente el contenido de proteína utilizando la ecuación (6) [11] [12]:

$$\%PROTEINAS = \text{Nitrógeno (total)} * 6.25 \quad (6)$$

2.1.4 DIAMETRO DE PARTICULA

Este se determinó utilizando un micrómetro. Para esta prueba se hizo necesario hacer varias mediciones de los diámetros de partícula por cada molido (de bolas y de tornillo) con el fin de poder sacar un diámetro de partícula promedio.

2.1.5 ANÁLISIS REOLÓGICO

Los análisis reológicos se llevaron a cabo siguiendo el método analítico aprobado por la ICCO [13] [14]. Se utilizó un reómetro Brookfield model: DV-III Rheometer (Reómetro) con aguja #34. Para esta prueba se trabajaron tres temperaturas diferentes a 60°C, 70°C y 80°C, a las cuales el licor de Cacao fluye; para obtener este licor de Cacao se utilizaron dos tipos de molinos (molino de bolas y molino de tornillo) con los cuales se obtuvieron dos tamaños de partículas diferentes dependiendo del tipo de molino utilizado para los tres clones, luego se hicieron las mediciones a las temperaturas descritas anteriormente obteniéndose como resultados determinados valores de viscosidad y esfuerzo de corte para cada temperatura y tamaño de partícula en los tres clones [15] .

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 PORCENTAJE DE CASCARILLA DEL GRANO SECO Y TOSTADO Y pH DEL LICOR DE CACAO

Las pruebas realizadas para la determinación del porcentaje de cascarilla del grano seco y tostado y pH del Licor de Cacao son presentados en la tabla 2:

Tabla 2. Contenido de cascarilla del grano seco y tostado y pH del Licor de Cacao.

CLON	% CASCARILLA	pH LICOR DE CACAO
CCN 51	12,38	5,26
TSH 812	15,22	5,37
SCC 13	9,71	5,39

Comparando las Tablas 2 y 3, se observa lo siguiente:

- Según los parámetros físicos establecidos por el Departamento de Fomento de la Compañía Nacional de Chocolates, los clones CCN 51 y TSH 812 poseen un porcentaje de cascarilla alto y el clon SCC 13 presenta un porcentaje bajo. En la industria del Chocolate se recomienda que este parámetro se encuentre entre los niveles más bajos posibles, con el fin de tener rendimientos elevados en los procesos [17].
- Para la variable de pH, los tres clones están en niveles normales aceptados por la industria.

Tabla 3. Parámetros físicos del grano.

	BAJO	NORMAL	ALTO
% CASCARILLA	< 11	11,0 - 12,0	> 12
pH	< 5	5 - 5,5	> 5,5

Fuente: Departamento de Fomento. Compañía Nacional de Chocolates [15].

3.2 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para el Análisis Bromatológico del licor de cacao:

Tabla 4. Resultados Análisis Bromatológico del licor de cacao.

CLON	% GRASA	% HUMEDAD	% CENIZA	% PROTEINA	% FIBRA
CCN51	54,14	3,62	3,07	13.41	3.17
TSH 812	52,86	3,48	3,39	13.23	2.95
SCC 13	53,85	3,35	3,29	13.37	3.31

Comparando las Tablas 4,5 y 6 y analizando los parámetros químicos establecidos por la Norma Técnica Colombiana ICONTEC NTC 793 y por FEDECACAO se observa lo siguiente:

- Los clones CCN 51, TSH 812 Y SCC 13 poseen un porcentaje de grasa normal por lo que son de gran importancia para la industria del chocolate.
- Según la Tabla 5, se puede observar que los tres clones evaluados poseen un porcentaje de humedad elevado y no cumplen con la norma.

Tabla 5. Parámetros de calidad del Cacao.

NORMA ICONTEC NTC 793	
REQUISITO	%
HUMEDAD	Máximo 2,5
GRASA	Mínimo 48
FIBRA	Máximo 4,7
CENIZA	Máximo 4,0

Fuente: Norma Técnica Colombiana ICONTEC NTC 793.

Tabla 6. Parámetros de calidad por FEDECACAO.

	BAJO	NORMAL	ALTO
%HUMEDAD	6 a 6,6	7 a 8	> 8
%CENIZAS		2 a 4	
%GRASA	< 52	52 a 55	> 55
%PROTEINAS	11	14,9	
%FIBRA	2	2 a 5	> 6

3.3 DIÁMETRO DE PARTÍCULA

Para esta prueba se efectuaron varias mediciones con el fin de obtener un valor promedio, en la tabla 7 se muestran los resultados:

Tabla 7. Diámetros de partícula promedio del licor de cacao según el molino.

TIPO DE MOLINO	DIAMETRO DE PARTICULA PROMEDIO (μm)
MOLINO DE TORNILLO	± 400
MOLINO DE BOLAS	± 100

El análisis del diámetro de partícula se aborda junto con el análisis reológico ya que se relacionan.

3.4 ANÁLISIS REOLÓGICO

En las siguientes gráficas se muestran los resultados obtenidos utilizando el molino de bolas, basados en las tablas de datos del anexo E (Ver anexo E).

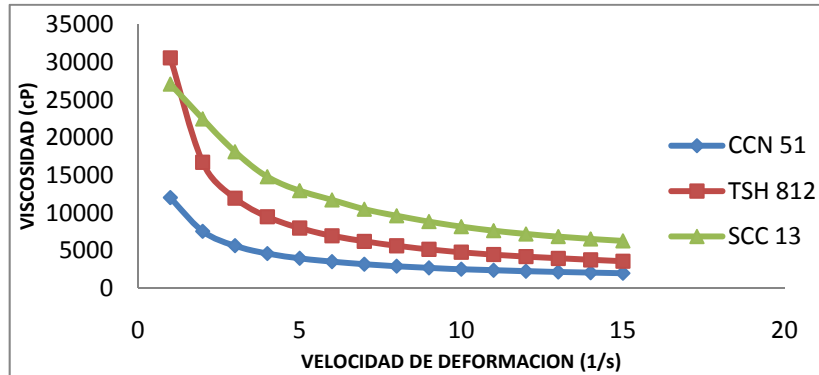


Figura 7. Viscosidad vs Velocidad de deformación del Licor de Cacao a 60°C.

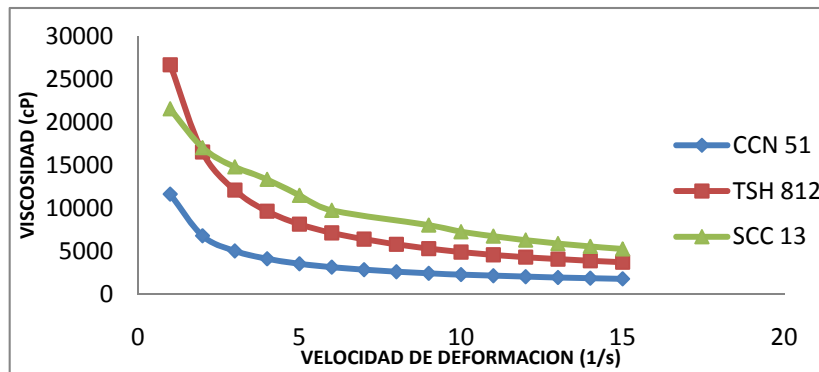


Figura 8. Viscosidad vs Velocidad de deformación del Licor de Cacao a 70°C.

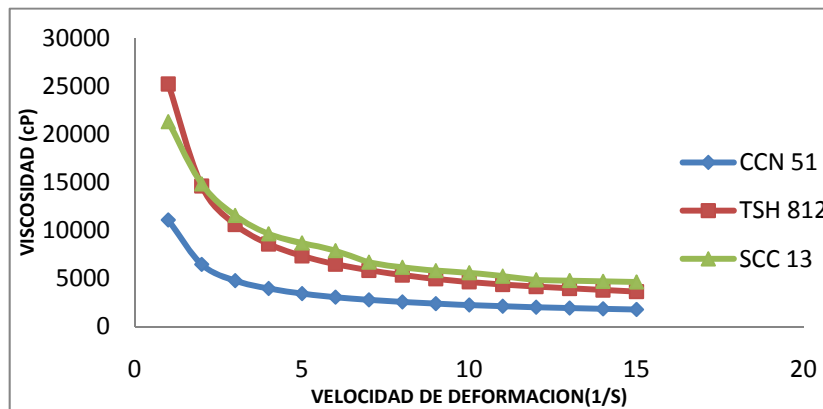


Figura 9. Viscosidad vs Velocidad de deformación del Licor de Cacao a 80°C.

Según pruebas reológicas realizadas a los clones de Cacao se pudo observar comportamiento típico de fluidos pseudoplástico caracterizado por una disminución de la viscosidad con el aumento de la velocidad de deformación, así

mismo para este tipo de fluido se esperan comportamientos tixotrópicos (disminución de la viscosidad con el tiempo) este tipo de fluidos se pueden modelar o representar a partir de la ley de la potencia dada por las ecuaciones 7, 8, 9,10 [18]:

$$(7) \quad \tau = m \left| \frac{dv}{dy} \right|^{n-1} \frac{dv}{dy}$$

$$(8) \quad \tau = m \left(\frac{dv}{dy} \right)^n$$

$$(9) \quad \dot{\gamma} = \frac{dv}{dy}$$

$$(10) \quad \tau = m(\dot{\gamma})^n$$

Donde:

$\dot{\gamma}$ = Velocidad de deformación [s^{-1}]

τ = Esfuerzo de corte [Dinas/cm²]

m= representa la viscosidad a la velocidad de deformación y corresponde a la pendiente de la curva esfuerzo de corte vs velocidad de deformación.

Se toma la curva de comportamiento reológico del licor de cacao del clon CCN51 a 60 grados centígrados y se realiza una aproximación con una línea de tendencia potencial tomando la velocidad de deformación como abscisa y el esfuerzo de corte en la ordenada y se obtienen los resultados que se muestran en la figura 10 (Ver ecuación 11):

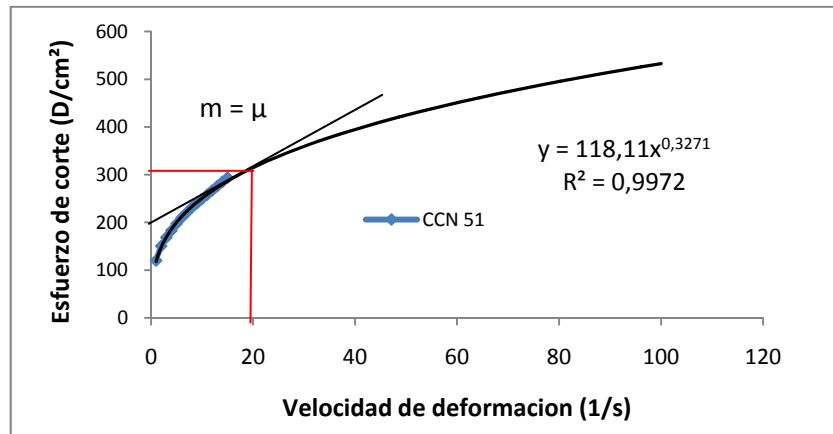


Figura 10. Representación de licor de cacao CCN51 a partir de la ley de la potencia.

$$(11) \tau = m(\dot{\gamma})^n$$

$$m = 118.1 \quad \& \quad n = 0.327$$

La desviación de n del valor de 1, representa el distanciamiento del comportamiento newtoniano de los fluidos, para el valor de $n = 0.327$ se puede decir que el comportamiento pseudoplástico es bastante marcado.

Como se comentó anteriormente que un fluido se comporte de manera pseudoplástico significa que el valor de la viscosidad dependerá de la velocidad de deformación, esta está relacionada con los parámetros de transporte de caudal y diámetro hidráulico por medio de la siguiente ecuación (12):

$$(12) \dot{\gamma} = \frac{32Q}{\pi D^3}$$

Para situaciones que involucren diseño de equipos se deben especificar claramente las condiciones de flujo y diámetros de equipos, una vez definidos estos parámetros se puede obtener la velocidad de deformación y por medio del reograma (curva reológica) obtener la viscosidad del licor.

Como es de esperarse la viscosidad es una de las variables más relevantes cuando se habla de diseño y en general se trata de obtener los valores mínimos de viscosidad que permitan tener bajos gastos energéticos en potencia de motores para almacenamiento, transporte o embarque.

Como se muestra en la figura 11 se tiene un rango bastante amplio de viscosidad que abarca valores desde 500 cP a 12000 cP.

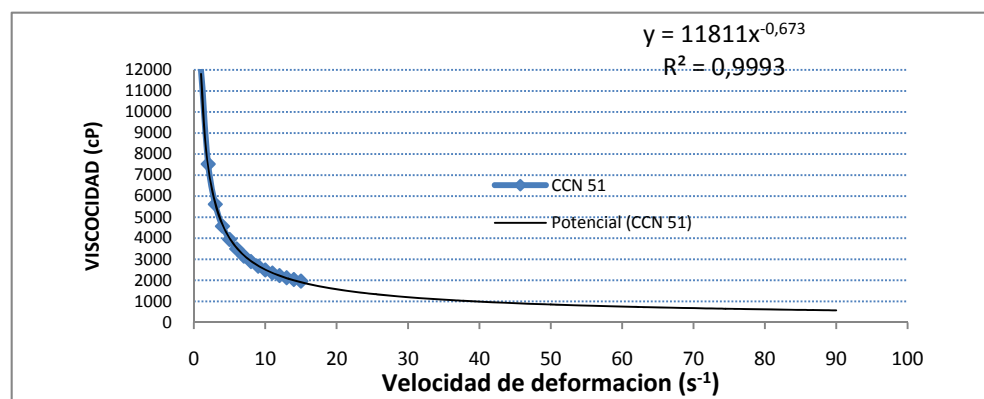


Figura 11. Representación de licor de cacao CCN51 a partir de la ley de la potencia μ vs $\dot{\gamma}$

El fluido de mejor comportamiento reológico fue el CCN 51, debido a que presentó menores esfuerzos de cedencia (yield stress) y un comportamiento pseudoplástico menos marcado dando menores viscosidades a las mismas tasas de deformación. Es de notar que este comportamiento es típico de pastas (slurries) y generalmente vienen acompañados de una componente tipo Bingham; para esta investigación es importante conseguir un sistema de molienda eficiente que permita obtener granulometrías con la mejor distribución de tamaño de partícula que trae consigo una disminución del esfuerzo de cedencia. Para esto se puede recomendar realizar combinaciones bimodales o multimodales de tamaño (esto se puede conseguir realizando moliendas a diferentes tiempos que dan como resultado diferentes tipos de granulometrías), según se reporta en la

bibliografía esto permite obtener pastas de menor viscosidad, mayor estabilidad y menores esfuerzos de cedencia [18] [19] [20].

Esto sería representativo para una muestra como la TSH 812, que según su naturaleza tiende a tener altas viscosidades y altos valores de esfuerzos de cedencia como se observa más adelante en la figuras 15, 16, 17 y utilizar mezclas bimodales o multimodales permitiría obtener mejoras en su comportamiento reológico.

Otra forma de corroborar el comportamiento pseudoplástico tixotrópico es realizar una curva de esfuerzo de corte vs velocidad de deformación, como se muestran a continuación, estas se caracterizan por un aumento del esfuerzo de corte con la velocidad de deformación, sin embargo es un crecimiento definido por la ley de la potencia.

El efecto que tiene la temperatura en la viscosidad y el esfuerzo de corte es muy significativo ya que estos disminuyen al aumentar la temperatura.

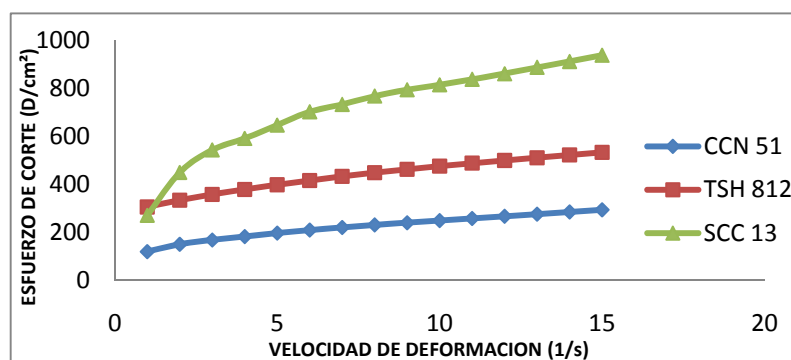


Figura 12. Comportamiento Reológico de Licor de Cacao a 60°C.

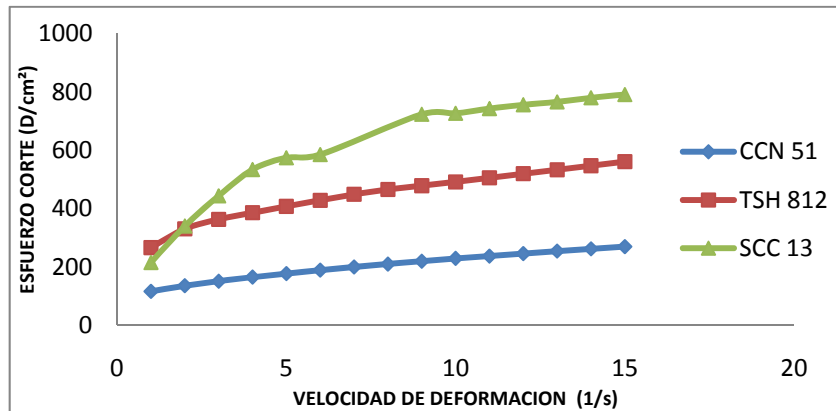


Figura 13. Comportamiento Reológico de Licor de Cacao a 70°C.

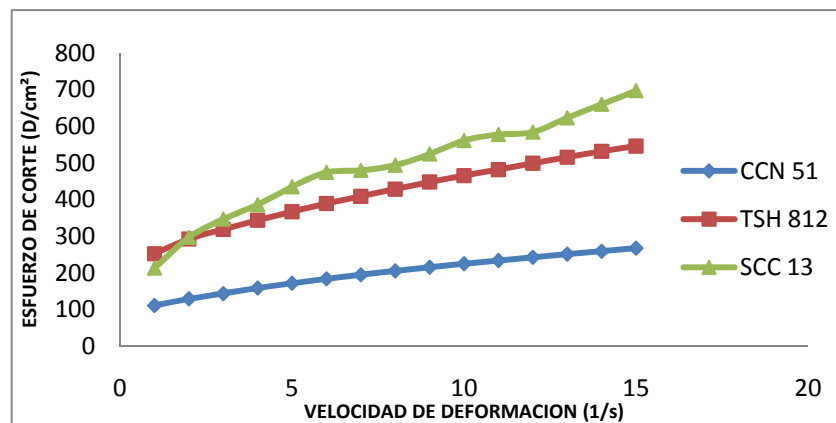


Figura 14. Comportamiento Reológico de Licor de Cacao a 80°C.

En las gráficas 15, 16, 17, 18, 19, 20, se muestran los resultados obtenidos utilizando el molino de tornillo, basados en las tablas de datos del anexo D (Ver anexo D).

El comportamiento reológico observado es similar a los obtenidos para el molido tipo bolas, sin embargo se pudo notar una serie de distorsiones en las curvas de tendencia esto puede ser debido a:

- 1.) Los diámetros de partícula obtenidos en un molino tipo tornillo son más altos que los obtenidos en el molino tipo bolas, esto trae como

consecuencia la obtención de una fase menos fluida lo que es representado en los comportamientos reológicas

- 2.) Debido a que el GAP (distancia entre la pared del sensor y la pared del recipiente) es pequeña en comparación con el tamaño de partícula, esto puede traer alteraciones en la medición de la viscosidad por choques o atascamientos entre varias partícula de gran tamaño.
- 3.) La producción de licor de cacao depende del diámetro de partícula, se hace necesario tener diámetros por debajo de las 100 μm y se recomienda tener medias cercanas a los 25 μm según reporta la bibliografía [20], estos valores permiten tener propiedades óptimas de fluidez.

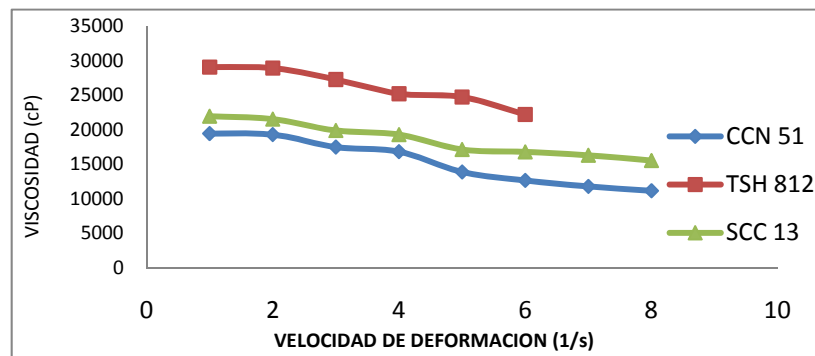


Figura 15. Viscosidad vs Velocidad de deformación del Licor de Cacao a 60°C.

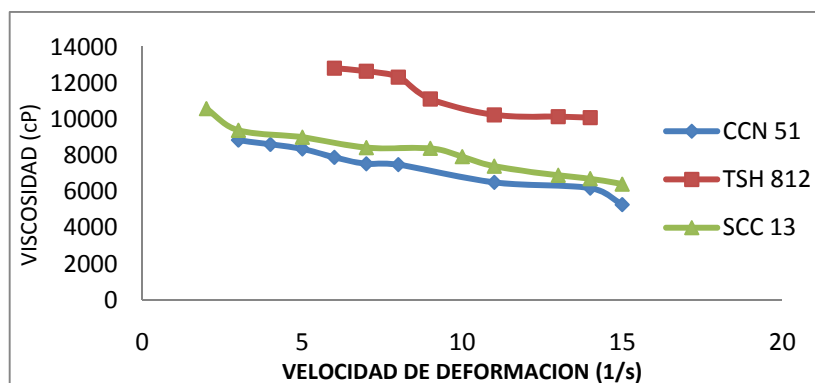


Figura 16. Viscosidad vs Velocidad de deformación del Licor de Cacao a 70°C.

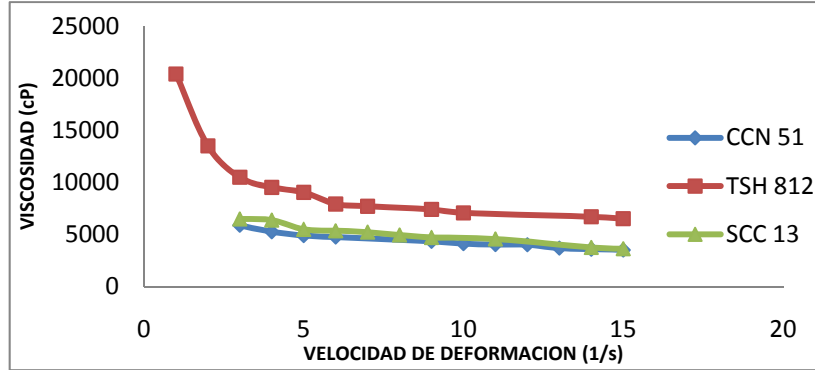


Figura 17. Viscosidad vs Velocidad de deformación del Licor de Cacao a 80°C

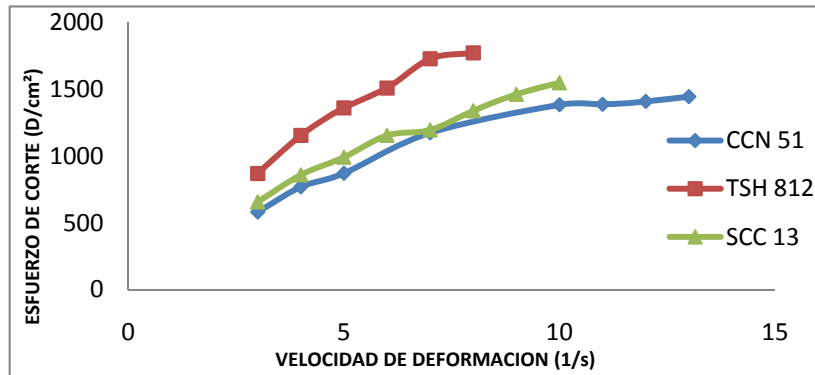


Figura 18. Comportamiento Reológico de Licor de Cacao a 60°C.

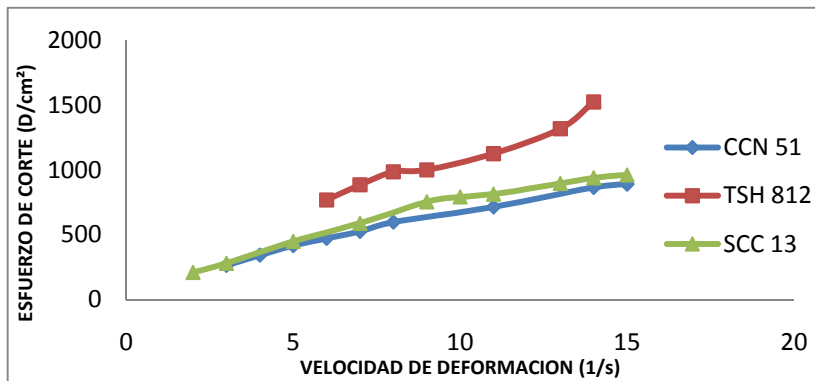


Figura 19. Comportamiento Reológico de Licor de Cacao a 70°C.

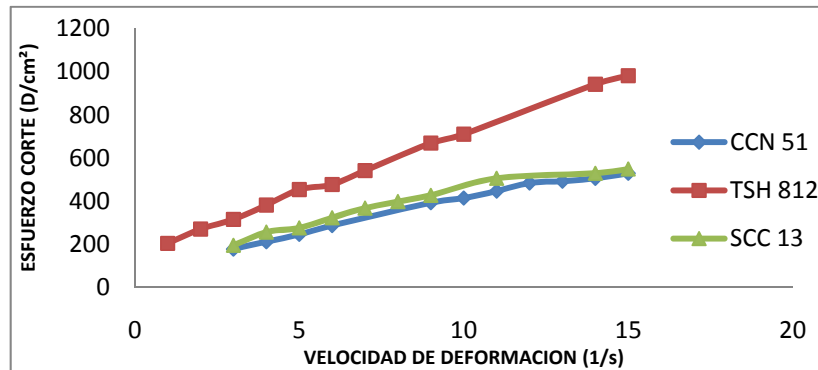


Figura 20. Comportamiento Reológico de Licor de Cacao a 80°C.

3.5 MODELO DE DATOS DE LAS VARIABLES VISCOSIDAD Y TEMPERATURA

En el modelo de datos se muestra la relación entre las variables viscosidad y temperatura a una misma tasa de deformación, se trabajó con un rango de temperatura entre 60°C y 80°C con el cual se trabaja en la industria (Ver tabla 8). Esta correlación se hizo utilizando el software OriginPro 7.0, el cual hace correlaciones que se basan en el análisis de un gran número de datos experimentales de diferentes fluidos. Se compararon 3 modelos y se escogió el que tuviera mayor ajuste.

Este modelo de datos también se hizo para los clones TSH 812 y SCC 13 que se muestran en los anexos (F, G).

El efecto de la temperatura en la viscosidad sigue la misma tendencia que se obtiene para la mayoría de los fluidos es decir una disminución de la viscosidad con la temperatura, generalmente para fluidos de alta viscosidad como pastas, esta variación es de tipo exponencial por tal razón, la correlación Boltzmann fue aquella que mostró una mejor aproximación a los resultados (Ver tabla 9).

Tabla 8. Viscosidad del Licor de Cacao (Clon CCN 51) a diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Viscosidad (cP)	Velocidad de deformación (1/s)
60	2668,09	9.00
65	2560,02	9.00
70	2441,96	9.00
75	2422,78	9.00
80	2393,6	9.00

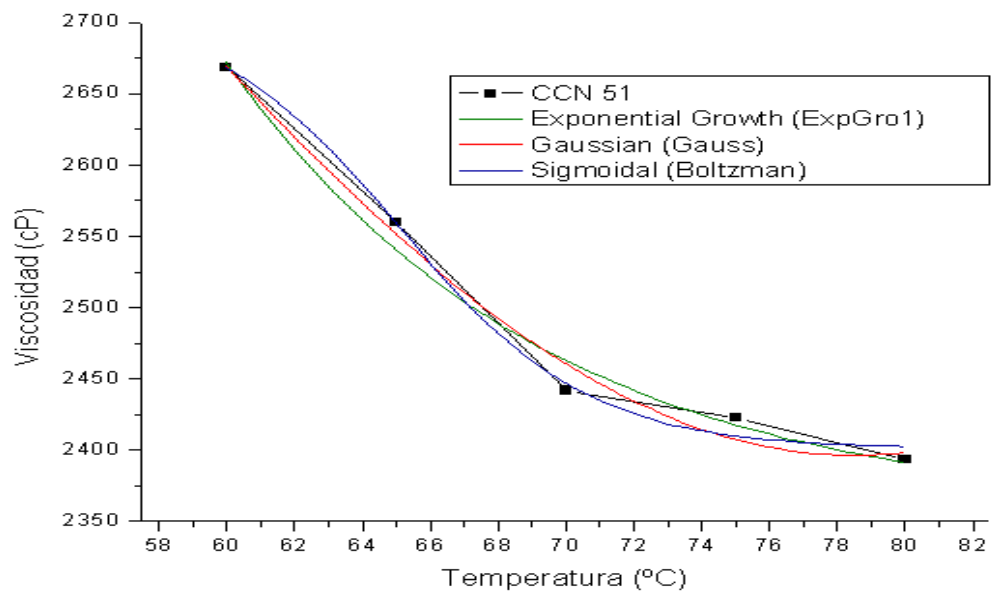


Figura 21. Modelo de datos de Viscosidad vs Temperatura (Clon CCN 51).

Data: Data1_B Model: ExpGro1 Equation: $y = A1 \cdot \exp(x/t1) + y0$ Weighting: y No weighting Chi ² /DoF = 441.20703 R ² = 0.98318 y0 2354.3564 ±46.79123 A1 202903.1805 ±439862.60157 t1 -9.29013 ±3.27514	Data: Data1_B Model: Gauss Equation: $y = y0 + (A/(w \cdot \sqrt{\pi/2})) \cdot \exp(-2 \cdot ((x-xc)/w)^2)$ Weighting: y No weighting Chi ² /DoF = 680.00503 R ² = 0.98704 y0 3519.14942 ±4623.19165 xc 78.47489 ±4.41924 w 49.48886 ±126.00434 A -69641.68498 ±463587.22106	Data: Data1_B Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1 - A2) / (1 + \exp((x-x0)/dx))$ Weighting: y No weighting Chi ² /DoF = 273.96531 R ² = 0.99478 A1 2712.46514 ±59.5308 A2 2401.08628 ±15.98795 x0 65.06594 ±1.3842 dx 2.80805 ±1.1397
--	---	--

Tabla 9. Tabla de ecuaciones y parámetros del modelo del (Clon CCN 51).

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos para el análisis bromatológico muestran que los contenidos de grasa, fibra, proteína y ceniza del licor de cacao de los clones CCN 51, TSH 812 y SCC 13 están dentro del rango considerado normal según los parámetros de calidad del INCONTEC y FEDECACAO, mientras que para el contenido de humedad se encontraron valores altos.
2. Las distribuciones de tamaño de partícula obtenidas con el molino de bolas dieron mejor comportamiento reológico que los obtenidos para el molino tipo tornillo, esto se debe a que los tamaños de partícula obtenidos con el primero fueron cercanos a las 100 μm y los obtenidos con el molino tornillo fueron cercanos a 400 μm , es evidente que las características de flujo están altamente ligadas al tamaño de partícula.
3. Las curvas reológicas mostraron en todos los casos un comportamiento típico de un fluido pseudoplástico el cual presenta una disminución de la viscosidad con la velocidad de deformación, debido a que esta depende de las condiciones de flujo como caudal y diámetro hidráulico.
4. El efecto de la temperatura en la viscosidad sigue la misma tendencia que se obtiene para la mayoría de los fluidos, es decir, una disminución de la viscosidad con la temperatura. Generalmente para fluidos de alta viscosidad como pastas esta variación es de tipo exponencial, por tal razón, el modelo de Boltzmann fue aquel que mostro una mejor aproximación a los resultados experimentales independiente del tipo de cacao.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda un sistema de molienda eficiente el cual se podría realizar con combinaciones bimodales o multimodales de tamaño esto se puede conseguir realizando moliendas a diferentes tiempos lo que nos daría como resultado diferentes tipos de granulometrías, esto permite obtener pastas de menor viscosidad, mayor estabilidad y menores esfuerzos de cedencia.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PINZÓN USECHE, J y ROJAS ARDILA, J. Guía técnica para el cultivo del Cacao: Origen y reseña histórica del Cacao. Cuarta edición. Bogotá: SAS Industrias Graficas, 2009. p. 17,18.
- [2] GARCIA, C. 1985. Cacao (*Theobroma Cacao* L). Universidad Nacional de Colombia, Colombia. p. 432.
- [3] ARANZAZU HERNANDEZ, F. MARTINEZ GUERRERO, N. PALENCIA CALDERON, G. CORONADO, R y RINCON GUARÍN, D. Mejoramiento Genético para incrementar la producción y productividad del sistema de Cacao en Colombia, Primera edición, Bogotá: SAS Industrias Graficas, 2009. p. 24, 30.
- [4] AREVALO, G.E; ZUÑIGA, L.L; AREVALO, A.L. y ADRIAZOLA, J. Manejo Integrado del Cultivo y Transferencia de Tecnología en la Amazonia Peruana. Instituto de Cultivos Tropicales, CICAD OAS/OEA, U.S E, basy Lima, Perú. p. 70, 76, 2004.
- [5] FOWLER M.S. 1996. Cacaos finos o aromáticos: Situación actual y perspectivas. En: El Cacaotero Colombiano. Vol. 15. No 41. Compañía Nacional de Chocolates. Medellín, Colombia. p. 27, 36.
- [6] MEJIA, L. 2009. Clones de Cacao cultivados en Colombia. Bucaramanga FUPAD – ADAM.
- [7] RIGEL, J. Procedimiento del Cacao para la fabricación de chocolate y sus subproductos. Centro Nacional de Investigación Agrícola. Maracay, Estado de Aragua, 2005.
- [8] International Officer of Cocoa, Chocolate and Sugar Confectionery (CAOBISCO, Brussels, Belgium). Analytical Methods; 1972; p. 9.
- [9] LUNA, F; CROUZILLAT, D; CIRUO, L y BUCHELI, P. Chemical Composition and Flavor of Ecuadorian Cocoa Liquor. EN: Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 50 (2002); p. 3527-3532.

- [10] RAMIREZ PINEDA, O y VILLAMIZAR JAIMES, A. Caracterización Fisicoquímica de Clones Regionales de Cacao de las zonas Cacaoteras de Colombia. Bucaramanga, 2008, 101 p. Tesis (Química). Universidad Industrial de Santander. Facultado de Ciencias. Escuela de Química.
- [11] COTE FLÓREZ, M y JIMÉNEZ BETANCOURT, J. Caracterización de Clones de Cacao Promisorios con énfasis en el contenido de micronutrientes. Bucaramanga, 2005, 84 p. Tesis (Química). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. Escuela de Química.
- [12] OICC (1973) Viscosity of Chocolate – Determination of Plastic Viscosity Analytical Method. 7 – 10 pag.
- [13] DE HOMBRE, R. VALDÉS, C. Propiedades Reológicas de Pastas de Chocolate Fundido, Informe Interno IILA, 1994.
- [14] FERREIRA, M. Avaliação do Comportamento Termoanalítico e Oxidativo do Biodiesel de mamona 2006.
- [15] PINZON, U.; ROJAS, A. El beneficio y características físico-químicas del Cacao. Bucaramanga. En: Federación Nacional de Cacaoteros Fondo Nacional del Cacao., 2004. P. 21-23; 24-30.
- [16] Bird, R.B. S. Fenómenos de transporte, Primera edición. Editorial REVERTES. A. 1986
- [17] KC. W, G. R. A. Slurry Transporte using Centrifugal bombs. Tercera edición. Editorial Springed 2007.
- [18] B. E. A, Jacobs. Design of Slurry Transport Systems. Primara edición. Editorial Elsevier 2005.
- [19] BARBAGALLO, G. Aspectos Tecnicos del Chocolate 2007. Internet: <http://www.ms.gba.gov.ar/CalidadAlimentaria/Barbagallo.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A. Tipos de cacao: Criollos de Venezuela y Colombia, forasteros del alto y bajo Amazonas y Trinitarios.



TIPOS DE CACAO

Desde el punto de vista botánico, la planta del cacao (*Theobroma cacao* L.), se clasifica en tres grandes grupos de cultivares: Criollo, Forastero y Trinitario.

CACAO CRIOLLO

El Criollo evolucionó en el norte de Sudamérica y Centro América. Se caracteriza por presentar fruto alargado, con punta pronunciada, doblada y aguda; la superficie es generalmente rugosa, delgada, de color verde frecuentemente con salpicaduras de rojo a púrpura oscuro y la superficie está dividida en 5 surcos profundos y 5 suaves, también se encuentran algunos con superficie lisa y con lomos y surcos superficiales como los materiales denominados "porcelana". Adicionalmente, las ramas terminales presentan colores verde y claro, con algún grado de pubescencia y el dosel de los árboles es ligeramente más oscuro que los híbridos o clones clásicos, con hojas de textura coriácea (gruesa).

Las almendras son grandes, rollizas, de sección transversal redondeada, con los cotiledones frescos de color blanco o ligeramente pigmentado. Los criollos son materiales de bajo rendimiento y muy susceptibles a enfermedades [6] [7]. Son materiales finos, con mayor suavidad y aroma en comparación con los forasteros. De él se obtiene el chocolate de más alta calidad.

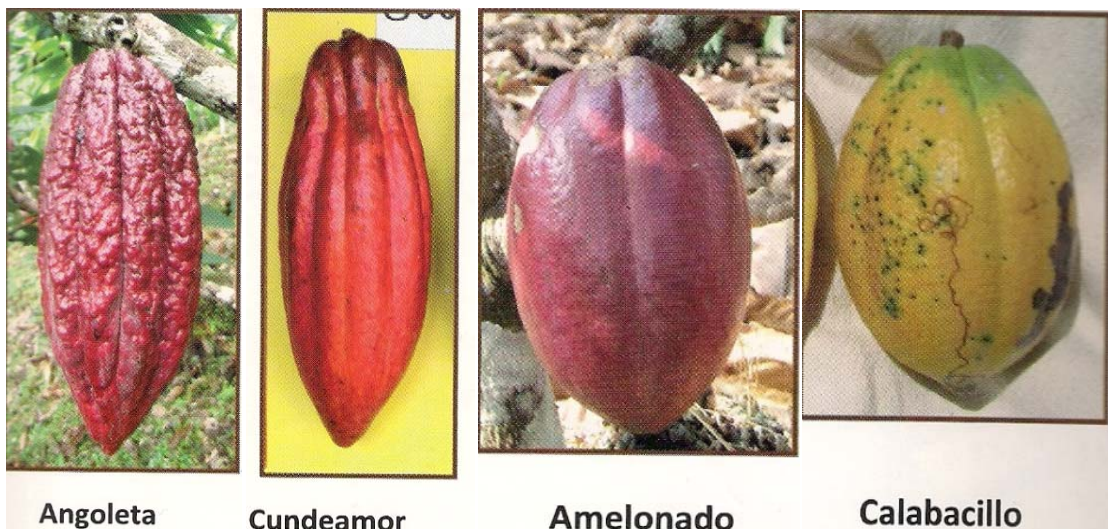
CACAO FORASTERO

El Forastero, corresponde a materiales provenientes de la Cuenca Amazónica, con dos subgrupos bien definidos. Por un lado el subgrupo de los materiales provenientes de la parte alta de la cuenca amazónica, ríos Caquetá, Napo y Putumayo, con frutos de diversas formas y con diferentes tamaños de almendras de color violeta oscuro y por otro los materiales de la región del bajo Amazonas cuyos frutos son de forma amelonada, corta, de color verde y amarillo cuando alcanzan su madurez, con una superficie lisa, de corteza gruesa y difícil de cortar.

Los granos son pequeños y más o menos aplanados, con un color que varía entre púrpura claro y oscuro [8].

CACAO TRINITARIO

El cacao tipo Trinitario es altamente variable dado su origen híbrido por cruces naturales o dirigidos, son poblaciones segregantes que se originaron por hibridación natural entre Forastero (amelonado) del bajo Amazonas y Criollos. En el comercio es conocido como "cacao fino y de aroma" y su sabor puede deberse en parte a su herencia criolla; a este grupo pertenecen todos los materiales ICS que se conocen en el mundo (ICS 1, 6, 39, etc.) (Ver anexo B). Esta hibridación natural generó diferentes formas en los frutos conocidas actualmente como Amelonado, Cundeamor, Anjoleta y Calabacillo [7].



ANEXO B. TECNOLOGIA RELACIONADA CON CLONES DE CACAO

Los cultivos están establecidos en un 95% con materiales genéticos híbridos obtenidos por cruzamientos entre clones trinitarios por amazónicos y en buena proporción, hijos de híbridos. Un bajo porcentaje están sembrados con materiales genéticos de clones extranjeros entre los cuales sobresalen el ICS 1, ICS 95, ICS 39, ICS 40, ICS 60, CAP 34, TSH565, IMC67, EET 8, EET 812, SCC 61 y CCN 51.

Los agricultores disponen de tecnología generada por CORPOICA relacionada con factores de producción, podas, nutrición, sistemas de siembra, manejo fitosanitario y post cosecha en poblaciones híbridas. Actualmente, a través de los procesos de investigación se desarrollan nuevos conocimientos para el manejo de poblaciones clónales con el propósito de determinar la estabilidad y adaptación de clones seleccionados en los bancos de germoplasma, a las diferentes zonas agroecológicas, selección de materiales genéticos de alto potencial productivo en fincas de productores (elites), manejo de la nutrición y problemas fitosanitarios, desarrollo de sistemas productivos en siembras de clones intercalados con frutales y maderables de alto valor productivo, utilizados como sombríos permanentes [9].

MATERIALES GENETICOS

Dentro de las tecnologías de mayor relevancia que han servido para incrementar los rendimientos en las fincas de los productores que han aplicado las recomendaciones en las nuevas siembras de cacao; la siembra de material genético ha tenido una gran participación en la modernización de la cacaocultura [9].

COLECCIÓN CASTRO NARANJALES (CCN-51)

CCN = Colección Castro Naranjal.

Origen: Ecuador.

CARACTERÍSTICAS

Es un clon auto compatible, de abundante floración y de tipo genético híbrido. Las mazorcas son largas, rugosas y de cáscara delgada, de color rojo intenso en su estado inmaduro. Pertenece al tipo de los forasteros, subtipo cundeamor.

REACCIÓN A ENFERMEDADES

Monilia: susceptible

Escoba de bruja: moderadamente tolerante

Phytophthora: susceptible

Ceratosystis: susceptible

OBSERVACIONES

Es de porte mediano y formación erecta y vigorosa, con muchas ramillas en sus ramas secundarias. Es precoz y su floración es abundante constituyéndose en buen productor. Índice de semilla 1.4 g., índice de mazorca 20 y 40 almendras por fruto. Se recomienda para alturas superiores a 400 m.s.n.m [9].

TRINITARIO SELECCIÓN HÍBRIDA (TSH-812)

TSH = Trinitario selección híbrida.

Origen: Trinidad y seleccionado por W. Freeman en 1957.

CARACTERÍSTICAS

Es un clon auto incompatible, de abundante floración y de tipo genético híbrido. Las mazorcas son grandes, ligeramente rugosas y de cáscara delgada, de color rojo en su estado inmaduro; pertenece al tipo de los forasteros, subtipo angoleta.

REACCIÓN A ENFERMEDADES

Monilia: susceptible

Escoba de bruja: moderadamente tolerante

Phytophthora: susceptible

Ceratosystis: susceptible

OBSERVACIONES

Es de porte mediano y formación erecta y vigorosa, con muchas ramillas en sus ramas secundarias. Es precoz y su floración es abundante constituyéndose en buen productor. Índice de semilla 1.4 g., índice de mazorca 20 y 40 almendras por fruto. Se recomienda para alturas superiores a 400 m.s.n.m [9].

SELECCIÓN COLOMBIA CORPOICA (SCC-13)

SCC = Selección Colombia Corpoica

Origen: San Vicente de Chucurí

CARACTERÍSTICAS

Es un clon auto compatible, de floración continua y abundante, de tipo genético híbrido. Las mazorcas son grandes, largas, rugosas y de cáscara delgada, de color rojo con pigmentaciones de color verde en su estado inmaduro. El color interno de la almendra es claro.

REACCIÓN A ENFERMEDADES

Monilia: moderadamente tolerante

Escoba de bruja: susceptible

Phytophthora: baja tolerancia

Ceratosystis: susceptible

OBSERVACIONES

Es de crecimiento alto, erecto, vigoroso y de formación cerrada, con una buena cantidad de ramillas en sus ramas secundarias. Es precoz, de buena producción, con índice de semilla 1.8g, índice de mazorca 30 y 48 almendras por fruto. Es de fácil propagación por injerto, con prendimiento del 90%. Se recomienda para alturas entre 100 y 1200 m.s.n.m.

ANEXO C. PROCESO DEL CACAO

Descripción del proceso del chocolate hasta obtener el licor del cacao.

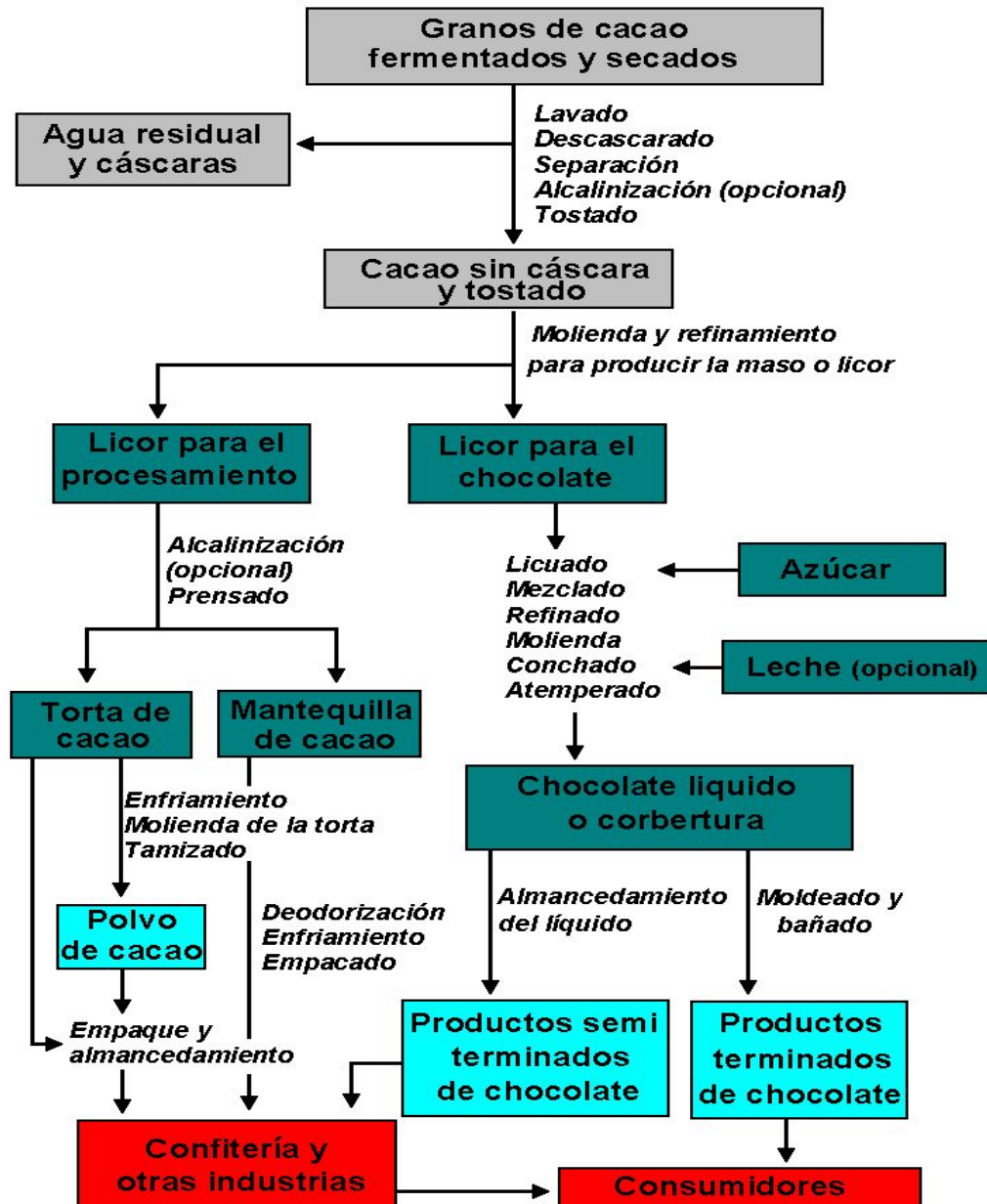


Diagrama del proceso de refinación del Cacao

LIMPIEZA Y CLASIFICACION

En este proceso se logra eliminar todo residuo o granos imperfectos que afecten el proceso siguiente. Residuos como piedras, arena, vidrios, metales entre otros.

El equipo de limpieza consiste en una serie de mallas clasificadoras de tamaño, donde la primera elimina todo residuo de gran tamaño, luego es pasado a una segunda malla que eliminara los granos más pequeños, en cada paso de malla es necesario aspirar los residuos [10].

TOSTADO

Ya obtenido los granos con tamaños uniformes, se pasan al equipo de torrefacción donde se promueven un conjunto de reacciones químicas, las cuales intervienen los compuestos precursores formados durante la fermentación y el secado, que luego le dan origen al sabor y aroma inicial del chocolate, se eliminan los ácidos volátiles y se reduce la humedad del grano (7-1 %).

Según la procedencia y el tipo de producto que se quiera elaborar, se elegirá el método de torrefacción adecuado.

Este proceso se lleva a cabo en tres pasos: precalentamiento ($T < 100^{\circ}\text{C}$), tostado ($125\text{-}130^{\circ}\text{C}$) y enfriamiento, donde se desprenden las cubiertas del cacao, se tuesta y por último se enfría con el fin de que no se pierda el aroma [10].

DESCASCARILLADO

Este proceso consiste en la separación de la cascara del cacao que será luego expulsada por aire para luego proceder a la molienda del grano.

Esto se hará por medio de tamices rotatorios que eliminara tanto las cascara, como otras impurezas previstas [10].

MOLIENDA

Las almendras de cacao se muelen para producir el licor de cacao, objeto de la temperatura de fricción (60-80°C) que resulta del paso del grano por una serie de rodillos; que estarán suspendidas en su propia grasa (manteca de cacao).

Las variables a tener en cuenta: tamaño de partícula, tipo de grano, método de molido [10].

ANEXO D. Tablas de datos obtenidos en la prueba de reología para los clones CCN 51, TSH 812 Y SCC 13 a partir de la molienda con el tornillo sin fin.

CCN 51 A 60 °C (MOLIDO TORNILLO)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	TENSION CIZALLA	TASA CIZALLA	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
19413,33	10,71	32,5	582,4	3	60	00: 30. 2
19264	14,29	43	770,55	4	60	00: 30. 2
17454,08	17,86	48,7	872,7	5	60	00: 30. 2
16793,6	25	65,6	1175,55	7	60	00: 30. 2
13852,16	35,71	77,3	1385,22	10	60	00: 30. 2
12625,45	39,29	77,5	1388,8	11	60	00: 30. 2
11752,53	42,86	78,7	1410,3	12	60	00: 30. 2
11124,18	46,43	80,7	1446,14	13	60	00: 30. 2

TSH 812 A 60 °C (MOLIDO TORNILLO)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	TENSION CIZALLA	TASA CIZALLA	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
29030,4	10,71	48,6	870,91	3	60	00: 30. 2
28896	14,29	64,5	1155,84	4	60	00: 30. 2
27238,4	17,86	76	1361,92	5	60	00: 30. 2
25177,6	21,43	84,3	1510,66	6	60	00: 30. 2
24704	25	96,5	1729,28	7	60	00: 30. 2
22176	28,57	99	1774,08	8	60	00: 30. 2

SCC 13 A 60 °C (MOLIDO TORNILLO)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
21922,13	10,71	36,7	657,66	3	60	00: 30. 2
21504	14,29	48	860,16	4	60	00: 30. 2
19855,36	17,86	55,4	992,77	5	60	00: 30. 2
19264	21,43	64,5	1155,84	6	60	00: 30. 2
17100,8	25	66,8	1197,06	7	60	00: 30. 2
16755,2	28,57	74,8	1340,42	8	60	00: 30. 2
16267,38	32,14	81,7	1464,06	9	60	00: 30. 2
15500,8	35,71	86,5	1550,08	10	60	00: 30. 2

CCN 51 A 70 °C (MOLIDO TORNILLO)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
8840,53	10,71	14,8	265,22	3	70	00: 30. 2
8601,6	14,29	19,2	344,06	4	70	00: 30. 2
8350,72	17,86	23,3	417,54	5	70	00: 30. 2
7884,8	21,43	26,4	473,09	6	70	00: 30. 2
7526,4	25	29,4	526,85	7	70	00: 30. 2
7481,6	28,57	33,4	598,53	8	70	00: 30. 2
6500,07	39,29	39,9	715,01	11	70	00: 30. 2
6182,4	50	48,3	865,54	14	70	00: 30. 2
5268,48	53,57	44,1	890,27	15	70	00: 30. 2

TSH 812 A 70 °C (MOLIDO TORNILLO)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
12812,8	21,43	42,9	768,77	6	70	00: 30. 2
12646,4	25	49,4	885,25	7	70	00: 30. 2
12320	28,57	55	985,6	8	70	00: 30. 2
11110,4	32,14	55,8	999,94	9	70	00: 30. 2
10230,69	39,29	62,8	1125,38	11	70	00: 30. 2
10131,69	46,43	73,5	1317,12	13	70	00: 30. 2
10080	50	85	1523,2	14	70	00: 30. 2

SCC 13 A 70 °C (MOLIDO TORNILLO)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
10572,8	7,14	11,8	211,46	2	70	00: 30. 2
9378,13	10,71	15,7	281,34	3	70	00: 30. 2
8995,84	17,86	25,1	449,79	5	70	00: 30. 2
8422,4	25	32,9	589,57	7	70	00: 30. 2
8382,58	32,14	42,1	754,43	9	70	00: 30. 2
7920,64	35,71	44,2	792,06	10	70	00: 30. 2
7396,07	39,29	45,4	813,57	11	70	00: 30. 2
6892,31	46,43	50	896	13	70	00: 30. 2
6707,2	50	52,4	939,01	14	70	00: 30. 2
6403,41	53,57	53,6	960,51	15	70	00: 30. 2

CCN 51 A 80 °C (MOLIDO TORNILLO)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
5913,6	10,71	9,9	177,41	3	80	00: 30. 2
5286,4	14,29	11,8	211,46	4	80	00: 30. 2
4910,08	17,86	13,7	245,5	5	80	00: 30. 2
4778,67	21,43	16	286,72	6	80	00: 30. 2
4360,53	32,14	21,9	392,45	9	80	00: 30. 2
4139,52	35,71	23,1	413,95	10	80	00: 30. 2
4056,44	39,29	24,9	446,21	11	80	00: 30. 2
4032	42,86	27	483,84	12	80	00: 30. 2
3708,06	46,43	27,9	492,05	13	80	00: 30. 2
3609,6	50	28,2	505,34	14	80	00: 30. 2
3524,27	53,57	29,5	528,64	15	80	00: 30. 2

TSH 812 A 80 °C (MOLIDO TORNILLO)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
20428,8	3,57	11,4	204,29	1	80	00: 30. 2
13529,6	7,14	15,1	270,59	2	80	00: 30. 2
10513,07	10,71	17,6	315,39	3	80	00: 30. 2
9542,4	14,29	21,3	381,7	4	80	00: 30. 2
9067,52	17,86	25,3	453,38	5	80	00: 30. 2
7944,53	21,43	26,6	476,67	6	80	00: 30. 2
7731,2	25	30,2	541,18	7	80	00: 30. 2
7426,84	32,14	37,3	668,42	9	80	00: 30. 2
7096,32	35,71	39,6	709,63	10	80	00: 30. 2
6720	50	52,5	940,8	14	80	00: 30. 2
6534,83	53,57	54,7	980,22	15	80	00: 30. 2

SCC 13 A 80 °C (MOLIDO TORNILLO)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
6510,93	10,71	10,9	195,33	3	80	00: 30. 2
6406,4	14,29	14,3	256,26	4	80	00: 30. 2
5519,36	17,86	15,4	275,97	5	80	00: 30. 2
5376	21,43	18	322,56	6	80	00: 30. 2
5248	25	20,5	367,35	7	80	00: 30. 2
4972,8	28,57	22,2	397,82	8	80	00: 30. 2
4738,84	32,14	23,8	426,5	9	80	00: 30. 2
4594,04	39,29	28,2	505,34	11	80	00: 30. 2
3775	50	29,5	528,64	14	80	00: 30. 2
3655,68	53,57	30,6	548,35	15	80	00: 30. 2

ANEXO E. Tablas de datos obtenidos en la prueba de reología para los clones CCN 51, TSH 812 Y SCC 13, a partir de la molienda con el molino de bolas.

CCN 51 A 60 °C (MOLIDO BOLAS)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
12006,4	3,57	6,7	120,06	1	60	00: 30. 2
7526,4	7,14	8,4	150,53	2	60	00: 30. 2
5614,93	10,71	9,4	168,45	3	60	00: 30. 2
4569,6	14,29	10,2	182,78	4	60	00: 30. 2
3942,4	17,86	11	197,12	5	60	00: 30. 2
3494,4	21,43	11,7	209,66	6	60	00: 30. 2
3148,8	25	12,3	220,42	7	60	00: 30. 2
2889,6	28,57	12,9	231,17	8	60	00: 30. 2
2668,09	32,14	13,4	240,13	9	60	00: 30. 2
2490,88	35,71	13,9	249,09	10	60	00: 30. 2
2345,89	39,29	14,4	258,05	11	60	00: 30. 2
2225,07	42,86	14,9	267,01	12	60	00: 30. 2
2122,83	46,43	15,4	275,97	13	60	00: 30. 2
2035,2	50	15,5	284,93	14	60	00: 30. 2
1959,25	53,57	16,4	293,89	15	60	00: 30. 2

TSH 812 A 60 °C (MOLIDO BOLAS)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
30572,8	2,94	28,1	305,73	1	60	00: 30. 2
16700,8	5,88	30,7	334,02	2	60	00: 30. 2
11931,73	8,82	32,9	357,95	3	60	00: 30. 2
9465,6	11,76	34,8	378,62	4	60	00: 30. 2
7964,16	14,71	36,6	398,21	5	60	00: 30. 2
6926,93	17,65	38,2	415,62	6	60	00: 30. 2
6186,06	20,59	39,8	433,02	7	60	00: 30. 2
5603,2	23,53	41,2	448,26	8	60	00: 30. 2
5319,11	26,47	42,5	462,4	9	60	00: 30. 2
4754,56	29,41	43,7	475,46	10	60	00: 30. 2
4441,02	32,35	44,9	488,51	11	60	00: 30. 2
4161,6	35,29	45,9	499,39	12	60	00: 30. 2
3925,17	38,24	46,9	510,27	13	60	00: 30. 2
3730,29	41,18	48	522,24	14	60	00: 30. 2
3554,13	44,12	49	533,12	15	60	00: 30. 2

SCC 13 A 60 °C (MOLIDO BOLAS)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
27091,2	2,94	24,9	270,91	1	60	00: 30. 2
22467,2	5,88	41,3	449,34	2	60	00: 30. 2
18097,07	8,82	49,9	542,91	3	60	00: 30. 2
14769,6	11,76	54,3	590,78	4	60	00: 30. 2
12925,45	14,71	59,4	646,27	5	60	00: 30. 2
11696	17,65	64,5	701,76	6	60	00: 30. 2
10460,34	20,59	67,3	732,22	7	60	00: 30. 2
9588	23,53	70,5	767,04	8	60	00: 30. 2
8812,8	26,47	72,9	793,15	9	60	00: 30. 2
8138,24	29,41	74,8	813,82	10	60	00: 30. 2
7606,11	32,35	76,9	836,67	11	60	00: 30. 2
7162,67	35,29	79	859,52	12	60	00: 30. 2
6820,92	38,24	81,5	886,72	13	60	00: 30. 2
6504,69	41,18	83,7	910,66	14	60	00: 30. 2
6245,12	44,12	86,1	936,77	15	60	00: 30. 2

CCN 51 A 70 °C (MOLIDO BOLAS)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
11641,6	2,94	10,7	116,42	1	70	00: 30. 2
6800	5,88	12,5	136	2	70	00: 30. 2
5041,07	8,82	13,9	151,23	3	70	00: 30. 2
4134,4	11,76	15,2	165,38	4	70	00: 30. 2
3546,88	14,71	16,3	177,34	5	70	00: 30. 2
3155,2	17,65	17,4	189,31	6	70	00: 30. 2
2859,89	20,59	18,4	200,19	7	70	00: 30. 2
2624,8	23,53	19,3	209,98	8	70	00: 30. 2
2441,96	26,47	20,2	219,78	9	70	00: 30. 2
2295,68	29,41	21,1	229,57	10	70	00: 30. 2
2156,22	32,35	21,8	237,18	11	70	00: 30. 2
2049,07	35,29	22,6	245,89	12	70	00: 30. 2
1958,4	38,24	23,4	254,59	13	70	00: 30. 2
1872,91	44,18	24,1	262,21	14	70	00: 30. 2
1798,83	44,12	24,8	269,82	15	70	00: 30. 2

TSH 812 A 70 °C (MOLIDO BOLAS)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
26656	2,94	24,5	266,56	1	70	00: 30. 2
16537,6	5,88	30,4	330,75	2	70	00: 30. 2
12113,07	8,82	33,4	363,39	3	70	00: 30. 2
9656	11,76	35,5	386,24	4	70	00: 30. 2
8160	14,71	37,5	408	5	70	00: 30. 2
7144,53	17,65	39,4	428,67	6	70	00: 30. 2
6419,2	20,59	41,3	449,34	7	70	00: 30. 2
5820,8	23,53	42,8	465,66	8	70	00: 30. 2
5137,78	26,47	44	478,72	9	70	00: 30. 2
4917,76	29,41	45,2	491,78	10	70	00: 30. 2
4599,27	32,35	46,5	505,92	11	70	00: 30. 2
4333,87	35,29	47,8	520,06	12	70	00: 30. 2
4100,92	38,24	49	533,12	13	70	00: 30. 2
3909,03	41,18	50,3	547,26	14	70	00: 30. 2
3742,72	44,12	51,6	561,41	15	70	00: 30. 2

SCC 13 A 70 °C (MOLIDO BOLAS)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	%	ESFUERZO	VELOCIDAD	TEMPERATURA	TIEMPO
AD	AD	TORQUE	CORTE	DEFORMACION		INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
21542,4	2,94	19,8	215,42	1	70	00: 30. 2
17027,2	5,88	31,3	340,54	2	70	00: 30. 2
14796,8	8,82	40,8	443,9	3	70	00: 30. 2
13355,2	11,76	49,1	534,21	4	70	00: 30. 2
11489,28	14,71	52,8	574,46	5	70	00: 30. 2
9755,73	17,65	53,8	585,34	6	70	00: 30. 2
8039,11	26,47	66,5	723,52	9	70	00: 30. 2
7267,84	29,41	66,8	726,78	10	70	00: 30. 2
6755,49	32,35	68,3	743,1	11	70	00: 30. 2
6301,33	35,29	69,5	756,16	12	70	00: 30. 2
5891,94	38,24	70,4	765,95	13	70	00: 30. 2
5572,11	41,18	71,7	780,1	14	70	00: 30. 2
5273,17	44,12	72,7	790,98	15	70	00: 30. 2

CCN 51 A 80 °C (MOLIDO BOLAS)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
11097,6	2,94	10,2	110,98	1	80	00: 30. 2
6473,6	5,88	11,9	129,47	2	80	00: 30. 2
4787,2	8,82	13,2	143,62	3	80	00: 30. 2
3971,2	11,76	14,6	158,85	4	80	00: 30. 2
3438,08	14,71	15,8	171,9	5	80	00: 30. 2
3064,53	17,65	16,9	183,87	6	80	00: 30. 2
2782,17	20,59	17,9	194,75	7	80	00: 30. 2
2570,4	23,53	18,9	205,63	8	80	00: 30. 2
2393,6	26,47	19,8	215,42	9	80	00: 30. 2
2252,16	29,41	20,7	225,22	10	80	00: 30. 2
2126,55	32,35	21,5	233,92	11	80	00: 30. 2
2021,87	35,29	22,3	242,62	12	80	00: 30. 2
1933,29	38,24	23,1	251,33	13	80	00: 30. 2
1849,6	41,18	23,8	258,94	14	80	00: 30. 2
1784,32	44,12	24,6	267,65	15	80	00: 30. 2

TSH 812 A 80 °C (MOLIDO BOLAS)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
25241,6	2,94	23,2	252,42	1	70	00: 30. 2
14633,6	5,88	26,9	292,67	2	70	00: 30. 2
10626,13	8,82	29,3	318,78	3	70	00: 30. 2
8595,2	11,76	31,6	343,81	4	70	00: 30. 2
7354,88	14,71	33,8	367,14	5	70	00: 30. 2
6491,73	17,65	35,8	389,5	6	70	00: 30. 2
5844,11	20,59	37,6	409,09	7	70	00: 30. 2
5358,4	23,53	39,4	428,67	8	70	00: 30. 2
4980,62	26,47	41,2	448,26	9	70	00: 30. 2
4656,64	29,41	42,8	465,66	10	70	00: 30. 2
4381,67	32,35	44,3	481,98	11	70	00: 30. 2
4161,6	35,29	45,9	499,39	12	70	00: 30. 2
3967,02	38,24	47,4	515,71	13	70	00: 30. 2
3800,23	41,18	48,9	532,03	14	70	00: 30. 2
3641,17	44,12	50,2	546,18	15	70	00: 30. 2

SCC 13 A 80 °C (MOLIDO BOLAS)						
VISCOSIDAD	VELOCIDAD	% TORQUE	ESFUERZO CORTE	VELOCIDAD DEFORMACION	TEMPERATURA	TIEMPO INTERVALO
(cP)	(RPM)	(%)	(D/cm²)	(1/s)	(°C)	(min: s. t)
21324,8	2,94	19,6	213,25	1	80	00: 30. 2
14851,2	5,88	27,3	297,02	2	80	00: 30. 2
11569,07	8,82	31,9	347,07	3	80	00: 30. 2
9656	11,76	35,5	386,24	4	80	00: 30. 2
8704	14,71	40	435,2	5	80	00: 30. 2
7906,13	17,65	43,6	474,37	6	80	00: 30. 2
6714,51	20,59	43,2	480,02	7	80	00: 30. 2
6174,4	23,53	45,4	493,95	8	80	00: 30. 2
5826,84	26,47	48,2	524,42	9	80	00: 30. 2
5614,08	29,41	51,6	561,41	10	80	00: 30. 2
5252,07	32,35	53,1	577,73	11	80	00: 30. 2
4868,8	35,29	53,7	584,26	12	80	00: 30. 2
4795,57	38,24	57,3	623,42	13	80	00: 30. 2
4717,26	41,18	60,7	660,42	14	80	00: 30. 2
4649,39	44,12	64,1	697,41	15	80	00: 30. 2

ANEXO F. Tablas, graficas y ecuaciones del modelo del Clon TSH 812.

Tabla. Viscosidad del Licor de Cacao (Clon TSH 812) a diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Viscosidad (cP)	Velocidad de deformación (1/s)
60	5319,11	9.00
65	5217,44	9.00
70	5137,78	9.00
75	5040,13	9.00
80	4980,62	9.00

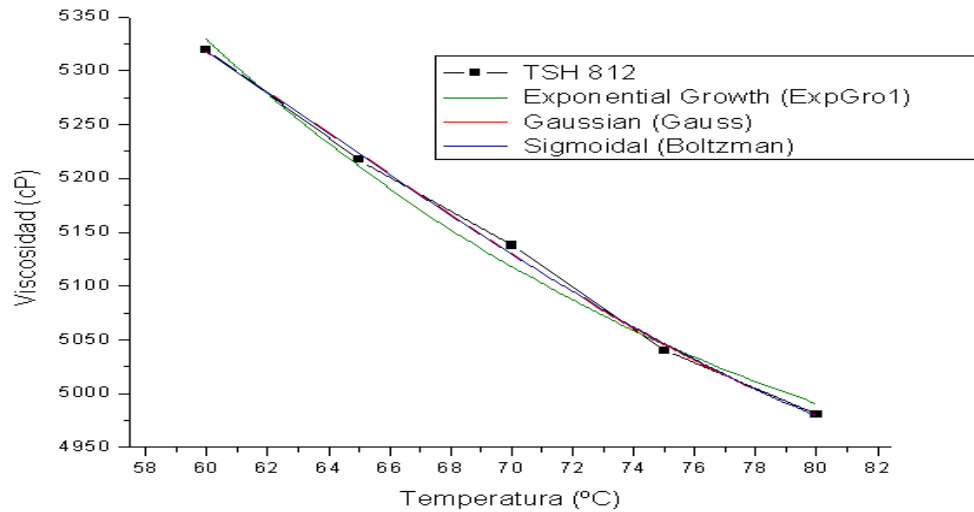


Figura. Modelo de datos de Viscosidad vs Temperatura (Clon TSH 812).

Data: Data1_B Model: ExpGro1 Equation: $y = A1 \cdot \exp(x/t1) + y0$ Weighting: y No weighting Chi ² /DoF = 340.50882 R ² = 0.99073 y0 4795.77425 ±160.76404 A1 11097.04037 ±12999.86898 t1 -19.77789 ±9.45388	Data: Data1_B Model: Gauss Equation: $y = y0 + (A/(w \cdot \sqrt{\pi/2})) \cdot \exp(-2 \cdot ((x-xc)/w)^2)$ Weighting: y No weighting Chi ² /DoF = 131.55454 R ² = 0.99821 y0 5704.80913 ±786.55932 xc 89.20199 ±15.59601 w 49.46114 ±56.07096 A -48199.99657 ±110302.47635	Data: Data1_B Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1-A2)/(1 + \exp((x-x0)/dx))$ Weighting: y No weighting Chi ² /DoF = 142.34863 R ² = 0.99806 A1 5681.99792 ±829.01866 A2 4810.53496 ±296.39777 x0 63.763 ±14.80665 dx 11.3465 ±14.16475
--	--	--

Tabla. Tabla de ecuaciones y parámetros del modelo del (Clon TSH 812).

ANEXO G. Tablas, graficas y ecuaciones del modelo del Clon SCC 13.

Tabla. Viscosidad del Licor de Cacao (Clon SCC 13) a diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Viscosidad (cP)	Velocidad de deformación (1/s)
60	8812,8	9.00
65	8401,95	9.00
70	8039,11	9.00
75	6833,97	9.00
80	5820,84	9.00

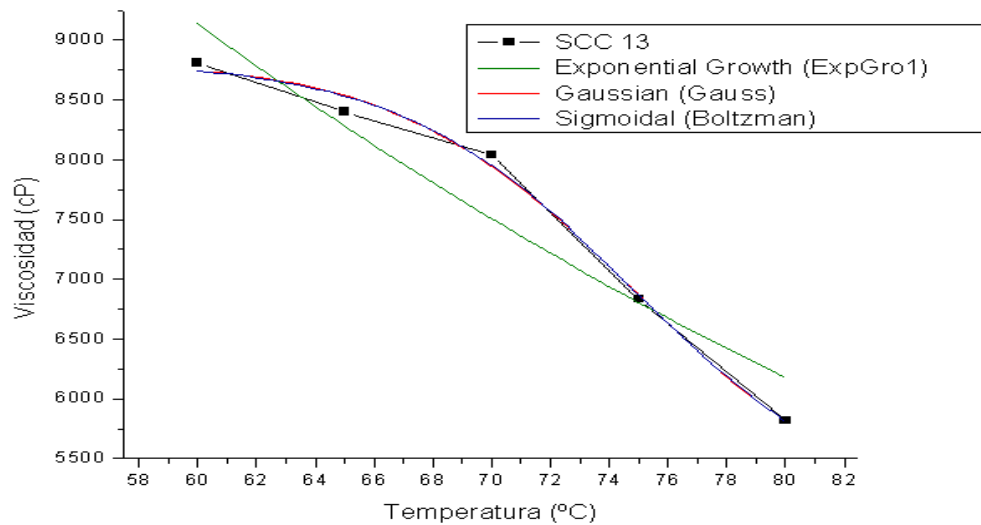


Figura. Modelo de datos de Viscosidad vs Temperatura (Clon SCC 13).

Data: Data1_B	Data: Data1_B	Data: Data1_B
Model: ExpGro1	Model: Gauss	Model: Boltzmann
Equation: $y = A1 \cdot \exp(x/t1) + y0$	Equation: $y = y0 + (A/(w \cdot \sqrt{\pi/2})) \cdot \exp(-2 \cdot ((x-xc)/w)^2)$	Equation: $y = A2 + (A1-A2)/(1 + \exp((x-x0)/dx))$
Weighting: y No weighting	Weighting: y No weighting	Weighting: y No weighting
Chi ² /DoF = 267071.90001	Chi ² /DoF = 33797.03401	Chi ² /DoF = 31007.96222
R ² = 0.91182	R ² = 0.99442	R ² = 0.99488
y0 414.6786 ±25901.151	y0 8800.39904 ±256.5379	A1 8835.22963 ±275.92551
A1 30249.35936 ±48175.62558	xc 83.42079 ±5.81952	A2 4970.54768 ±1151.6534
t1 -48.25193 ±175.01495	w 16.43449 ±7.29128	x0 74.87006 ±2.58435
	A -67106.90626 ±49498.29394	dx 4.00759 ±1.90534

Tabla. Tabla de ecuaciones y parámetros del modelo del (Clon SCC 13).