



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

IMPLEMENTACIÓN DE CINCO MÉTODOS ANALÍTICOS DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS EN FASE INTERMEDIA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS SHARP S. A.

Carlos Alberto Avalos Pérez

Asesorado por la Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

IMPLEMENTACIÓN DE CINCO MÉTODOS ANALÍTICOS DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS EN FASE INTERMEDIA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS SHARP S. A.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS ALBERTO AVALOS PÉREZ

ASESORADO POR LA INGA. LORENA VICTORIA PINEDA CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
EXAMINADORA	Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
EXAMINADORA	Inga. Adela María Marroquín González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE CINCO MÉTODOS ANALÍTICOS DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS EN FASE INTERMEDIA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS SHARP S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 19 de enero de 2016.

Carlos Alberto Avalos Pérez



Guatemala, 13 de abril de 2015.
Ref.EPS.DOC.290.04.15.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Usac.

Ing. Rodríguez Serrano:

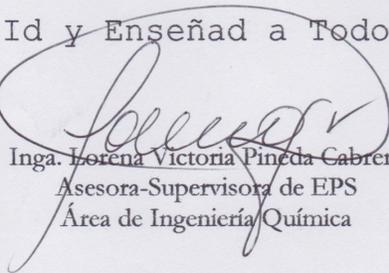
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Carlos Alberto Avalos Pérez** de la Carrera de Ingeniería Química, con carné No. **200815533**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"IMPLEMENTACIÓN DE CINCO MÉTODOS ANALÍTICOS DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS EN FASE INTERMEDIA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS SHARP, S.A."**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Química



c.c. Archivo
LVPC/ra



Guatemala, 13 de abril de 2015.
Ref.EPS.D.165.04.15.

Ing. Victor Manuel Monzón Valdéz
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Monzón Valdéz.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE CINCO MÉTODOS ANALÍTICOS DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS EN FASE INTERMEDIA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS SHARP, S.A."** que fue desarrollado por el estudiante universitario Carlos Alberto Avalos Pérez, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Ingeniera Lorena Victoria Pineda Cabrera.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



Guatemala, 19 de enero de 2016.
Ref. EIQ.TG-IF.001.2016.

Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo 147-2013 le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
-Modalidad Ejercicio Profesional Supervisado, EPS-**

Solicitado por el estudiante universitario: **Carlos Alberto Avalos Pérez**.
Identificado con número de carné: **2008-15533**.
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**IMPLEMENTACIÓN DE CINCO MÉTODOS ANALÍTICOS DE CONTROL DE CALIDAD
DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS EN FASE INTERMEDIA EN PRODUCTOS
ALIMENTICIOS SHARP S.A.**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Lorena Victoria Pineda Cabrera**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
COORDINADORA DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



Agencia Centroamericana de Administración de Programas de Arquitectura y de Ingeniería





Ref.EIQ.TG.056.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Ejercicio Profesional Supervisado (**EPS final**) del estudiante **CARLOS ALBERTO AVALOS PÉREZ** titulado: "**IMPLEMENTACIÓN DE CINCO MÉTODOS ANALÍTICOS DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS EN FASE INTERMEDIA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS SHARP S.A.**" Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Salvador Wong Davi
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, octubre de 2016

Cc: Archivo
CSWD/ale



Universidad de San Carlos
de Guatemala

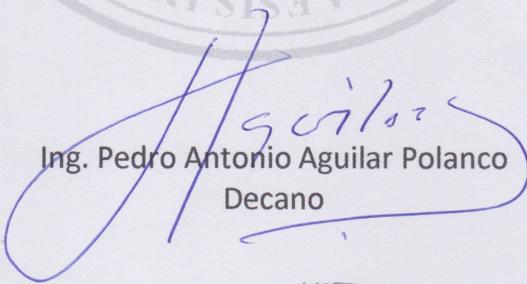


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 483.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE CINCO MÉTODOS ANALÍTICOS DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS EN FASE INTERMEDIA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS SHARP S. A.**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Alberto Avalos Pérez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por brindarme fortaleza en los momentos difíciles y sabiduría para tomar decisiones. Gracias por las bendiciones que le has dado a mi vida.
- Mis padres** Alberto Avalos y Erika Pérez, por proporcionarme amor y apoyo en todo momento y por animarme e inspirarme a ser mejor siempre. Gracias por todo, ustedes hacen que yo dé lo mejor mí.
- Mis hermanos** José Alfredo y José Carlos Avalos, por la gran compañía que me han dado, por todos los momentos y experiencias y por lo que he aprendido gracias a ustedes.
- Mis abuelos** Alfredo Pérez (q. e. p. d.) y Eloisa Melgar, Antonio Avalos y Martina Gómez, por todo el apoyo que me ha dado y por la importancia que han tenido en mi vida.
- Mis amigos** No tengo manera de expresar el cariño y aprecio que le tengo a cada uno de ustedes. Gracias por todos los momentos que hemos

Universidad de San Carlos de Guatemala	compartido y por todas las experiencias vividas. Por ser mi <i>alma mater</i> , por brindarme educación, valores con sentido social y la oportunidad de conocer a grandes personas dentro de esta institución.
Facultad de Ingeniería	Por darme la oportunidad de crecer académicamente y formarme como profesional de la ingeniería.
Escuela de Ingeniería Química	Por las enseñanzas brindadas hacia mi persona.

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Sergio Torres

Por su colaboración en la realización de este trabajo de graduación.

Rodrigo Ayala

Por toda la ayuda y cooperación proporcionada para llevar a cabo este trabajo de graduación.

Cynthia Fuentes

Por la compañía y apoyo que me ha brindado en cada momento durante y después de la carrera.

Mis tíos y tías

Por el apoyo y cariño desinteresado que me han brindado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS.....	XVII
Hipótesis	XVIII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Verificación de la calidad	3
2.2. Análisis en el laboratorio	4
2.3. Tratamiento estadístico de resultados	4
2.3.1. Evaluación de la exactitud.....	5
2.3.2. Evaluación de la precisión.....	6
2.4. Normativos empleados como referencia previa a la implementación de los métodos	6
2.4.1. Normativos para la implementación de metodologías en un laboratorio de análisis.....	6
2.4.2. Normativos externos que describen los procedimientos a seguir de las metodologías a implementarse.....	6

3.	DISEÑO METODOLÓGICO	9
3.1.	Variables	9
3.2.	Delimitación del campo de estudio	11
3.3.	Recursos humanos disponibles	12
3.4.	Recursos materiales disponibles	12
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa	13
3.5.1.	Determinación del punto de fusión de la manteca por el método de Wiley	13
3.5.2.	Determinación de la viscosidad del chocolate	13
3.5.3.	Determinación de la rancidez de la manteca	14
3.5.4.	Determinación de la humedad de la miel.....	14
3.5.5.	Determinación de la densidad del bicarbonato de sodio.....	14
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	15
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	15
3.8.	Análisis estadístico	20
4.	RESULTADOS.....	27
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	33
5.1.	Prueba para la determinación del punto de fusión de la manteca vegetal	33
5.2.	Prueba para la determinación de la viscosidad del chocolate de cobertura.....	34
5.3.	Prueba para la determinación de la densidad del bicarbonato de sodio	36
5.4.	Prueba para la determinación de la rancidez de la manteca vegetal.....	37

5.5.	Prueba para la determinación del contenido de humedad de la miel de abeja	37
CONCLUSIONES		39
RECOMENDACIONES.....		41
BIBLIOGRAFÍA.....		43
APÉNDICES		47
ANEXOS		49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Punto de fusión de la manteca obtenido a partir de los datos recolectados.....	27
2.	Viscosidad del chocolate tipo A medida con la velocidad de 20 rpm del viscosímetro.....	28
3.	Viscosidad del chocolate tipo B medida con la velocidad de 100 rpm del viscosímetro.....	29
4.	Densidad del bicarbonato de sodio obtenida a partir de los datos recolectados.....	30

TABLAS

I.	Variables involucradas en la determinación de la viscosidad del chocolate líquido.....	9
II.	Variables involucradas en la determinación del punto de fusión de la manteca vegetal por el método Wiley.....	9
III.	Variables involucradas en la determinación del contenido de humedad de la miel.....	10
IV.	Variables involucradas en la determinación de la rancidez de la manteca.....	10
V.	Variables involucradas en la determinación de la densidad del bicarbonato de sodio.....	11

VI.	Datos recolectados de la prueba del punto de fusión de la manteca obtenidos a través del método de Wiley.....	16
VII.	Datos recolectados para la obtención de la viscosidad del chocolate tipo A	16
VIII.	Datos recolectados para la obtención de la viscosidad del chocolate tipo B	18
IX.	Datos recolectados para la obtención de la densidad del bicarbonato de sodio, prueba 1	19
X.	Datos recolectados para la obtención de la densidad del bicarbonato de sodio, prueba 2	20
XI.	Error por desviación estándar calculado a partir de los datos recolectados para la prueba del punto de fusión por el método de Wiley	22
XII.	Error por desviación estándar calculado a partir de los datos de viscosidad del chocolate tipo A	22
XIII.	Error por desviación estándar calculado a partir de los datos de viscosidad del chocolate tipo B	23
XIV.	Error por desviación estándar calculado a partir de los datos recolectados para la prueba para la obtención de la densidad del bicarbonato	23
XV.	Resultado obtenido de la prueba Q de Dixon para la prueba 1 de determinación del bicarbonato	24
XVI.	Error por desviación estándar calculado a partir de los datos recolectados para la prueba para la obtención de la densidad del bicarbonato (corregido).....	24
XVII.	Error por exactitud calculado a partir de los datos recolectados para la prueba para la obtención de la densidad del bicarbonato....	25
XVIII.	Resultados obtenidos para la prueba del punto de fusión de la manteca a través del método de Wiley	28

XIX.	Resultados obtenidos para la prueba de la obtención de la viscosidad del chocolate tipo A.....	29
XX.	Resultados obtenidos para la prueba de la obtención de la viscosidad del chocolate tipo B.....	30
XXI.	Resultados obtenidos para la prueba de la determinación de la densidad del bicarbonato de sodio	31
XXII.	Corrección para la obtención del porcentaje de humedad de la miel	32

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cp	Centipoise
<i>Cv</i>	Coefficiente de variación
<i>x_i</i>	Dato de una serie
<i>D_E</i>	Dato experimental
<i>D_R</i>	Dato real
<i>ρ</i>	Densidad
<i>σ</i>	Desviación estándar para una serie de datos
<i>E</i>	Error por exactitud
°Bx	Grados Brix
°C	Grados Celsius
g	Gramo
Q_{tabla}	Límite Q de tabla
<i>m</i>	Masa
mL	Mililitro
<i>n</i>	Número de datos
Q	Parámetro Q
%	Porcentaje
\bar{x}	Promedio
rpm	Revoluciones por minuto
<i>v</i>	Volumen

GLOSARIO

Control de calidad	Acciones realizadas para detectar la presencia de errores, involucrando inspecciones y muestreos. Esto es para las características de la muestra a analizar sean óptimas.
Densidad	Magnitud que relaciona la cantidad de masa existente por unidad de volumen de una sustancia o mezcla.
Desviación estándar	También llamada desviación típica. Es una medida de dispersión que representa al promedio de la desviación de los datos de una serie con respecto a la media.
Exactitud	Es la capacidad de un instrumento o método analítico de obtener un resultado que se acerca al valor real.
Humedad	Es el parámetro que indica la cantidad de agua presente en una muestra.

Implementación	Adición de los métodos analíticos propuestos a los procedimientos internos de la empresa, involucrando métodos que no son llevados a cabo y la actualización de los métodos existentes.
Materia prima	Materia que se emplea en la fabricación de los productos de la empresa. Esta es almacenada en el área de bodega y no lleva ningún procesado anterior.
Método analítico	Modelo de investigación científica basado en la experimentación que, junto con el análisis estadístico, permite obtener una metodología con la cual se puede evaluar un parámetro.
Nivel de confianza	Expresa el grado en el que el valor del parámetro estimado se acerca al valor real.
Parámetro	Es la variable a determinar con cada uno de los métodos implementados.
Precisión	Es la capacidad de un instrumento o método analítico de obtener valores repetidos y con una dispersión mínima.

Producto en fase intermedia	Materia que se emplea en la fabricación de los productos de la empresa. Esta ya lleva un proceso anterior pero que aún no corresponde al producto terminado.
Punto de fusión	Es la temperatura a la cual una sustancia sólida pasa al estado líquido. Puede ser empleado para la caracterización de ciertos tipos de materia prima, tales como la manteca vegetal.
Rancidez	Es la deterioración de las propiedades de las grasas y aceites. Esto es debido a la degradación de los componentes que puede involucrar agentes externos.
Viscosidad	Parámetro que expresa la resistencia al flujo para una sustancia en estado líquido o gaseoso, que puede ser utilizado para caracterizar a ciertos tipos de materias, como el chocolate de cobertura empleado en la fábrica.

RESUMEN

El proyecto de Ejercicio Profesional Supervisado consistió en la revisión e implementación de metodologías documentadas de cinco métodos analíticos. Esto es para el control de la calidad de la materia prima y los productos no terminados, siendo estos la determinación del punto de fusión de la manteca por el método de Wiley, la determinación de la viscosidad del chocolate, la determinación de la rancidez de la manteca, la determinación de la humedad de la miel y la determinación de la densidad del bicarbonato de sodio. Estos cumplen con la Norma Coguanor NTG/ISO/IEC 17025, requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

Se analizó la viabilidad de los métodos, así como los recursos con los cuales contaba la planta, se consiguieron los materiales y equipos requeridos para la realización de las metodologías y su respectiva documentación. Se establecieron de forma interna al ser adecuados a las condiciones existentes en la planta.

Los datos generados a partir de la realización de las metodologías, permitieron obtener los valores característicos de las propiedades medidas en cada prueba. Esto generó un rango de valores para el punto de fusión de la manteca y la viscosidad del chocolate, actualizar las tablas de valores para la humedad de la miel, comprobar la pureza del bicarbonato de sodio con base en su densidad y comprobar la rancidez de la manteca de forma cualitativa.

La exactitud y precisión de los valores obtenidos fue evaluada a partir de la desviación estándar de los datos generados. Los resultados fueron

posteriormente documentados para ser integrados al control de calidad que se lleva a cabo en la planta para la materia prima los productos no terminados.

OBJETIVOS

General

Implementar las metodologías para cinco análisis para la materia prima y productos en la fase intermedia de su proceso en el laboratorio del Departamento de Control de Calidad de Productos Alimenticios Sharp S. A., en base a los requerimientos de cada método analítico y los recursos con los que se cuenta en el laboratorio con el fin de mejorar el análisis de la calidad interno de la planta.

Específicos

1. Establecer la documentación interna para cada metodología a implementarse, siendo estas:
 - Determinación del punto de fusión de la manteca por el método de Wiley.
 - Determinación de la viscosidad del chocolate.
 - Determinación de la rancidez de la manteca.
 - Determinación de la humedad de la miel.
 - Determinación de la densidad del bicarbonato de sodio.

2. Establecer de forma estadística el rango dentro de los cuales deben encontrarse los resultados de las metodologías a implementarse con base en la media y la desviación estándar.

3. Comparar los valores de los parámetros obtenidos con la información de la materia prima proporcionada por el proveedor con el fin de verificar su calidad.
4. Evaluar la exactitud de los métodos analíticos al comparar los valores obtenidos con los valores conocidos a través del cálculo del error porcentual.
5. Determinar la precisión de los métodos se evaluará a través de la desviación estándar de las series de datos obtenidas.

Hipótesis

Al implementar métodos analíticos que permitan determinar de forma interna el punto de fusión y la rancidez de la manteca vegetal, el contenido de humedad de la miel de abeja, la pureza del bicarbonato de sodio con base en su densidad y la viscosidad del chocolate líquido para cobertura. Es posible comprobar los datos proporcionados por los proveedores, así como llevar un mejor control de los procesos internos al verificar que los valores permanezcan dentro de los límites establecidos.

INTRODUCCIÓN

La producción de productos alimenticios requiere establecer y seguir un control de la materia prima utilizada, los equipos y las prácticas de manufactura empleadas. Esto es con el fin de proveer al consumidor un producto de calidad que se encuentre bajo las especificaciones de la empresa.

El área de Control de Calidad interna de la empresa se encargada de verificar que la materia utilizada durante las etapas de la producción cumpla con los requisitos necesarios, para obtener un producto final de calidad. Los procedimientos a seguir para el control de calidad permiten verificar las características de las muestras obtenidas de la planta de producción. Esto con patrones y límites establecidos por la empresa que caracterizan al producto.

La Norma Coguanor 17025 establece los criterios que debe cumplir un laboratorio de análisis, así como la selección de los métodos analíticos que se llevan a cabo. Las metodologías documentadas con las que se cuenta son adecuadas para ser implementadas dentro de la planta de producción y se encuentran referidas a normativos propios de reglamentos guatemaltecos y no guatemaltecos, siendo estos normativos los siguientes:

- Coguanor NGO-34-072: aceites y grasas comestibles, prueba de rancidez, ensayo de Kreis.
- Coguanor NGO 34-072-h16: aceites y grasas comestibles, punto de fusión, método de Wiley.
- NMX-F-114-S-1981 alimentos para humanos: grasas vegetales o animales. Determinación del punto de fusión por el método de Wiley.

- Comisión del Codex Alimentarius, Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias, CX/S 00/3, proyecto de norma revisado del codex para la miel.

La implementación de los métodos analíticos es de importancia para la planta, debido a que puede obtenerse más información acerca de la calidad de las materias primas de forma interna. El punto de fusión y el grado de rancidez de la manteca, permite determinar si la materia aún puede utilizarse para la fabricación de los productos. La humedad de la miel es un indicador que emplea para conocer la calidad de la miel y reducir la posibilidad de uso de muestras que puedan presentar fermentación si existe un contenido de humedad muy alto.

La forma de forma de medición de la humedad puede ser actualizada para obtener valores más exactos. El valor de la densidad del bicarbonato de sodio puede ser empleado para comparar los datos proporcionados por el proveedor de forma interna de la planta y poder verificar el grado de pureza de dicha materia prima.

El área de Producción requiere también de una forma por la cual pueda llevarse un control cuantitativo del chocolate de cobertura empleado en los productos. La obtención de la viscosidad del chocolate permite obtener una referencia con la cual se puede conocer la forma en la cual fue formulado el chocolate y establecer un rango de valores en los cuales la composición del mismo es consistente durante el proceso de fabricación.

Cuando se determina que metodologías propuestas son adecuadas para el análisis de la calidad de materias primas y productos no terminados

presentes en la planta. Las condiciones y recursos que se tienen deben ser adaptados para cumplir con los requerimientos de cada metodología.

1. ANTECEDENTES

Actualmente el único estudio que se ha realizado con respecto a la implementación de nuevos análisis de control de calidad en la Productos Alimenticios Sharp S. A. Ha sido la propuesta de métodos analíticos normalizados, según los requerimientos de la Norma Coguanor 17025, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y calibración, que se adaptan a las condiciones de la planta de producción. La planta también posee equipo y materiales en desuso que fueron empleados previamente para otras pruebas de control de calidad cuando se trabajaba con otros tipos de productos que, al ser retirados, dejaron de utilizarse.

Nildred Montúfar, en su informe de tesis *Validación de cinco métodos analíticos utilizados en el laboratorio de control de calidad, de una planta de envasado de rones añejos*, se basa en la verificación de la validez de los métodos implementados. Con base en la Norma Coguanor 17025 según los criterios establecidos para los mismos, clasificando los métodos empleados para el control de la calidad y las técnicas que pueden ser empleadas para su validación.

Julia Estrada, en su informe de tesis *Implementación y Validación de una Metodología de Análisis de aceite de palma para un Laboratorio de Referencia Nacional*, describe la validación del método indicado de forma prospectiva y concurrente, debido a la inclusión de nuevos métodos de análisis de calidad. Consideró los parámetros de especificidad, exactitud, precisión y reproducibilidad para la validación de los métodos a realizarse.

Susana Carranza, en su informe de tesis *Validación del Método Analítico de Cuantificación para Clorhidrato de ambroxol jarabe en el Laboratorio de Producción de Medicamentos (LAPROMED)*, define y emplea los criterios de aceptación para la validación de los métodos empleados a partir del análisis de los resultados obtenidos de la implementación de los mismos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Verificación de la calidad

Dentro del sistema de la calidad de la empresa existen medidas con las cuales se comprueba que los materiales y procedimientos que se emplean garantizan que los productos finales sean de calidad. Estos deben cumplir con los requerimientos del cliente.

Las características de la materia que pasa a través de una línea de producción deben cumplir con los requisitos establecidos para que el producto final sea satisfactorio. Los proveedores de la materia prima mantienen controles de calidad para sus productos, pero las características de dicha materia pueden ser alteradas al ser manejadas de forma inapropiada o exponerse a agentes que puedan dañarla. Es por eso que se cuenta con un laboratorio de control de calidad que permite verificar que la materia prima cumpla con las características descritas por el proveedor y las que requiere la empresa.

Los productos intermedios en el proceso de fabricación también deben presentar los parámetros de control indicados anteriormente. Con ellos se puede comprobar que el producto final cumpla con las características requeridas. El laboratorio de control de calidad se encarga también de la verificación de la calidad de estos productos al analizarlos en puntos de control adecuados de cada proceso.

La aseguración de la calidad de las muestras tomadas se efectúa por medio de métodos analíticos para la determinación de las propiedades de cada

muestra, establecidos los límites de aceptación. Se interpretan los resultados para verificar que se cumplen los parámetros para la calidad de los productos.

2.2. Análisis en el laboratorio

Los métodos de análisis que se realizan en el laboratorio tienen por objeto la determinación de características y propiedades específicas de cada muestra. Por ello deben ser apropiados para la comprobación de estas.

La implementación de los métodos para la comprobación de las muestras se basa en la comparación con métodos normalizados por entes y organizaciones externos para que se adecúen a las condiciones con las que se cuenta en el laboratorio. Debe comprobarse que los resultados obtenidos de la implementación de los métodos sean satisfactorios y puedan ser realizados nuevamente de forma efectiva.

Cada uno de los análisis requiere un costo referente a los equipos, materiales y reactivos para ser efectuado. Esto es importante para la implementación de nuevos métodos analíticos, ya que deben efectuarse en las condiciones adecuadas para proporcionar los resultados que se buscan.

2.3. Tratamiento estadístico de resultados

Los resultados obtenidos de los métodos de análisis en sí, no realizan un aporte significativo sin su correcta interpretación. Por ello se utilizan métodos estadísticos que permiten realizar conclusiones acerca del comportamiento de los mismos.

La repetibilidad y reproducibilidad de los métodos es comprobada por medio de la evaluación de la exactitud y precisión de los mismos, la cual permite evaluar la capacidad de los mismos para ser realizados y que tengan un nivel de confianza adecuado.

El análisis de los resultados, junto con los parámetros previamente establecidos dentro de los cuales existe aceptación de la calidad. Esto permite la verificación de la calidad de las muestras a partir de los resultados obtenidos con los análisis realizados de forma correcta a cada una.

2.3.1. Evaluación de la exactitud

Se realizará esta evaluación al comparar los resultados obtenidos de los análisis a realizar con los parámetros que presentan los proveedores. Los parámetros que serán comparados de esta forma son los siguientes:

- Punto de fusión de la manteca
- Humedad de la miel
- Densidad del bicarbonato de sodio

No se dispone de la información de los proveedores para la rancidez de la manteca, del contenido de HMF en la miel y la viscosidad del chocolate. Esto es debido a que este último se produce en la planta, la exactitud será evaluada a través de la comparación de los datos obtenidos con el valor promedio de los mismos.

2.3.2. Evaluación de la precisión

La precisión de los datos obtenidos se realizará empleando el coeficiente de variación de las series de datos generadas para cada metodología. Esto es con el fin de obtener un valor que represente la cercanía que tienen entre sí los datos obtenidos y verificar la precisión en la obtención de datos con las metodologías implementadas.

2.4. Normativos empleados como referencia previa a la implementación de los métodos

A continuación se presentan los normativos que fueron tomados como referencia para la realización e implementación de las metodologías dentro de la planta.

2.4.1. Normativos para la implementación de metodologías en un laboratorio de análisis

- Coguanor NTG/ISO/IEC 17 025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración
- OGA-GEC-016 Política de Selección y Validación de Métodos de Ensayo

2.4.2. Normativos externos que describen los procedimientos a seguir de las metodologías a implementarse

- Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.

- Coguanor NGO 34-072-h16 Aceites y grasas comestibles. Determinación del punto de fusión. Método de Wiley.
- Coguanor NGO-34-072, Aceites y grasas comestibles, Prueba de rancidez, Ensayo de Kreis.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Las variables involucradas en la implementación de los métodos analíticos se presentan a través de tablas de la siguiente manera:

Tabla I. **Variables involucradas en la determinación de la viscosidad del chocolate líquido**

Variable	Unidades	Constante	Variable	Controlable	No Controlable
Temperatura del chocolate	°C		X	X	
Tamaño de la muestra	mL		X	X	
Viscosidad del chocolate	cp		X		X

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Variables involucradas en la determinación del punto de fusión de la manteca vegetal por el método Wiley**

Variable	Unidades	Constante	Variable	Controlable	No Controlable
Densidad de la manteca	°C	X			X
Temperatura	°C		X	X	
Densidad de la mezcla de alcohol y agua	g/mL		X	X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Variables involucradas en la determinación del contenido de humedad de la miel**

Variable	Unidades	Constante	Variable	Controlable	No Controlable
Temperatura	°C	X		X	
Grados Brix de la muestra	°Bx		X		X
Índice de refracción	--		X		X

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Variables involucradas en la determinación de la rancidez de la manteca**

Variable	Unidades	Constante	Variable	Controlable	No Controlable
Tiempo de exposición de la muestra	h		X	X	
Tamaño de la muestra	g		X	X	
Cantidad de solución de floroglucionol agregado	mL		X	X	
Índice de Kreis	--		X		X

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Variables involucradas en la determinación de la densidad del bicarbonato de sodio**

Variable	Unidades	Constante	Variable	Controlable	No Controlable
Volumen inicial de la solución saturada	mL		X	X	
Volumen desplazado por el bicarbonato en cada corrida	mL	X		X	
Masa del bicarbonato agregado	g		X	X	X

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

El proyecto será desarrollado dentro del área de la fabricación de productos alimenticios, abarcando la producción de chocolates y dulces. Se realizará el enfoque en el análisis de las muestras de la producción para la determinación de su calidad. Las áreas específicas para las pruebas a implementarse son las siguientes:

- Prueba de viscosidad del chocolate: abarca la fabricación del chocolate y la cobertura de galleta y dulce con chocolate.
- Prueba de punto de fusión por el método Wiley: abarca el área de bodega donde se almacena la manteca utilizada.
- Prueba de rancidez de la manteca: abarca el área de bodega donde se almacena la manteca utilizada.

- Determinación de HMF y la humedad de la miel: abarca la fabricación de dulce cubierto con chocolate.
- Determinación de la densidad del bicarbonato de sodio: abarca la fabricación de la galleta cubierta con chocolate.

3.3. Recursos humanos disponibles

- Ing. Sergio Torres: superintendente de producción, ingeniero encargado dentro de la planta.
- Rodrigo Ayala: jefe del área de calidad, supervisor de las actividades realizadas en la planta.
- Personal de laboratorio, del área de bodega y de producción.

3.4. Recursos materiales disponibles

A continuación se muestra el listado de los materiales y equipos que fueron utilizados para la realización de las pruebas.

- Balanza analítica
- Cristalería
- Placas para muestras de manteca
- Termómetro
- Viscosímetro Brookfield RVT
- Espectrofotómetro UV
- Refractómetro Abbe-3L de Bausch & Lomb
- Refractómetro óptico Atago para azúcar

3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa

A continuación se describen los procedimientos realizados y los materiales empleados para llevar a cabo las metodologías que fueron implementadas dentro de la planta.

3.5.1. Determinación del punto de fusión de la manteca por el método de Wiley

Se fundió una muestra de manteca, la cual fue colocada en un molde y fue enfriada para obtener discos de la muestra. Los discos fueron colocados posteriormente en un tubo de ensayo que contiene una mezcla de agua y alcohol cuya densidad igual a la de la manteca, con el fin de permanecer suspendido en medio del tubo. El tubo fue calentado lentamente en un *beacker* con agua y el punto de fusión fue determinado, en el momento en el que el disco cambió de forma hasta quedar esférico.

3.5.2. Determinación de la viscosidad del chocolate

Se tomó una muestra del chocolate líquido de cobertura en los puntos designados de toma de muestra. Se midió la temperatura de la muestra, la cual debe permanecer en el rango establecido para la prueba. Posteriormente se realizó la medición de la viscosidad empleando el viscosímetro Brookfield RVT, y se realizaron los cálculos necesarios para la obtención de la viscosidad haciendo uso de los factores de la tabla del viscosímetro como sigue:

$$\textit{Viscosidad} = \textit{Medición} \times \textit{Factor}$$

3.5.3. Determinación de la rancidez de la manteca

Se tomó la muestra de manteca de la bodega la cual fue fundida y se le agregó ácido clorhídrico concentrado con agitación hasta la formación de dos fases. Posteriormente se agregó el reactivo floroglucinol en solución al 0,1 % en dietil éter, y se observó si se produce la coloración indicadora de la rancidez de la muestra.

3.5.4. Determinación de la humedad de la miel

Se colocó una muestra pequeña de miel en el refractómetro y se realizó la medición del índice de refracción de la muestra. Se mantuvo la temperatura constante entre 20 °C y 25 °C, el cual fue posteriormente convertido con el uso de tablas para obtener el contenido de humedad de la miel.

3.5.5. Determinación de la densidad del bicarbonato de sodio

Se preparó una solución saturada de bicarbonato de sodio, la cual fue colocada en una probeta de 50mL y se tomó el volumen inicial de la solución. Se colocó un embudo seco en la parte superior de la probeta y se agregó bicarbonato de sodio sólido a la solución saturada, anotando el volumen desplazado y la masa de bicarbonato agregada. Se tomaron los volúmenes y las masas hasta tener 10 valores para cada una. La densidad se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

En donde:

ρ = densidad de la muestra

m = masa de la muestra

v = volumen de la muestra

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Los puntos de muestreo seleccionados en base a las áreas de Producción involucradas son los siguientes:

- Área de Bodega: punto de toma de muestra para las pruebas de determinación del punto de fusión de la manteca, determinación de la rancidez de la manteca, determinación del contenido de humedad de la miel y determinación de la densidad del bicarbonato de sodio.
- Área de Producción de galleta para chocolates: punto secundario de toma de muestra para las pruebas de determinación del punto de fusión de la manteca y determinación de la rancidez de la manteca.
- Área de Producción de chocolates y dulces: punto de toma de muestra para la prueba de la determinación de la viscosidad del chocolate.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

De las cinco pruebas propuestas para el área de Control de Calidad se tiene que la prueba de rancidez es cualitativa. Por ello no se generaron datos numéricos a partir de la misma, mientras que la prueba para la determinación de la humedad de la miel emplea una corrección de datos de tablas presentes y un límite ya existente.

No fueron generados límites para la prueba para la determinación de la densidad del bicarbonato, al tratarse de una comprobación de un valor puntual.

Las dos pruebas restantes no poseen límites establecidos con anterioridad en el área de Producción. siendo estas la determinación del punto de fusión de la manteca vegetal por el método de Wiley y la determinación de la viscosidad del chocolate.

Tabla VI. **Datos recolectados de la prueba del punto de fusión de la manteca obtenidos a través del método de Wiley**

Medición	Temperatura
1	42
2	42
3	45
4	41
5	42
6	42
7	43
8	43
9	40

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Datos recolectados para la obtención de la viscosidad del chocolate tipo A**

Velocidad de medición y medida obtenida con el viscosímetro					
Velocidad: 20		Velocidad: 50		Velocidad: 100	
Medida	Viscosidad	Medida	Viscosidad	Medida	Viscosidad
24	12 000	36,5	7 300	53	5 300
24,5	12 250	37,5	7 500	54,5	5 450

Continuación de la tabla VII.

24,5	12 250	38	7 600	55,5	5 550
22,5	11 250	34,5	6 900	50	5 000
25,5	12 750	38,5	7 700	55,5	5 550
24	12 000	37	7 400	53,5	5 350
25,5	12 750	39	7 800	56,5	5 650
23,5	11 750	35	7 000	49,5	4 950
23,5	11 750	42,5	8 500	50	5 000
23,5	11 750	35	7 000	53,5	5 350
25	12 500	37,5	7 500	59,5	5 950
23,5	11 750	36	7 200	52	5 200
24	12 000	37	7 400	55	5 500
24	12 000	36	7 200	51	5 100
27	13 500	40	8 000	52	5 200
23	11 500	33	6 600	46,5	4 650
24	12 000	34,5	6 900	50	5 000
24	12 000	36	7 200	52	5 200
24	12 000	35	7 000	49	4 900
25,5	12 750	36,5	7 300	52,5	5 250
26,5	13 250	39	7 800	55	5 500
26	13 000	41,5	8 300	59	5 900
28,5	14 250	43	8 600	62,5	6 250
27,5	13 750	41	8 200	59,5	5 950
29	14 500	42,5	8 500	61	6 100
24,5	12 250	36	7 200	56,5	5 650
23,5	11 750	33,5	6 700	46	4 600
22,5	11 250	33,5	6 700	47,5	4 750
24,5	12 250	36	7 200	51,5	5 150
27,5	13 750	42	8 400	61	6 100

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Datos recolectados para la obtención de la viscosidad del chocolate tipo B**

Velocidad de medición y medida obtenida con el viscosímetro					
Velocidad: 20		Velocidad: 50		Velocidad: 100	
Medida	Viscosidad	Medida	Viscosidad	Medida	Viscosidad
34	17 000	51	10 200	76,5	7 650
37	18 500	56	11 200	76	7 600
36,5	18 250	54	10 800	77	7 700
37,5	18 750	55,5	11 100	78	7 800
38,5	19 250	56,5	11 300	83,5	8 350
34	17 000	51	10 200	72,5	7 250
36	18 000	54	10 800	78	7 800
36,5	18 250	55	11 000	81	8 100
32	16 000	48,5	9 700	69,5	6 950
35	17 500	51	10 200	73,5	7 350
34,5	17 250	53,5	10 700	78	7 800
32,5	16 250	50	10 000	73,5	7 350
37	18 500	55,5	11 100	81	8 100
36,5	18 250	55,5	11 100	78,5	7 850
33,5	16 750	49,5	9 900	72	7 200
33,5	16 750	51,5	10 300	76,5	7 650
39	19 500	58	11 600	80	8 000
38,5	19 250	52	10 400	83	8 300
43,5	21 750	63,5	12 700	89,5	8 950
41	20 500	59	11 800	82,5	8 250
46,5	23 250	65,5	13 100	88,5	8 850
44	22 000	64,5	12 900	90,5	9 050
40	20 000	58	11 600	84	8 400
41,5	20 750	58,5	11 700	82,5	8 250
43,5	21 750	62,5	12 500	88	8 800
36	18 000	54	10 800	75,5	7 550
39,5	19 750	57,5	11 500	80,5	8 050
39,5	19 750	58	11 600	82	8 200
41,5	20 750	62	12 400	81,5	8 150
46,5	23 250	65,5	13 100	88	8 800
39,5	19 750	57	11 400	80	8 000

Continuación de la tabla VIII.

43,5	21 750	61	12 200	86	8 600
38	19 000	54,5	10 900	76,5	7 650
41	20 500	58	11 600	81	8 100

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Datos recolectados para la obtención de la densidad del bicarbonato de sodio, prueba 1**

Volumen inicial: 54mL				
Dato	Volumen medido	Volumen de muestra	Masa de muestra	Densidad medida
1	56	2	3,72	1,8600
2	58	4	9,02	2,2550
3	60	6	13,41	2,2350
4	62	8	17,41	2,1763
5	64	10	21,78	2,1780
6	66	12	26,6	2,2167
7	68	14	31	2,2143
8	70	16	35,23	2,2019
9	72	18	39,04	2,1689
10	74	20	44,32	2,2160

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Datos recolectados para la obtención de la densidad del bicarbonato de sodio, prueba 2**

Volumen inicial: 47mL				
Dato	Volumen medido	Volumen de muestra	Masa de muestra	Densidad medida
1	50	3	7,16	2,3867
2	53	6	14,57	2,4283
3	56	9	20,75	2,3056
4	59	12	26,75	2,2292
5	62	15	33,25	2,2167
6	65	18	39,66	2,2033
7	68	21	46,44	2,2114
8	71	24	52,98	2,2075
9	74	27	59,26	2,1948
10	77	30	65,42	2,1807

Fuente: elaboración propia.

3.8. **Análisis estadístico**

Con el fin de establecer los límites de los datos obtenidos a partir de las pruebas para determinación del punto de fusión de la manteca, la viscosidad del chocolate y la densidad del bicarbonato, se tomó en cuenta el valor medio para cada serie de datos generada, y la desviación estándar para esos datos. Basándose en el error estándar de la serie de datos, los límites mínimos y máximos se determinaron de la siguiente forma:

Obtención de la media para las series de datos generadas con los resultados de las pruebas:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

En donde:

\bar{x} = promedio de los valores obtenidos

x_i = cada uno de los valores tomados

n = el número de valores x_i en la serie de datos

Después de obtener el valor de la media para las series de datos, se calculó el valor de la desviación estándar de la siguiente manera:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

En donde:

σ = desviación estándar de la muestra

n = número de datos

x_i = dato obtenido

\bar{x} = promedio obtenido

A partir de este valor se obtuvo el coeficiente de variación entre los datos de la siguiente forma:

$$Cv = \frac{\sigma}{|\bar{x}|} \times 100 \%$$

Tabla XI. **Error por desviación estándar calculado a partir de los datos recolectados para la prueba del punto de fusión por el método de Wiley**

Promedio	42,2222
Desviación	1,3944
Coefficiente de variación	3,30 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Error por desviación estándar calculado a partir de los datos de viscosidad del chocolate tipo A**

	Velocidad (rpm): 20		Velocidad (rpm): 50		Velocidad (rpm): 100	
	Medida	Viscosidad	Medida	Viscosidad	Medida	Viscosidad
Promedio	24,8333	12 416,6667	37,4333	7 486,6667	53,6833	5 368,3333
Desviación	1,6985	849,2728	2,8969	579,3774	4,3894	438,9414
Coefficiente de variación	6,84 %	6,84 %	7,74 %	7,74 %	8,18 %	8,18 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Error por desviación estándar calculado a partir de los datos de viscosidad del chocolate tipo B**

	Velocidad (rpm): 20		Velocidad (rpm): 50		Velocidad (rpm): 100	
	Medida	Viscosidad	Medida	Viscosidad	Medida	Viscosidad
Promedio	38,4412	19 220,5882	56,3824	11 276,4706	80,1324	8 013,2353
Desviación	3,8784	1 939,1937	4,6385	927,7078	5,2416	524,1601
Coefficiente de variación	10,09 %	10,09 %	8,23 %	8,23 %	6,54 %	6,54 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Error por desviación estándar calculado a partir de los datos recolectados para la prueba para la obtención de la densidad del bicarbonato**

	Prueba 1 (g/mL)	Prueba 2 (g/mL)
Promedio	2,1722	2,2564
Desviación estándar	0,1130	0,0869
Coefficiente de variación	5,20 %	3,85 %

Fuente: elaboración propia.

Se observó que el dato con valor 1,86 g/mL de la tabla IX para la prueba 1 se encontró más alejado del valor promedio que el resto de los valores. Por lo cual se prosiguió con la realización de la prueba Q de Dixon para determinar la posibilidad de excluir dicho valor al obtener primero el valor Q:

$$Q = \frac{|Dato\ de\ interés - Dato\ más\ cercano|}{|Dato\ mayor - Dato\ menor|}$$

Dicho valor se compara con el valor Q de tabla, obtenido de la tabla XXIII y seleccionando un nivel de confianza del 90 %, al encontrarse el coeficiente de variación dentro del 10 %.

Tabla XV. **Resultado obtenido de la prueba Q de Dixon para la prueba 1 de determinación del bicarbonato**

Dato de interés-Dato más cercano	0,309
Dato mayor-Dato menor	0,395
Q	0,782
Q _{tabla}	0,343

Fuente: elaboración propia.

Debido a que el valor Q obtenido es mayor que el valor Q_{tabla}, se determinó que es posible omitir el dato con valor 1,86 g/mL obtenido para la prueba 1 de determinación de densidad del bicarbonato, obteniéndose así la siguiente tabla para el error por desviación:

Tabla XVI. **Error por desviación estándar calculado a partir de los datos recolectados para la prueba para la obtención de la densidad del bicarbonato (corregido)**

	Prueba 1 (g/mL)	Prueba 2 (g/mL)
Promedio	2,2069	2,2564
Desviación estándar	0,0287	0,0869
Coefficiente de variación	1,30 %	3,85 %

Fuente: elaboración propia.

La prueba de la determinación de la densidad permite comparar el valor obtenido con la densidad real, el cual es un valor conocido. Por lo cual fue necesario también obtener el valor del error por exactitud del resultado dicha prueba de la siguiente forma:

$$E = \frac{|D_R - D_E|}{D_R} \times 100 \%$$

En donde:

E = porcentaje de error por exactitud

D_R = dato real obtenido del proveedor

D_E = dato experimental obtenido de los resultados de las metodologías

Tabla XVII. **Error por exactitud calculado a partir de los datos recolectados para la prueba para la obtención de la densidad del bicarbonato**

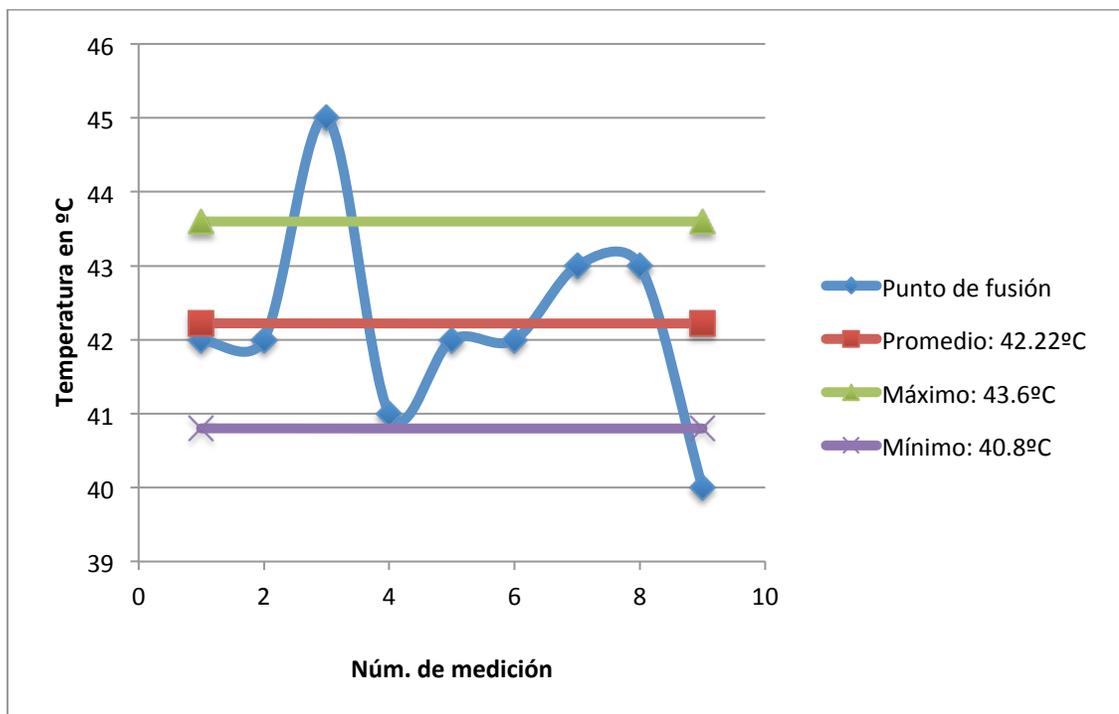
	Prueba 1	Prueba 2
Promedio	2,2069	2,2564
Valor real	2,2000	2,2000
Error por exactitud	0,31 %	2,56 %

Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos con base en los datos recolectados por medio de las pruebas.

Figura 1. **Punto de fusión de la manteca obtenido a partir de los datos recolectados**



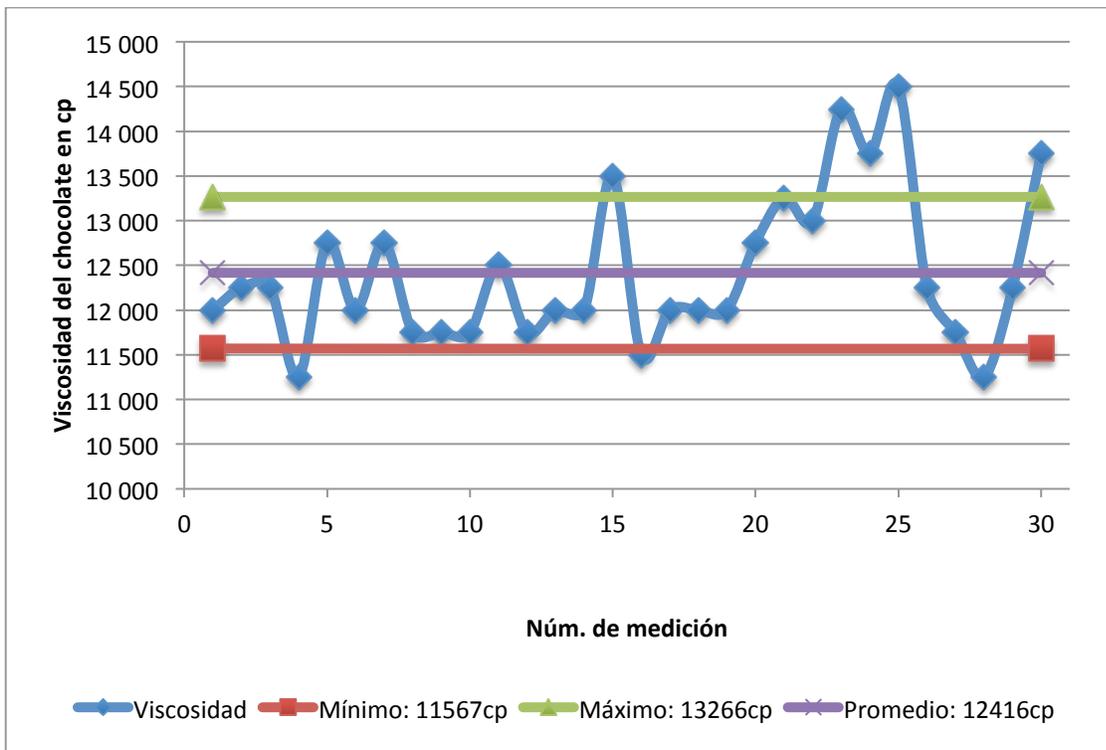
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Resultados obtenidos para la prueba del punto de fusión de la manteca a través del método de Wiley**

Núm. de mediciones	Valor máximo		Valor mínimo		Valor promedio	Desviación estándar
	Calculado	Aproximado	Calculado	Aproximado		
9	43,6 °C	43 °C	40,8 °C	41 °C	42,22 °C	1,3944 °C

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Viscosidad del chocolate tipo A medida con la velocidad de 20 rpm del viscosímetro**



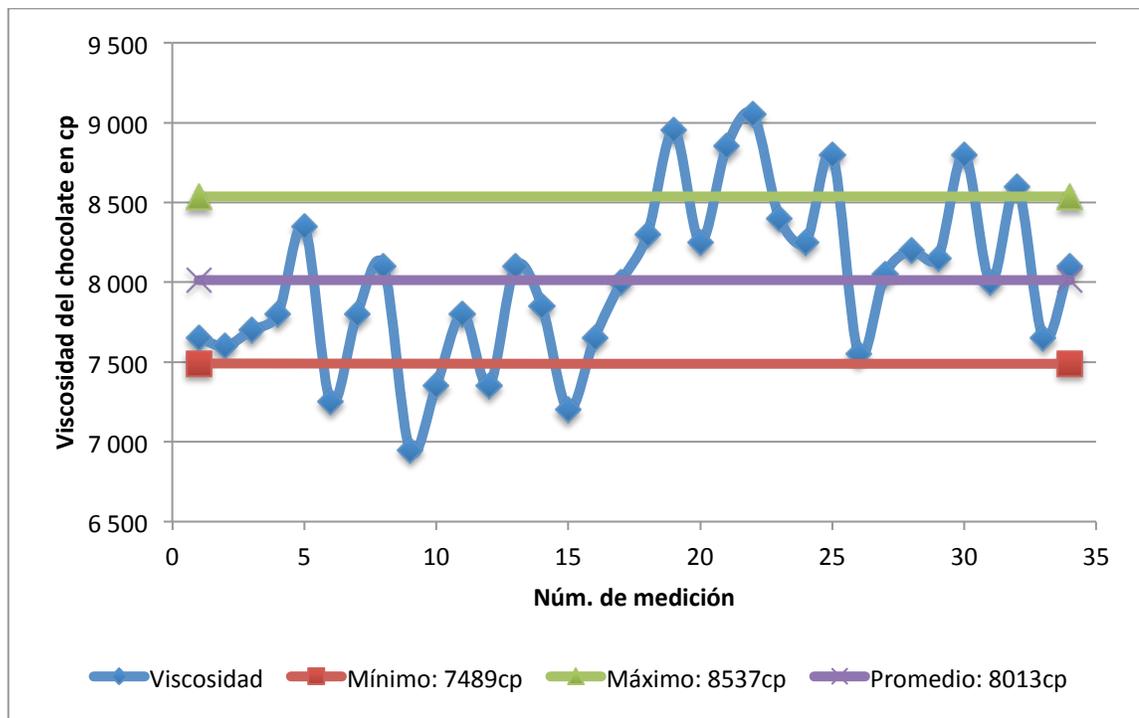
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Resultados obtenidos para la prueba de la obtención de la viscosidad del chocolate tipo A**

Núm. de mediciones	Valor máximo		Valor mínimo		Valor promedio	Desviación estándar
	Calculado	Aproximado	Calculado	Aproximado		
30	13 266 cp	13 250 cp	11 567cp	11 500 cp	12 416 cp	849,27 cp

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Viscosidad del chocolate tipo B medida con la velocidad de 100 rpm del viscosímetro**



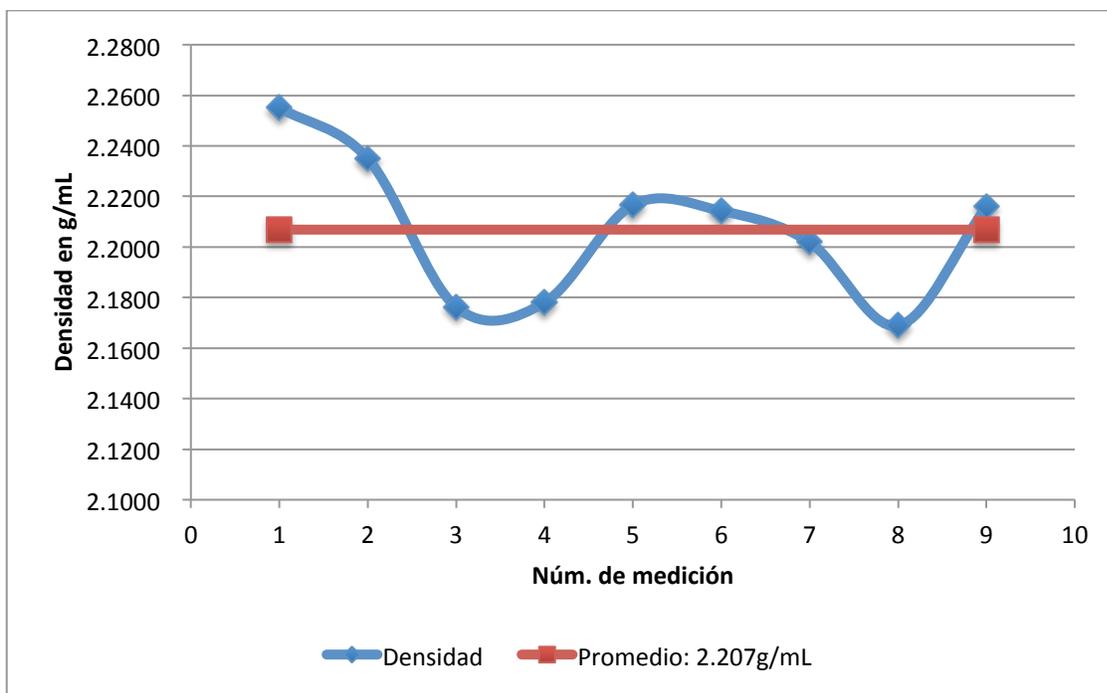
Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Resultados obtenidos para la prueba de la obtención de la viscosidad del chocolate tipo B**

Núm. de mediciones	Valor máximo		Valor mínimo		Valor promedio	Desviación estándar
	Calculado	Aproximado	Calculado	Aproximado		
34	8 537cp	8 550cp	7 489cp	7 500cp	8 013cp	524,16cp

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Densidad del bicarbonato de sodio obtenida a partir de los datos recolectados**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Resultados obtenidos para la prueba de la determinación de la densidad del bicarbonato de sodio**

Núm. de mediciones	Densidad obtenida		Desviación estándar
9	Dato calculado	Dato real	0,0287 g/mL
	2,201 g/mL	2,2 g/mL	

Fuente: elaboración propia.

Se lograron obtener resultados tanto positivos como negativos para la prueba de la determinación de la rancidez de la manteca vegetal, pero no fueron generados resultados numéricos para dicha prueba al ser del tipo cualitativa.

Se generó la siguiente tabla de conversión para la obtención del contenido de humedad de la miel de abeja. Con lo cual fue actualizada la forma de medición al incluir la temperatura al momento de realizar la medición y se estableció un único límite superior de 20 % de contenido de humedad para la muestra analizada.

Tabla XXII. **Corrección para la obtención del porcentaje de humedad de la miel**

		Porcentaje de humedad en la miel										
Temperatura		15 °C	16 °C	17 °C	18 °C	19 °C	20 °C	21 °C	22 °C	23 °C	24 °C	25 °C
Medida del refractómetro en °Bx	74,50	24,58	24,48	24,39	24,30	24,20	24,11	24,02	23,92	23,83	23,74	23,64
	75,00	24,09	23,99	23,90	23,81	23,71	23,62	23,53	23,43	23,34	23,25	23,16
	75,50	23,61	23,51	23,42	23,33	23,23	23,14	23,05	22,95	22,86	22,77	22,68
	76,00	23,11	23,02	22,93	22,84	22,74	22,65	22,56	22,46	22,37	22,28	22,19
	76,50	22,62	22,53	22,44	22,35	22,25	22,16	22,07	21,98	21,88	21,79	21,70
	77,00	22,13	22,04	21,95	21,86	21,76	21,67	21,58	21,49	21,39	21,30	21,21
	77,50	21,64	21,55	21,46	21,37	21,27	21,18	21,09	21,00	20,90	20,81	20,72
	78,00	21,15	21,06	20,97	20,87	20,78	20,69	20,60	20,51	20,41	20,32	20,23
	78,50	20,65	20,56	20,47	20,37	20,28	20,19	20,10	20,01	19,92	19,82	19,73
	79,00	20,16	20,07	19,97	19,88	19,79	19,70	19,61	19,52	19,43	19,33	19,24
	79,50	19,66	19,57	19,47	19,38	19,29	19,20	19,11	19,02	18,93	18,84	18,75
	80,00	19,16	19,07	18,97	18,88	18,79	18,70	18,61	18,52	18,43	18,34	18,25
	80,50	18,65	18,56	18,47	18,38	18,29	18,20	18,11	18,02	17,93	17,84	17,75
	81,00	18,15	18,06	17,97	17,88	17,79	17,70	17,61	17,52	17,43	17,34	17,25
	81,50	17,65	17,56	17,47	17,38	17,29	17,20	17,11	17,02	16,93	16,84	16,75

Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con el fin de establecer el rango dentro del cual deben permanecer los resultados de las pruebas implementadas, se gráficas para cada una y se obtuvo el valor promedio y la desviación estándar para dichas series de datos. Se estableció que el límite inferior a implementarse debe ser igual al valor promedio menos el valor de la desviación estándar, y el límite superior debe ser igual al valor promedio más el valor de la desviación estándar. Luego de calcular los límites, dichos valores fueron redondeados a conveniencia de cada prueba, con el fin de omitir valores decimales que no pueden ser leídos o cuantificados directamente al momento de realizar la prueba.

5.1. Prueba para la determinación del punto de fusión de la manteca vegetal

Como se observa en la figura 1, y en la información presentada por la tabla XVIII para la prueba de la determinación del punto de fusión de la manteca, el valor promedio estimado para la temperatura del punto de fusión de para esta materia prima fue de 42,22 °C, el rango de temperatura fue de 40,8 °C a 43,6 °C, valores que fueron redondeados a 41 °C y 43 °C respectivamente. De manera que puedan ser leídos e interpretados de mejor forma al realizar la medición con el termómetro empleado para la prueba, al mostrar este la temperatura en unidades enteras.

Los resultados cuyos valores fueron mayores a 43 °C e inferiores a 41 °C indican condiciones en las cuales la prueba no se realizó de forma idónea, ya sea por cambios bruscos de temperatura en el calentamiento de la muestra, o

que la medición no se realice en el momento correcto. Debido a esto, los resultados obtenidos al realizar la prueba implementada serían aceptables mientras permanezcan dentro del rango generado, y debería repetirse la prueba si los resultados se encuentran fuera del rango, ya que esto indicaría que existe un cambio en la formulación de la muestra.

La desviación estándar obtenida fue de 1,3944 °C para la temperatura del punto de fusión de la manteca vegetal, obteniéndose un coeficiente de variación de 3,3 % según la información de la tabla XI. Debido a que este valor de desviación estándar fue utilizado para la determinación del rango para los resultados, se pudo establecer que dicha prueba tiene un nivel confianza superior al 95 % al obtenerse valores para el punto de fusión dentro del rango establecido.

5.2. Prueba para la determinación de la viscosidad del chocolate de cobertura

El viscosímetro empleado para dicha prueba posee diferentes velocidades de medición, en función de la viscosidad del fluido a medirse. Por lo cual se realizó una serie de mediciones a tres velocidades distintas del viscosímetro, siendo estas 20 rpm, 50 rpm y 100 rpm. Luego de obtenerse la serie de datos para cada una de las velocidades se estableció la velocidad de funcionamiento del viscosímetro con base en el coeficiente de desviación, seleccionándose la velocidad con la cual la desviación obtenida fuese menor.

Para el chocolate tipo A, los valores presentados en las tablas VII y XII indicaron que al seleccionarse la velocidad de 20 rpm para el viscosímetro. El coeficiente de desviación obtenido fue de 6,84 %, en comparación a 7,74 % para la velocidad de 50 rpm y 8,18 % para la velocidad de 100 rpm. Por lo cual

los valores presentados por la figura 2 corresponden a los datos obtenidos con la velocidad de 20 rpm. El valor promedio de viscosidad obtenido fue de 12 416 cp, y el rango establecido con esta velocidad del viscosímetro fue de 11 567 cp a 13 266 cp, redondeándose a 11 500 cp y 13 250 cp respectivamente. Al ser estos los valores de viscosidad que se obtienen con la tabla presente en el manual de usuario del viscosímetro al emplear dicha velocidad.

Para el chocolate tipo B, según la información presentada en las tablas VIII y XIII, al utilizar el viscosímetro con la velocidad de medición de 100 rpm, se obtiene un coeficiente de variación del 6,54 %, en comparación con 10,09 % para la velocidad de 20 rpm y 8,23 % para la velocidad de 50 rpm, presentándose así los datos correspondientes a dicha velocidad en la figura 3, con un promedio de 8 013 cp y un rango de 7 489 cp a 8 537 cp, el cual fue redondeado a 7 500 cp y 8 550 cp respectivamente. En concordancia con los datos de viscosidad obtenidos al trabajar con esta velocidad según la tabla del manual de usuario del viscosímetro.

Los valores de viscosidad obtenidos fuera del rango establecido para ambos tipos de chocolate indican, nuevamente, condiciones no idóneas para la realización de la prueba, como una variación muy grande de la temperatura a la que se emplea cada tipo de chocolate, o un cambio en la composición del mismo. Según las tablas XII y XIII, la realización de la prueba genera valores de viscosidad para ambos tipos de chocolate con un nivel de confianza superior al 90 % mientras los datos se encuentren dentro de los rangos establecidos.

5.3. Prueba para la determinación de la densidad del bicarbonato de sodio

Al determinarse la densidad del bicarbonato de sodio, que se emplea en la fabricación de la galleta para los chocolates, se puede tener de forma indirecta el grado de pureza de esta materia prima. Esto se obtiene al ser comparado el valor obtenido a través de dicha prueba con el valor real de la densidad del bicarbonato de sodio puro, el cual es de 2,2 g/mL.

Debido a que el resultado de la prueba se compara con el valor real, no se estableció un rango para la misma, pero sí fueron realizadas dos pruebas. Cada una con su serie de datos, a un intervalo diferente de volumen desplazado dentro de la probeta, siendo la prueba 1 a un intervalo de 2 mL y la prueba 2 a un intervalo de 3 mL.

La información presentada por la tabla XIV indica que al realizarse la prueba con un intervalo de 2 mL en la prueba 1, generó un coeficiente de desviación de 5,2 %, en comparación con 3,85 % con un intervalo de 3 mL para la prueba 2.

Al observarse el dato 1 de la tabla IX para la prueba 1, se pudo notar que dicho valor de 1,86 g/mL se encontraba más alejado del promedio de 2,1722 g/mL, con lo cual se aplicó la prueba Q de Dixon para valores anómalos, y con los datos de la tabla XV se estableció que dicho dato pudo dejar de ser tomado en cuenta. Con lo cual se obtuvo la tabla XVI en la cual el nuevo coeficiente de variación para la prueba 1 con intervalo de 2 mL fue de 1,3 %, el cual es menor al de la prueba 2 con intervalo de 3 mL, teniendo que la prueba 1 tiene un intervalo con el cual se generan datos con una menor desviación.

La figura 4 presenta los datos de la prueba 1, excluyendo el dato 1, con un valor promedio de 2,201 g/mL que, al compararse con el valor real de 2,2 g/mL, se obtiene un error de exactitud de 0,31 %, el cual es menor al error de la prueba 2 de 2,56 % con un promedio de 2,2564 según la tabla XVII. Se estableció que la prueba debe realizarse con un intervalo de 2 mL y que genera resultados con un nivel de confianza superior al 95 %.

5.4. Prueba para la determinación de la rancidez de la manteca vegetal

El resultado de la prueba puede ser positivo al haber coloración rosada en la muestra de manteca luego de agregarse el reactivo indicador floroglucinol, y negativo al permanecer la muestra sin cambios después de agregar el reactivo. La prueba fue realizada para diversas muestras de manteca con un tiempo diferente de estadía dentro de la planta. Se estableció que los lotes cuyas muestras presenten un resultado positivo para esta prueba deben ser removidos y reemplazados por lotes nuevos, después de haber sido verificada la misma prueba de rancidez para estos lotes nuevos. Luego de haberse implementado el procedimiento para realizar la prueba, se generó una hoja de control que incluye la fecha de inclusión y número de lote, con lo cual puede manejarse de mejor forma el cambio.

5.5. Prueba para la determinación del contenido de humedad de la miel de abeja

La implementación de esta prueba implicó la actualización de la medición que ya se llevaba a cabo, en la cual se emplea un refractómetro para medición de la concentración en grados Brix para una solución de azúcar. Debido a que el refractómetro no presenta los resultados para una muestra de miel, y dado

que el contenido de humedad de la misma varía con la temperatura, se partió de la tabla XXV, valores de índice de refracción para soluciones de azúcar a concentraciones diferentes, para realizar una conversión y obtener el índice de refracción de la muestra medida. Después de la conversión de grados Brix en índice de refracción, se empleó la tabla XXVI, tabla del porcentaje de humedad de la miel con base en el índice de refracción. Esto para la conversión de dicho índice de refracción a contenido de humedad de miel, y la temperatura fue incluida al realizar la corrección de la misma a través de la tabla XXVII, corrección de temperatura para el porcentaje de humedad de la miel.

Con la conversión realizada se generó la tabla XXII, esto para determinar el contenido de humedad de una muestra de miel, estableciéndose que al realizar la medición debe ser tomada también la temperatura de la muestra. Con ella se puede obtener una aproximación del contenido de humedad, expresado en forma porcentual.

Según las especificaciones del Codex Alimentarius para la miel de abeja, el contenido de humedad debe permanecer por debajo del 20 %. Por lo cual es este límite superior el que fue incluido en la documentación del procedimiento.

CONCLUSIONES

1. Se implementaron las metodologías analíticas de control de calidad para su realización dentro de la planta con su respectiva documentación, la cual incluye el equipo a utilizar, el procedimiento y los límites inferior y superior para los resultados.
2. Los límites superior e inferior para los resultados de la prueba para la determinación del punto de fusión de la manteca a través del método de Wiley fueron de 41 °C a 43 °C.
3. Los límites superior e inferior para los resultados de la prueba, para la determinación de la viscosidad del chocolate tipo A fueron de 11 500 cp a 13 250 cp, y para el chocolate tipo B fueron de 7 500 cp a 8 550 cp.
4. Se obtuvo una aproximación del valor de la densidad del bicarbonato de sodio de 2,201 g/mL, con un error de exactitud de 0,31 %.
5. Se actualizó el método para la determinación del contenido de humedad de la miel al emplear la tabla de conversión de grados Brix a contenido porcentual de humedad e incluir la medición de la temperatura en el procedimiento, estableciéndose un límite superior de 20 % para el valor de la humedad.
6. Se estableció a partir del error porcentual de desviación estándar que la prueba para la determinación del punto de fusión de la manteca a través del método de Wiley tiene un nivel de confianza superior al 95 %.

7. Se estableció que la prueba para la determinación de la viscosidad del chocolate de cobertura tiene un nivel de confianza superior al 90 % en base al error porcentual de desviación estándar.

RECOMENDACIONES

1. Los límites establecidos en la documentación para cada prueba pueden cambiar en el futuro debido a los cambios que puedan aplicarse a la formulación de las muestras o a los requerimientos de las materias primas, se puede continuar generando más resultados de forma interna. Esto para ajustar los valores promedio y los límites y aumentar el grado de confiabilidad al disminuir la desviación si se cuenta con un tamaño mayor de muestra.
2. Las condiciones y forma de realización para cada metodología se encontró ajustada a las condiciones y recursos disponibles durante la realización del proyecto. Estas pueden ser modificadas si se realiza la inclusión de nuevo equipo y mejores recursos más adelante.
3. Los valores de los datos obtenidos para las pruebas para la determinación del punto de fusión de la manteca vegetal, la viscosidad del chocolate de cobertura y la densidad del bicarbonato de sodio, pueden ser empleados más adelante para relacionarlos de mejor forma con la composición de las muestras analizadas al incluir el dato de composición a la realización de la prueba y generar una correlación.
4. La prueba de la rancidez de la manteca puede ser ampliada, si se incluye el tiempo de estadía de la muestra en la planta, para estimar el tiempo en el cual puede permanecer un lote determinado en la planta sin que se presente rancidez.

5. Es posible implementar otras pruebas para el control de la calidad en el laboratorio con la obtención de equipos y reactivos adicionales. La prueba para la obtención del contenido de grasas de los granos de cacao puede ser implementada con un equipo de extracción Soxhlet al instalar una campana de extracción y utilizar un solvente orgánico, como el éter de petróleo de la prueba para la determinación de la rancidez de la manteca. Esta prueba también puede emplearse con el maní empleado en los productos de la planta.

6. Es posible obtener también más datos acerca de la calidad de la manteca al obtener el grado de rancidez, por medio de una titulación con hidróxido de potasio. Otra prueba que puede implementarse es la determinación del índice de yodo de la manteca, la cual puede implementarse al utilizar los reactivos: solución de Wijs, ciclohexano, yoduro de potasio, dicromato de potasio, tiosulfato de sodio y almidón soluble, los cuales no se encuentran disponibles actualmente en el laboratorio.

7. La cantidad de aflatoxinas en el maní es un dato importante para determinar la calidad del mismo. Este dato puede determinarse por medio de una cromatografía en capa fina. Dicha prueba requiere los reactivos: cloroformo, sulfato de sodio, gel de sílice 60 para cromatografía en columna, éter anhidro y n-hexano, los cuales pueden ser obtenidos junto con un espectrofotómetro para la implementación de la prueba en el laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

1. BROOKFIELD DIAL VISCOMETER RVT. *Operating instructions. Manual No. M/85-150-P700.* Estados Unidos. 34 p.
2. CARRANZA DÍAZ, Susana Paola. *Validación del Método Analítico de Cuantificación para Clorhidrato de ambroxol jarabe en el Laboratorio de Producción de Medicamentos –LAPROMED-.* Trabajo de graduación de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 103 p.
3. Coguanor NGO-34-072. *Aceites y grasas comestibles. Prueba de rancidez. Ensayo de Kreis.* Guatemala. 50 p.
4. Coguanor NGO 34-072-h16 *Aceites y grasas comestibles. Determinación del punto de fusión. Método de Wiley.* Guatemala. 9 p.
5. Comisión del Codex Alimentarius. *Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias, CX/S 00/3, PROYECTO DE NORMA REVISADO DEL CODEX PARA LA MIEL, sección 3.4 Contenido de humedad.* Italia. 38 p.

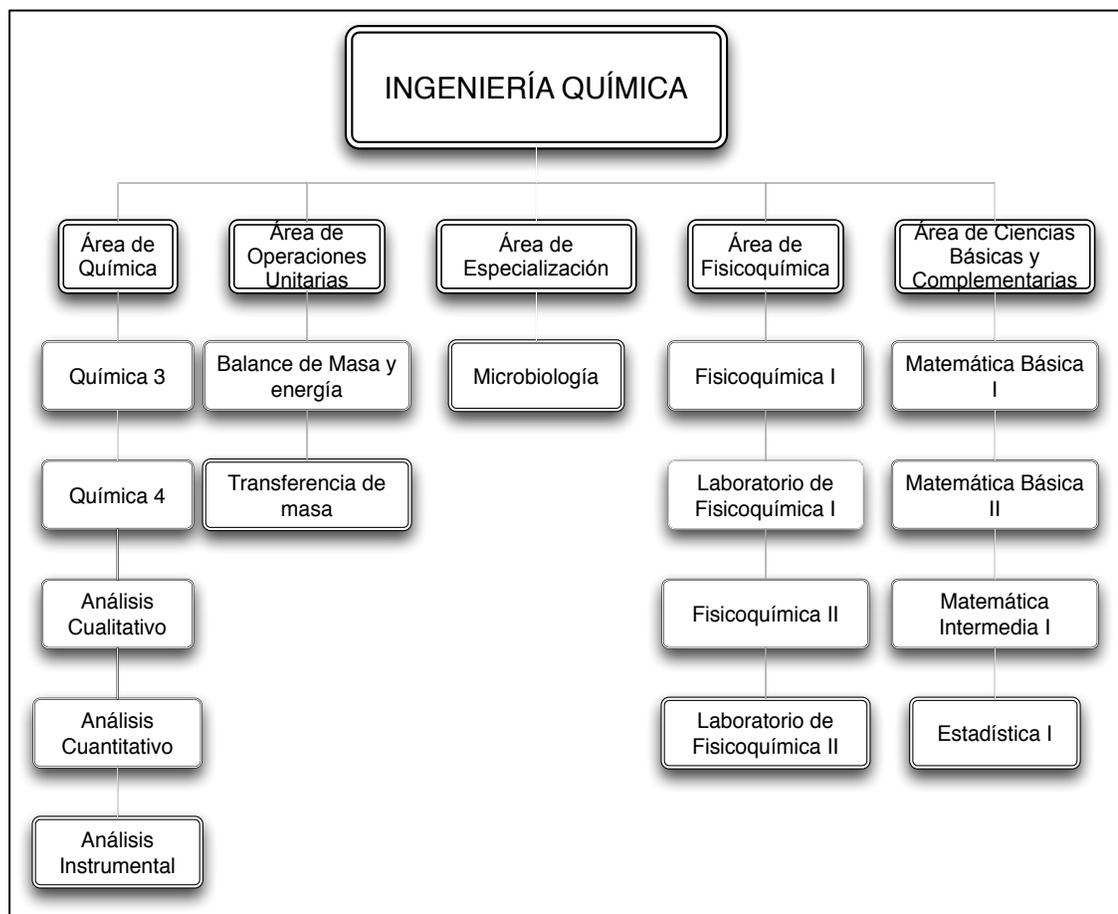
6. ESTRADA CONTRERAS, Julia Michelle. *Implementación y validación de una metodología de análisis de aceite de palma para un Laboratorio de Referencia Nacional*. Trabajo de graduación de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 89 p.
7. Global Water, 45-27. *Eclipse hand held refractometer manual, % water in honey Temperature Correction*. AOAC: Estados Unidos, 2000. 1 p.
8. MILLER, James N.; MILLER, Jane C. *Estadística y Quimiometría para Química Analítica*. 4a ed. Madrid, España: Pearson Educación S. A., 2002. 296 p.
9. Manuales para educación agropecuaria. *Control de calidad de productos agropecuarios*. 2a ed. México D. F.: Trillas, 1990. 89 p.
10. MONTUFAR PÉREZ, Nildred Jeaneth. *Validación de cinco métodos analíticos utilizados en el laboratorio de control de calidad, de una planta de envasado de rones añejos*. Trabajo de graduación de Ingeniería Química, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 55 p.
11. NMX-F-114-S-1981. *Alimentos para humanos. Grasas vegetales o animales. Determinación del punto de fusión por el método de Wiley*. México: Dirección General de Normas, 1981. 4 p.

12. Universidad de Murcia. *Practica-miel-humedad*. [en línea]. <<http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario-1/practicas-1/practica-miel-humedad>>. [Consulta: 11 de marzo de 2016].

13. VERMA, Surendra P. y QUIROZ RUIZ, Alfredo. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 23, núm. 2, 2006. *Critical values for six Dixon tests for outliers in normal samples up to sizes 100, and applications in science and engineering*. 28 p.

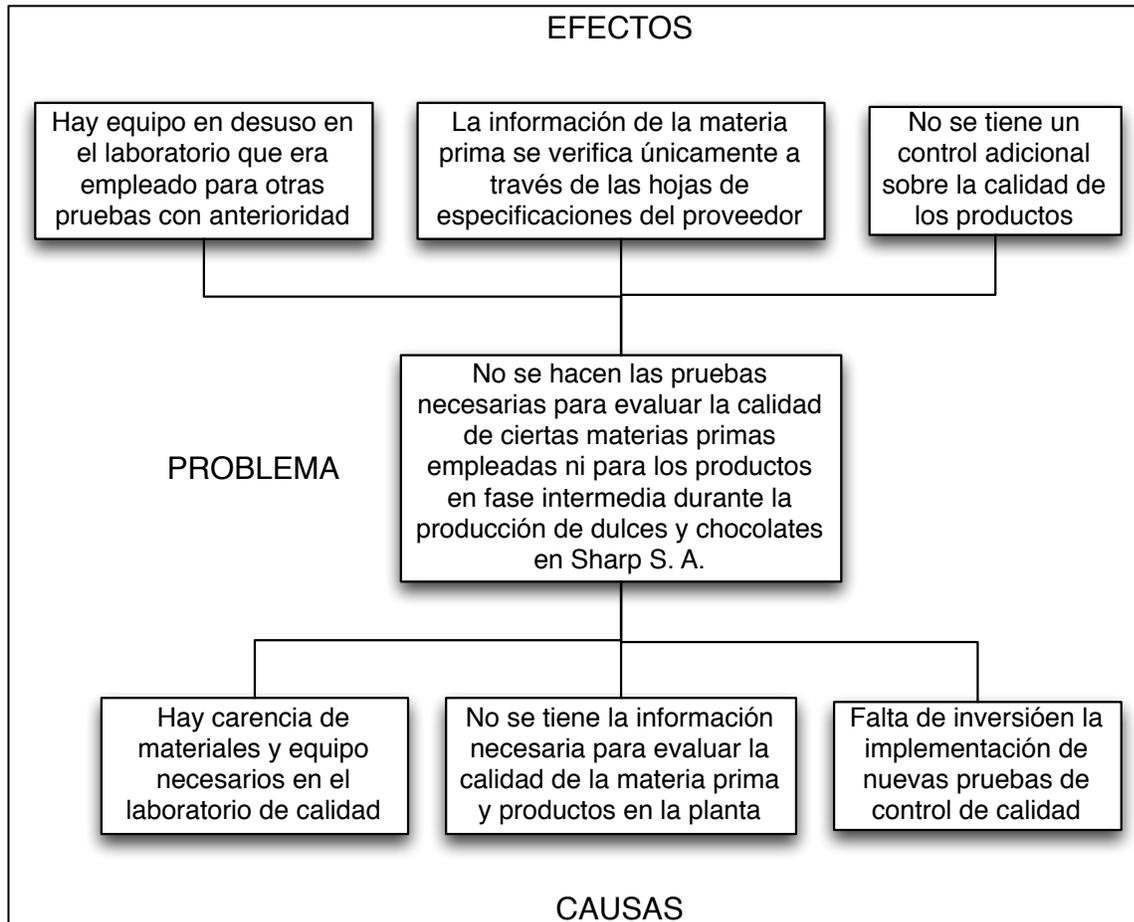
APÉNDICES

Apéndice 1. Tabla de requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Valores críticos de la prueba Q de Dixon para datos anómalos

n	CL	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.5%
	SL	30%	20%	10%	5%	2%	1%	0.5%
	α	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005
3		0.6836	0.7808	0.8850	0.9411	0.9763	0.9881	0.9940
4		0.4704	0.5603	0.6789	0.7651	0.8457	0.8886	0.9201
5		0.3730	0.4508	0.5578	0.6423	0.7291	0.7819	0.8234
6		0.3173	0.3868	0.4840	0.5624	0.6458	0.6987	0.7437
7		0.2811	0.3444	0.4340	0.5077	0.5864	0.6371	0.6809
8		0.2550	0.3138	0.3979	0.4673	0.5432	0.5914	0.6336
9		0.2361	0.2915	0.3704	0.4363	0.5091	0.5554	0.5952
10		0.2208	0.2735	0.3492	0.4122	0.4813	0.5260	0.5658

Fuente: CARRANZA DÍAZ, Susana Paola. *Validación del Método Analítico de Cuantificación para Clorhidrato de ambroxol jarabe en el Laboratorio de Producción de Medicamentos –LAPROMED-*. p. 265.

Anexo 2. Factores para la obtención de la viscosidad, siendo empleada la columna 6

RV Series Viscometer													
1		2		3		4		5		6		7	
.5	200	.5	800	.5	2K	.5	4K	.5	8K	.5	20K	.5	80K
1	100	1	400	1	1K	1	2K	1	4K	1	10K	1	40K
2	50	2	200	2	500	2	1K	2	2K	2	5K	2	20K
2.5	40	2.5	160	2.5	400	2.5	800	2.5	1.6K	2.5	4K	2.5	16K
4	25	4	100	4	250	4	500	4	1K	4	2.5K	4	10K
5	20	5	80	5	200	5	400	5	800	5	2K	5	8K
10	10	10	40	10	100	10	200	10	400	10	1K	10	4K
20	5	20	20	20	50	20	100	20	200	20	500	20	2K
50	2	50	8	50	20	50	40	50	80	50	200	50	800
100	1	100	4	100	10	100	20	100	40	100	100	100	400

= Spindle
 = Spindle Speed
 = Factor
K = 1000

Fuente: BROOKFIELD DIAL VISCOMETER RVT. *Operating instructions. Manual No. M/85-150-P700*. p. 12.

Anexo 3. **Valores de índice de refracción para soluciones de azúcar a concentraciones diferentes**

°BRIX (POR CIENTO EN AZÚCAR	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	GRAMOS DE AZÚCAR POR LITRO DE AGUA
10	1.3478	111
15	1.3557	176
20	1.3638	249
25	1.3723	332
30	1.3811	427
35	1.3902	537
40	1.3997	665
45	1.4096	816
50	1.4200	997
52	1.4242	1080
54	1.4285	1171
56	1.4329	1269
58	1.4373	1377
60	1.4418	1496
61	1.4441	1560
62	1.4464	1627
63	1.4486	1698
64	1.4509	1773
65	1.4532	1852
66	1.4555	1936
67	1.4579	2025
68	1.4603	2120
69	1.4627	2221
70	1.4651	2328
72	1.4701	2565
74	1.4751	2839
76	1.4801	3156
78	1.4852	3535

Fuente: Manuales para educación agropecuaria. *Control de calidad de productos agropecuarios.*

Anexo 4. **Porcentaje de humedad de la miel en base al índice de refracción**

Índice de Refracción a 20 °C	% de Humedad	Índice de Refracción a 20 °C	% de Humedad	Índice de Refracción a 20 °C	% de Humedad
1.5044	13.0	1.4935	17.2	1.4830	21.4
1.5038	13.2	1.4930	17.4	1.4825	21.6
1.5033	13.4	1.4925	17.6	1.4820	21.8
1.5028	13.6	1.4920	17.8	1.4815	22.0
1.5023	13.8	1.4915	18.0	1.4810	22.2
1.5018	14.0	1.4910	18.2	1.4805	22.4
1.5012	14.2	1.4905	18.4	1.4800	22.6
1.5007	14.4	1.4900	18.6	1.4795	22.8
1.5002	14.6	1.4895	18.8	1.4790	23.0
1.4997	14.8	1.4890	19.0	1.4785	23.2
1.4992	15.0	1.4885	19.2	1.4780	23.4
1.4987	15.2	1.4880	19.4	1.4775	23.6
1.4982	15.4	1.4875	19.6	1.4770	23.8
1.4976	15.6	1.4870	19.8	1.4765	24.0
1.4971	15.8	1.4865	20.0	1.4760	24.2
1.4966	16.0	1.4860	20.2	1.4755	24.4
1.4961	16.2	1.4855	20.4	1.4750	24.6
1.4956	16.4	1.4850	20.6	1.4745	24.8
1.4951	16.6	1.4845	20.8	1.4740	25.0
1.4946	16.8	1.4840	21.0	-	-
1.4940	17.0	1.4835	21.2	-	-

Fuente: Universidad de Murcia. *Practica-miel-humedad*. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-alud/higieneinspeccion-y-control-alimentario-1/practicas-1/practica-miel-humedad>.
Consulta: 11 de marzo de 2016.

Anexo 5. **Tabla de corrección de temperatura para el porcentaje de humedad de la miel**

Temperature / °C	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
10	0.87	0.88	0.88	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.91	0.91	0.92	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97
11	0.78	0.79	0.79	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82	0.82	0.83	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86	0.86	0.87
12	0.70	0.70	0.70	0.71	0.71	0.72	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.74	0.74	0.75	0.75	0.75	0.76	0.76	0.76	0.77	0.77
13	0.61	0.61	0.62	0.62	0.62	0.63	0.63	0.63	0.64	0.64	0.64	0.65	0.65	0.65	0.66	0.66	0.66	0.67	0.67	0.67	0.68
14	0.52	0.53	0.53	0.53	0.53	0.54	0.54	0.54	0.55	0.55	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56	0.56	0.57	0.57	0.57	0.58	0.58
15	0.44	0.44	0.44	0.44	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	0.46	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48
16	0.35	0.35	0.35	0.35	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.39
17	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29
18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
19	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09
22	-0.17	-0.17	-0.17	-0.17	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19
23	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.29	-0.29
24	-0.34	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.36	-0.36	-0.36	-0.36	-0.36	-0.37	-0.37	-0.37	-0.37	-0.37	-0.37	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38
25	-0.43	-0.43	-0.44	-0.44	-0.44	-0.44	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.46	-0.46	-0.46	-0.46	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.48	-0.48
26	-0.52	-0.52	-0.52	-0.53	-0.53	-0.53	-0.54	-0.54	-0.54	-0.54	-0.55	-0.55	-0.55	-0.56	-0.56	-0.56	-0.56	-0.57	-0.57	-0.57	-0.57
27	-0.60	-0.61	-0.61	-0.61	-0.62	-0.62	-0.63	-0.63	-0.63	-0.64	-0.64	-0.64	-0.65	-0.65	-0.65	-0.66	-0.66	-0.66	-0.66	-0.67	-0.67
28	-0.69	-0.69	-0.70	-0.70	-0.71	-0.71	-0.71	-0.72	-0.72	-0.73	-0.73	-0.73	-0.74	-0.74	-0.75	-0.75	-0.75	-0.76	-0.76	-0.76	-0.77
29	-0.78	-0.78	-0.79	-0.79	-0.80	-0.80	-0.80	-0.81	-0.81	-0.82	-0.82	-0.83	-0.83	-0.83	-0.84	-0.84	-0.85	-0.85	-0.85	-0.86	-0.86
30	-0.86	-0.87	-0.87	-0.88	-0.88	-0.89	-0.89	-0.90	-0.90	-0.91	-0.91	-0.92	-0.92	-0.93	-0.93	-0.94	-0.94	-0.94	-0.95	-0.95	-0.96
31	-0.95	-0.96	-0.96	-0.97	-0.97	-0.98	-0.98	-0.99	-0.99	-1.00	-1.00	-1.01	-1.01	-1.02	-1.02	-1.03	-1.03	-1.04	-1.04	-1.05	-1.05
32	-1.04	-1.04	-1.05	-1.05	-1.06	-1.07	-1.07	-1.08	-1.08	-1.09	-1.09	-1.10	-1.11	-1.11	-1.12	-1.12	-1.13	-1.13	-1.14	-1.14	-1.15
33	-1.12	-1.13	-1.14	-1.14	-1.15	-1.15	-1.16	-1.17	-1.17	-1.18	-1.19	-1.19	-1.20	-1.20	-1.21	-1.22	-1.22	-1.23	-1.23	-1.24	-1.24
34	-1.21	-1.22	-1.22	-1.23	-1.24	-1.24	-1.25	-1.26	-1.26	-1.27	-1.28	-1.28	-1.29	-1.30	-1.30	-1.31	-1.32	-1.32	-1.33	-1.33	-1.34
35	-1.29	-1.30	-1.31	-1.32	-1.32	-1.33	-1.34	-1.35	-1.35	-1.36	-1.37	-1.37	-1.38	-1.39	-1.40	-1.40	-1.41	-1.42	-1.42	-1.43	-1.44
36	-1.38	-1.39	-1.40	-1.40	-1.41	-1.42	-1.43	-1.44	-1.44	-1.45	-1.46	-1.47	-1.47	-1.48	-1.49	-1.50	-1.50	-1.51	-1.52	-1.52	-1.53
37	-1.47	-1.48	-1.48	-1.49	-1.50	-1.51	-1.52	-1.53	-1.53	-1.54	-1.55	-1.56	-1.57	-1.57	-1.58	-1.59	-1.60	-1.60	-1.61	-1.62	-1.63
38	-1.55	-1.56	-1.57	-1.58	-1.59	-1.60	-1.61	-1.61	-1.62	-1.63	-1.64	-1.65	-1.66	-1.67	-1.67	-1.68	-1.69	-1.70	-1.71	-1.71	-1.72
39	-1.64	-1.65	-1.66	-1.67	-1.68	-1.69	-1.69	-1.70	-1.71	-1.72	-1.73	-1.74	-1.75	-1.76	-1.77	-1.78	-1.78	-1.79	-1.80	-1.81	-1.82
40	-1.72	-1.73	-1.74	-1.75	-1.76	-1.77	-1.78	-1.79	-1.80	-1.81	-1.82	-1.83	-1.84	-1.85	-1.86	-1.87	-1.88	-1.89	-1.89	-1.90	-1.91

Fuente: Global Water, 45-27. *Eclipse hand held refractometer manual, % water in honey Temperature Correction.*