

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Desarrollo e investigación de agentes de limpieza en la línea de  
producción de Laboratorios Siwõ.

Práctica dirigida de graduación sometida a la consideración de la  
Escuela de Ingeniería Química como requisito final para optar por el  
grado de Licenciatura en Ingeniería Química.

Daniela Hernández Bolaños

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San Pedro; 2016



## Hoja de aprobación del tribunal examinador

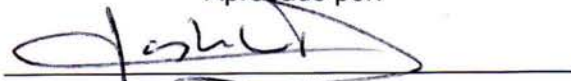
Desarrollo e investigación de agentes de limpieza en la línea de producción de  
Laboratorios Siwõ.

Práctica dirigida de graduación sometida a la consideración de la Escuela de Ingeniería  
Química como requisito final para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería  
Química

Elaborado por:

Daniela Hernández Bolaños

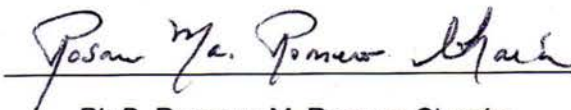
Aprobado por:



Ph.D. Esteban Durán Herrera  
Presidente del tribunal



Ing. Aldo Mora Alvarado  
Director del proyecto



Ph.D. Rosaura M. Romero Chacón  
Miembro Lector



M.Sc. Orlando Porras Mora  
Miembro Lector



Ing. Rodolfo-Wattson Gomez  
Miembro Lector



## **Dedicatoria**

*A mis padres por todo su esfuerzo.*



## Agradecimientos

A Dios por permitirme culminar mis estudios universitarios, por el privilegio de contar con las personas que me han acompañado a lo largo de mi vida y en este proceso. Por regalarme las fuerzas para continuar hasta donde se me permita llegar.

A mis padres, Isabel y Humberto, por apoyarme durante todos mis años de estudio, por brindarme la mejor educación que me pudieron dar y por ese amor de padres que me ayudó a salir adelante frente a muchos obstáculos. A mi hermana por su apoyo y compañía, por todas esas travesuras que hicimos juntas, a mis abuelitos, Lila y Tito, a quienes les debo el acompañamiento de mis primeros años académicos, cuando me ayudaban con las tareas escolares y me preparaban para ir a la escuela, a ellos también les debo mi educación espiritual que me ayudó a ser una mejor persona.

A *Ph.D.* Rosaura Romero por ser la primera en darme la oportunidad de desarrollarme fuera de las aulas y de trabajar en el CIPRONA con el proyecto de graduación, por sus consejos y dirección. A *Ing.* Aldo Mora por no dudar en darme su apoyo y guía para empezar y terminar este proyecto con éxito.

A todo el personal de CIPRONA que me enseñó muchísimo e hicieron inestimables aportes a este proyecto. A la *M.Sc.* Alicia Hernández por darme la oportunidad de trabajar y aprender en los proyectos de investigación de Vainilla y de Farneseno, por su confianza y apoyo. A Lic. Lorena Hernández, Lic. Victor Vasquez y a *Ph.D.* Godofredo Solano por su ayuda y paciencia al enseñarme a usar equipos y procedimientos nuevos.

A mis amigos y colegas que estuvieron presentes durante el proceso universitario, por esas noches en vela estudiando, por el apoyo y la ayuda brindada y por continuar ahí conmigo generosamente. A la Escuela de Ingeniería Química y su personal docente y administrativo por su esfuerzo de brindar una carrera con un alto nivel académico.





## Resumen

El objetivo principal de esta práctica dirigida fue elaborar una metodología de control de calidad en la línea de productos de limpieza bajo la marca: Laboratorios Siwõ y además elaborar dos nuevos agentes de limpieza, para contribuir con el desarrollo e investigación en esta área del Centro de Investigaciones de Productos Naturales, de la Universidad de Costa Rica (CIPRONA). Esto se hizo mediante la investigación y posterior propuesta de métodos y pruebas que sirvieron como herramientas de diagnóstico de calidad de las materias primas y de los productos ya terminados.

Se presentó un documento escrito de los métodos, reactivos, composiciones, formularios de registro y equipos que se deben seguir para hacer el control de calidad, cada vez que llega materia prima o se realizan lotes de productos terminados. Los lotes de materias primas se deben pasar por una serie de métodos tales como medición de densidad, pruebas de pureza como puntos de fusión e índices de saponificación a las sustancias que tengan ceras, medición de concentraciones con titulaciones de ácido-base y determinación de calidad de aceites esenciales con cromatografía de gases.

Por otro lado, los dos nuevos productos fueron un limpiador de pizarras y un jabón líquido para manos. Para la elaboración de estos productos primeramente se definió las características esenciales, deseables y útiles que se necesitaba tener en ellos, posteriormente se investigó sobre posibles materias primas que fueran amigables con el ambiente y de procedencia preferiblemente natural. Una vez que los productos fueron formulados, se investigó y realizó, según el caso, las respectivas hojas de seguridad, etiquetas y formularios para su posible registro en el Ministerio de Salud. Los dos nuevos productos formulados, deben pasar por pruebas tales como estabilidad del producto durante el tiempo y aceptación del público meta.



# Índice general

	Página
HOJA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR .....	III
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTOS .....	VII
RESUMEN .....	IX
ÍNDICE GENERAL .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XV
ÍNDICE DE CUADROS .....	XVII
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
2.1 FORMULACIONES QUÍMICAS ENFOCADAS EN PRODUCTOS DE LIMPIEZA.....	3
2.2 AGENTES DE LIMPIEZA.....	4
2.3 TENSOACTIVOS.....	5
2.3.1 <i>Propiedades anfifílicas</i> .....	5
2.3.2 <i>Tensoactivos aniónicos</i> .....	5
2.3.2.1 Los lauril sulfatos .....	5
2.3.3 <i>Tensoactivos no iónicos</i> .....	6
2.3.4 <i>Tensoactivos catiónicos</i> .....	6
2.3.5 <i>Tensoactivos anfóteros</i> .....	7
2.3.5.1 <i>Cocoamidopropil betaína</i> .....	7
2.3.6 <i>Clasificación HLB</i> .....	8
2.4 TENSOACTIVOS AMIGABLES CON EL AMBIENTE.....	9
2.4.1 <i>Alquilpoliglucósidos</i> .....	9
2.4.2 <i>Esteres de sorbitán y polisorbatos</i> .....	10
2.5 JABÓN LÍQUIDO .....	10
2.6 JABÓN ANTIBACTERIAL Y JABÓN REGULAR .....	11
2.7 LIMPIADORES DE PIZARRAS BLANCAS .....	12
2.8 PRUEBAS DE ESTABILIDAD.....	13
2.9 IMPLEMENTACIÓN DE PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD.....	14
2.9.1 <i>Análisis en grasas y aceites</i> .....	16
2.9.2 <i>Ceras</i> .....	16
2.10 ACEITES ESENCIALES .....	21
2.10.1 <i>Aceite esencial citronela (Cymbopogon sp.)</i> .....	22
2.11 ÁCIDO ACÉTICO.....	23
2.12 ÁCIDO CÍTRICO.....	24
2.13 METILPARABENO Y PROPILPARABENO .....	24
2.14 CROMATOGRFÍA EN FASE GASEOSA.....	25

2.15	DESTILACIÓN .....	25
2.15.1	<i>Hidrodestilación</i> .....	26
2.16	PLANTA PILOTO DE CIPRONA.....	26
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS UTILIZADOS EN LA PRÁCTICA.....</b>	<b>29</b>
3.1	MATERIALES Y EQUIPOS .....	29
3.2	DISEÑO DE CONTROL DE CALIDAD PARA MATERIAS PRIMAS DE TRES PRODUCTOS DE LIMPIEZA DE LA LÍNEA LABORATORIOS SIWÓ.....	30
3.2.1	<i>Control de calidad de citronela</i> .....	31
3.2.2	<i>Ácido acético glacial</i> .....	33
3.2.3	<i>Ácido cítrico, metilparabeno y propilparabeno</i> .....	33
3.2.4	<i>Condiciones del equipo de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS)</i> .....	34
3.2.5	<i>Ceras</i> .....	34
3.2.6	<i>Índice de Saponificación</i> .....	35
3.2.7	<i>Metodología del cálculo del Índice de saponificación:</i> .....	36
3.3	METODOLOGÍA FORMULACIÓN QUÍMICA .....	36
3.3.1	<i>Formulación de limpiador de pizarras</i> .....	36
3.3.2	<i>Formulación de jabón líquido de manos</i> .....	38
3.3.3	<i>Prueba de estabilidad</i> .....	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>41</b>
4.1	DISEÑO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA .....	41
4.1.1	<i>Polisorbato 80</i> .....	41
4.1.2	<i>Ceras</i> .....	42
4.1.2.1	<i>Punto de fusión</i> .....	42
4.1.2.2	<i>Índice de saponificación</i> .....	43
4.1.2.3	<i>Análisis con equipo analítico para ceras en estudio</i> .....	46
4.1.3	<i>Ácido acético glacial</i> .....	51
4.1.4	<i>Cromatografía y destilación de aceite esencial de citronela</i> .....	52
4.1.4.1	<i>Selección de presión de alimentación de vapor para hidrodestilar aceite esencial de citronela</i> .....	56
4.1.5	<i>Cromatografía de gases de ácido cítrico, metilparabeno y propilparabeno</i> .....	60
4.1.6	<i>Muestreo para las materias primas</i> .....	63
4.2	FORMULACIÓN DE LIMPIADOR DE PIZARRA .....	66
4.3	RESULTADO DE FORMULACIÓN DEL JABÓN .....	70
4.3.1	<i>Prueba de Estabilidad del jabón líquido de manos</i> .....	75
4.4	EL MERCADO PARA LOS DOS NUEVOS PRODUCTOS FORMULADOS .....	76
4.5	COSTOS DE MATERIA PRIMA Y ANÁLISIS DE PRECIOS PARA LOS DOS NUEVOS PRODUCTOS.....	79
4.5.1	<i>Servicios de agua y electricidad</i> .....	79
4.5.2	<i>Equipo para hacer los productos</i> .....	80
4.5.3	<i>Precio sugerido</i> .....	82

4.6	REGISTRO DE NUEVOS PRODUCTOS FORMULADOS .....	85
4.6.1	<i>Ficha de transporte</i> .....	89
4.7	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS TERMINADOS.....	90
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>93</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	93
5.2	RECOMENDACIONES .....	95
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>97</b>
<b>7</b>	<b>NOMENCLATURA.....</b>	<b>107</b>
<b>8</b>	<b>APÉNDICE .....</b>	<b>109</b>
8.1	RESULTADOS DE FORMULACIÓN DE LIMPIADOR DE PIZARRA Y PRECIOS DE MATERIAS PRIMAS .....	109
8.2	RESULTADOS DE FORMULACIÓN DE JABÓN LÍQUIDO PARA MANOS BIODEGRADABLE Y PRECIOS DE MATERIAS PRIMAS.....	109
8.3	INFORMACIÓN RECOPIADA PARA REPORTE DE RESULTADOS.....	110
8.4	APÉNDICE B. METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	117
<b>9</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>119</b>
9.1	MSDS DE LIMPIADOR DE PIZARRA BLANCA.....	119
9.2	ETIQUETA DE LIMPIADOR DE PIZARRA BLANCA .....	125
9.3	ETIQUETA DE JABÓN LÍQUIDO PARA MANOS.....	126
9.4	HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO TERMINADO EXTENDIDAS POR EL FABRICANTE.....	127
9.5	HOJA DE SEGURIDAD DE JABÓN LÍQUIDO PARA MANOS .....	129
9.6	MANUAL DE PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA MATERIA PRIMA Y PRODUCTO TERMINADO DE LA LÍNEA DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA SIWÓ.....	135
9.7	ENCUESTAS REALIZADAS PARA PRUEBAS DE PROTOTIPOS DE NUEVOS PRODUCTOS.....	146
9.8	ESPECTROS DE CROMATOGRAFÍA DE GASES-MASA REALIZADA A LA REACCIÓN DE TRANSESTERIFICACIÓN DE LAS CERAS.....	150



## Índice de figuras

	Página
<b>Figura 1.</b> Estructura básica de los tensoactivos no iónicos alquilpoliglucósidos. ....	9
<b>Figura 2.</b> Estructura química del componente principal de la cera carnauba. ....	17
<b>Figura 3.</b> Espectro RMN- <sup>13</sup> C de la cera carnauba medido a 40 ° C, con cloroformo deuterado como disolvente (Hiroshi, Carnauba wax, 1993). ....	18
<b>Figura 4.</b> Estructura química del componente principal de la cera de abejas. ....	19
<b>Figura 5.</b> Espectro RMN- <sup>13</sup> C de la cera de abejas medido a 40 ° C, con cloroformo deuterado como disolvente (Hiroshi, 1993) ....	19
<b>Figura 6.</b> Espectro RMN- <sup>13</sup> C de la Cera Parafina (Hiroshi, 1993) ....	20
<b>Figura 7.</b> Estructura del citronela. ....	22
<b>Figura 8.</b> Estructura molecular del (a) metilparabeno, (b) propilparabeno. ....	25
<b>Figura 9.</b> Destilador de la planta piloto con sus principales equipos: condensador y florentino. ....	27
<b>Figura 10.</b> Cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas, marca SHIMADZU CORPORATION de la Unidad Analítica de CIPRONA, donde se analizó el aceite esencial de citronela. ....	32
<b>Figura 11.</b> Barómetro, válvula reguladora y tablero de temperatura del destilador de la planta piloto. ....	33
<b>Figura 12.</b> Ejemplo del proceso de obtención de índice de saponificación con cera de abeja. Cera de abeja con potasa alcohólica (a), cera de abeja después de proceso de saponificación y fenofaleína (b), cera de abeja con potasa alcohólica después de valoración con ácido clorhídrico (c). ....	36
<b>Figura 13.</b> Estufa de convección para pruebas de estabilidad a 45 °C marca Termo Cientific. ....	39
<b>Figura 14.</b> Ceras utilizadas como materia prima para productos de limpieza (a) láminas de cera de abeja, (b) cera carnauba empacada. ....	43
<b>Figura 15.</b> Liofilizador marca Labconco, número de catálogo 77544040 utilizado para eliminar la humedad de las ceras (a), envases con cera carnauba y cera de abeja congelados con nitrógeno para su liofilización (b). ....	45
<b>Figura 16.</b> Descripción de la reacción de transesterificación. ....	46
<b>Figura 17.</b> Espectro RMN- <sup>13</sup> C de la cera carnauba utilizada como materia prima en CIPRONA. ....	48
<b>Figura 18.</b> Espectro RMN- <sup>13</sup> C de la cera de abeja utilizada como materia prima en el CIPRONA. ....	49
<b>Figura 19.</b> Espectros RMN- <sup>13</sup> C de la cera de abeja y de la cera carnauba con efecto de mayor intensidad de los picos para comparar los componentes de cada una. ....	50
<b>Figura 20.</b> Cromatografía de un lote de aceite esencial de citronela sin destilar. ....	53

<b>Figura 21.</b> Cromatograma del aceite de citronela destilado en la planta piloto del CIPRONA a 14 psi de presión de vapor de alimentación.....	55
<b>Figura 22.</b> Aceite esencial de citronela recolectado durante la destilación en la planta piloto.....	57
<b>Figura 23.</b> Cromatografía de ácido cítrico para evaluar pureza de materia prima.....	61
<b>Figura 24.</b> Cromatografía de prueba de pureza de metilparabeno.....	62
<b>Figura 25.</b> Cromatografía de prueba de pureza de propilparabeno.....	63
<b>Figura 26.</b> Formulario de ingreso de materias primas.....	64
<b>Figura 27.</b> Resultados de primeras formulaciones con diferentes porcentajes de ingredientes seleccionados y sus respectivos desempeños de limpieza en la pizarra de la sala de reuniones del CIPRONA: (a) antes de pasar el borrador (b) después de pasar el borrador.....	68
<b>Figura 28.</b> Comparación entre los tres prototipos seleccionados, y un limpiador de pizarra blanca comercial.....	69
<b>Figura 29.</b> Presentación de nuevo producto limpiador de pizarra blanca de Laboratorios Siwõ.....	70
<b>Figura 30.</b> Evaluación de la capacidad de detergencia del alquilpoliglucósido utilizado como tensoactivo principal en la formulación del nuevo jabón en comparación con otros tensoactivos comunes (BASF: the Chemical Company, 2012).....	72
<b>Figura 31.</b> Consistencia del jabón después de permanecer en una estufa de 45 °C durante 3 meses.....	76
<b>Figura 32.</b> Marmita del laboratorio de tecnología química del CIPRONA.....	81
<b>Figura 33.</b> Formulario de registro de cosméticos. Datos generales del cosmético.....	89
<b>Figura 34.</b> Encuesta sobre el prototipo de limpiador de pizarra blanca formulado a colaborador de limpieza de la Facultad de Ingeniería.....	146
<b>Figura 35.</b> Encuesta sobre el prototipo de limpiador de pizarra blanca formulado a colaborador de limpieza de la Facultad de Ingeniería.....	147
<b>Figura 36.</b> Encuesta sobre el prototipo de limpiador de pizarra blanca formulado a colaborador de limpieza de la Facultad de Ingeniería.....	148
<b>Figura 37.</b> Encuesta sobre el prototipo de limpiador de pizarra blanca formulado a colaborador de limpieza de la Escuela de Química.....	149
<b>Figura 38.</b> Cromatografía de gases de la reacción de transesterificación realizada a la cera carnauba.....	150
<b>Figura 39.</b> Cromatografía de gases de la reacción de transesterificación realizada a la cera de abejas.....	151



## Índice de cuadros

	Página
<b>Cuadro 1.</b> Tiempo de destilación y flujo de destilado en las 3 diferentes presiones de alimentación de vapor utilizadas en el destilador de la planta piloto del CIPRONA. ....	56
<b>Cuadro 2.</b> Áreas de integración de la citronela obtenidas mediante cromatografía de gases, para cada una de las tres presiones utilizadas en las destilaciones. ....	58
<b>Cuadro 3.</b> Resumen de condiciones presentadas para análisis de varianza, promedios y varianzas de cada tratamiento (valores brindados por Excel). ....	59
<b>Cuadro 4.</b> Resultados principales de análisis de varianza, valores necesarios para aceptación o rechazo de hipótesis nula (valores brindados por Excel). ....	60
<b>Cuadro 5.</b> Estimación de precio del Jabón líquido para manos presentación 500 mL con una producción mínima de 40 L por lote. ....	83
<b>Cuadro 6.</b> Estimación de precio del limpiador de pizarra blanca presentación 250mL con un mínimo de producción de 40 L por lote. ....	84
<b>Cuadro 7.</b> Componentes presentes en el limpiador de pizarra y su porcentaje aproximado. ....	109
<b>Cuadro 8.</b> Costos de materia prima, material de envase y etiquetado para el limpiador de pizarra blanca. ....	109
<b>Cuadro 9.</b> Componentes presentes en el jabón líquido para manos y su porcentaje aproximado. ....	109
<b>Cuadro 10.</b> Costos de materia prima, material de envase y etiquetado para el jabón líquido para manos. ....	110
<b>Cuadro 11.</b> Información de flujo volumétrico de destilado, durante la destilación a 28 psi de presión de vapor de alimentación. ....	110
<b>Cuadro 12.</b> Información de flujo volumétrico de destilado, durante la destilación a 20 psi de presión de vapor de alimentación. ....	111
<b>Cuadro 13.</b> Información de flujo volumétrico de destilado, durante la destilación a 28 psi de presión de vapor de alimentación. ....	111
<b>Cuadro 14.</b> Valor de áreas de integración de citronelal obtenidas de la destilación de aceite esencial de citronela a tres diferentes presiones de alimentación de vapor, sus respectivas muestras y repeticiones de inyección manual al cromatógrafo de gases. ....	112
<b>Cuadro 15.</b> Resultados experimentales de puntos de fusión de cera de abeja y cera carnauba. Primera prueba antes de liofilizar. ....	113
<b>Cuadro 16.</b> Resultados experimentales de la prueba de índice de saponificación para la cera de abeja y la cera carnauba, sin liofilizar. Primera prueba reportada. ....	113
<b>Cuadro 17.</b> Resultados experimentales de puntos de fusión de la cera de abeja y la cera carnauba. Segunda prueba reportada. Realizada después de liofilizar. ....	114
<b>Cuadro 18.</b> Resultados experimentales de la prueba de índice de saponificación para la cera de abeja y la cera carnauba, después de liofilizar. Segunda prueba reportada. ....	114

<b>Cuadro 19.</b> Resultados experimentales de la prueba de índice de saponificación para la cera de abeja y la cera carnauba, con liofilización. Tercera prueba reportada.....	115
<b>Cuadro 20.</b> Resultados experimentales de puntos de fusión de cera carnauba. Tercera prueba para materia prima nueva sin liofilizar. ....	115
<b>Cuadro 21.</b> Resultados experimentales de la prueba de índice de saponificación para la cera carnauba, sin liofilización, nueva materia prima. Cuarta prueba reportada. ....	116
<b>Cuadro 22.</b> Resultados experimentales para la titulación de la materia prima ácido acético glacial (grado industrial).....	116

## 1 Introducción

El Centro de Investigaciones en Productos Naturales (CIPRONA) es una unidad de investigación científica de carácter multidisciplinario, que desarrolla proyectos en el campo de productos de origen natural y sus derivados por su utilidad en la industria química y agroindustrial no tradicional. Entre los proyectos vigentes de CIPRONA están la búsqueda de sustancias de origen natural que puedan ser usados en la industria cosmética y de limpieza. Para ello, tienen una línea de productos en las mismas instalaciones del Centro.

La visión de esta línea de producción es que se distribuyan sus productos en toda la Universidad de Costa Rica, su mercado objetivo, de modo que las unidades académicas no tengan la necesidad de usar otras marcas.

La presente práctica es de interés para CIPRONA pues se desea reforzar la línea de producción de agentes de limpieza mediante el desarrollo de una metodología de control de calidad que respalde toda la producción y la elaboración de dos nuevos productos. Esto sería conveniente pues los nuevos productos serían aprovechables en las áreas de limpieza de las unidades académicas a las que se les distribuye. Con el presente trabajo se desea que la marca Laboratorios Siwõ no sólo crezca con nuevos productos, sino, también que el aporte de control de calidad sea un incentivo más para que crezca la demanda de producción.

La culminación de esta práctica pretende que el alumno pueda desenvolverse en el campo de investigación, desarrollo y producción de agentes de limpieza, de modo que, pueda adquirir experiencia para la industria en este campo de interés.



## **2 Marco Teórico**

### **2.1 Formulaciones químicas enfocadas en productos de limpieza.**

El propósito de hacer nuevas formulaciones químicas en productos de limpieza puede estar relacionado con disminuir la contaminación ambiental, mejorar el rendimiento antimicrobiano o por conveniencia en cuanto a manipulación, toxicidad y costos. Además es necesario, para el diseño y formulación de un producto, tener bien definidas las necesidades de éste en aspectos como: las expectativas de los clientes, cuestiones ambientales y seguridad de los productos. Dichas necesidades se pueden definir de dos formas, ya sean: críticas y opcionales, o bien, en función de su importancia como esencial, deseable y útil (Omidbakhsh, Duever, Elkamel , & Reilly, 2012).

Las necesidades esenciales son aquellas sin las cuales el producto no podrá tener éxito, las deseables y útiles son las características que diferencian el producto a formular de otros agentes de la competencia, y pueden tener más de un valor de marketing. Posteriormente, la lista con necesidades definidas debe convertirse en especificaciones, incluyendo detalles cualitativos, cuantitativos y químicos (Omidbakhsh, Duever, Elkamel , & Reilly, 2012).

Una vez que las necesidades se definen, el número de materias primas se reduce y se comienza con el desarrollo de la formulación, de modo que se lleva a cabo la etapa de experimentación, donde se mapea la relación entre ingredientes y sus proporciones, así como las funciones e interacciones en las especificaciones del producto. La óptima formulación se obtiene analizando los datos experimentales, mediante métodos empíricos y diseños estadísticos según se requiera (Omidbakhsh, Duever, Elkamel , & Reilly, 2012).

Para la culminación de un producto, este debe ser probado para asegurar que cumple con los criterios específicos. En el caso de desinfectantes, el producto debe tener una actividad antimicrobiana mínima con el fin de inactivar microorganismos patógenos. Se debe establecer un criterio para un límite de tiempo de descomposición de los ingredientes, esto implica que el ingrediente activo debe permanecer estable durante toda la vida útil. Otro criterio importante a considerar en agentes de limpieza es su baja toxicidad e irritación. El

producto también debe ser competitivo, en cuanto a su precio por unidad y el costo de la formulación (Omidbakhsh, Duever, Elkamel , & Reilly, 2012).

## **2.2 Agentes de limpieza**

Los agentes de limpieza, generalmente se componen de una mezcla de varias sustancias que debido a sus propiedades actúan en función de antibacterial, antihongos, buen olor, afinidad con el agua, facilidad de remover y el tipo de material que se desea limpiar. De modo que es común que los limpiadores tengan agentes tensoactivos (sustancias emulsionantes que permiten la dilución de la suciedad al dispersarla en agua, unirla a las grasas y que sea más sencillo de eliminar en el lavado) junto a un álcali (sustancia cáustica). También pueden tener agentes quelantes (sustancias que impiden que los minerales cristalicen, se precipiten o se incrusten en los materiales con los que contactan), colorantes y perfumes. Además, se emplean ácidos por sus propiedades que son empleados para remover incrustaciones de materiales (Leisdon, 2004).

Otros componentes son disolventes, ceras, aditivos y otros auxiliares. Los agentes de limpieza también están preparados con determinados compuestos llamados principios activos (amonios cuaternarios, aldehídos, peróxidos, hipocloritos, yodoformos, entre otros) que les proporcionan su función de desinfectantes (Omidbakhsh, Duever, Elkamel , & Reilly, 2012). Las sustancias tóxicas que se utilizan para limpiar se van por las tuberías y desagües y contaminan ríos y aguas.

En la naturaleza existen productos menos tóxicos con suficiente capacidad de limpieza y más baratos. Hay ácidos naturales así como también extractos de plantas con capacidad bactericida, algunos comunes son el bicarbonato de sodio, glicerina, vinagre, peróxido de hidrógeno y aceites esenciales. También es recomendable usar jabón y detergente líquidos pues son jabones con base en aceite vegetal, los cuales son mejores para el ambiente que los jabones que contienen hidrocarburos o derivados del petróleo (Metro, s.f.).

## **2.3 Tensoactivos**

### **2.3.1 Propiedades anfifílicas.**

Las moléculas anfifílicas tienen dos partes: un grupo polar con heteroátomos como azufre, fósforo, oxígeno y nitrógeno y un grupo no polar que generalmente son grupos o cadenas hidrocarbonadas. La sección polar de la molécula es afín con disolventes polares y se denomina hidrofílica mientras que la sección afín a disolventes no polares se denomina hidrofóbica o lipofílica (Saenz, s.f).

Los tensoactivos poseen moléculas anfifílicas de cierto tamaño y orientación que les permiten poseer la capacidad de disminuir la tensión superficial en la interfase (medio polar-medio no polar), por esa razón, se utilizan en un sin fin de aplicaciones como emulsionantes, jabones, detergentes, espumantes y dispersantes (Saenz, s.f). Prácticamente todas las aplicaciones de los tensoactivos provienen de las propiedades de las moléculas anfifílicas en disolución y de su capacidad de absorberse en una superficie o interfase (Cortés, 2011).

Para escoger tensoactivos o surfactantes a utilizar es necesario estudiar qué son y qué características tienen. En general, estos se clasifican según el tipo de estructura de la molécula que los compone y como ésta se disocia en el agua o medio polar. La principal clasificación es como tensoactivos: aniónicos, no iónicos, catiónicos y anfóteros.

### **2.3.2 Tensoactivos aniónicos**

Se disocian en un anión y un catión. Algunos ejemplos de surfactantes de esta clase son los lauril sulfatos, alquil benceno sulfonatos, los cuales son los más utilizados en formulaciones de detergentes para lavado de ropa y para lava vajillas (Lechuga, 2015).

#### **2.3.2.1 Los lauril sulfatos**

El lauril sulfato de sodio (SLS por sus siglas en inglés) así como su derivado lauril éter sulfato de sodio (SLES) son comúnmente usados en sustancias cosméticas como jabones y champús por su efectividad como agentes espumantes y por sus bajos costos. El primero, el SLS ha sido cambiado con el paso del tiempo por el SLES debido a sus propiedades

menos abrasivas e irritantes para la piel, sin embargo, diferentes estudios han recomendado evitar el excesivo uso de estos químicos.

A pesar de que el SLS provenga del coco, la sustancia puede ser peligrosa a altas concentraciones, su DL50 oral en ratas es de 1.288 mg/kg (Acofarma , 2010), igualmente la concentración puede ser irritante en ojos y piel dependiendo de la susceptibilidad de cada individuo. Además según su MSDS la información ecológica menciona que es tóxico en organismos acuáticos y en el medio acuático (Acofarma , 2010).

El proceso químico para convertir el SLS a SLES es una etoxilación y tiene otros inconvenientes, pues los productos suelen contaminarse con 1,4 dioxano (Mercola, 2010). Este último es un subproducto del proceso y está registrado por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) como cancerígeno y con efectos negativos para los riñones y el hígado (NIOSH, 2015). Dado que existen muchos artículos que exponen diferentes críticas hacia estos tensoactivos (Mercola, 2010), es recomendable hacer cosméticos con otros tipos de tensoactivos menos polémicos.

### **2.3.3 Tensoactivos no iónicos**

No se ionizan en disolución acuosa, son compatibles con otros tipos de tensoactivos, suelen ser buenos detergentes, humectantes y emulsionantes, poseen grupos hidrófilos como alcohol, fenol, éter o amida. El grupo hidrófobo es generalmente un radical alquilo o alquilbenceno, el cual se puede encontrar como una estructura de origen natural, por ejemplo un ácido graso, sobre todo cuando se requiere una baja toxicidad (Salager, *Surfactantes: Tipos y Usos*, 2002).

### **2.3.4 Tensoactivos catiónicos**

Se disocian en disolución acuosa en un catión orgánico anfífilo y un anión generalmente de tipo halogenuro. Estos tensoactivos son moléculas poco compatibles con la limpieza pero presentan propiedades bactericidas, antisépticas y alguicidas, por lo que suelen usarse como desinfectantes o como inhibidor de la corrosión en tuberías metálicas (Lechuga, 2015). La gran mayoría de estos surfactantes son compuestos nitrogenados del tipo sal de



amina o de amonio cuaternario. La fabricación de estos surfactantes es mucho más cara que la de los anteriores y es por esta razón que no se les utilizan salvo en caso de aplicación particular (Salager, Surfactantes: Tipos y Usos, 2002).

### **2.3.5 Tensoactivos anfóteros**

Son tensoactivos que contienen dos grupos funcionales uno aniónico y otro catiónico. En estos casos el pH del medio es el que determina el comportamiento dominante en dos posibles disociaciones: aniónico en un pH alcalino o básico, catiónico a un pH ácido. Éstos suelen ser tensoactivos poco irritantes y usarse en productos farmacéuticos y cosméticos (Lechuga, 2015).

#### **2.3.5.1 *Cocoamidopropil betaína***

Se sintetiza a partir de aceite de coco, y es un tensoactivo anfótero, de tipo suave, amigable con la piel, biodegradable y es un buen agente espumante. Este suele usarse también para reducir el potencial de irritación de otros tensoactivos y con el tiempo ha reemplazado a la cocamida DEA o dietanolamida, sustancias que siguen utilizándose hoy en día en productos cosméticos como espesante y agente espumante derivadas también del coco. Sin embargo, según estudios de The International Agency for Research on Cancer con pruebas a exposición en la piel de animales, estas son sustancias cancerígenas (Center for environmental health, 2013).

El inconveniente de la cocoamidopropil betaína es su síntesis, pues puede venir contaminada con moléculas intermediarias tales como 3-dimetilaminopropilamina (DMAPA) y la amidoamina, los cuales son productos alergénicos, o bien nitrosaminas que es una sustancia cancerígena. Sin embargo, lo que se puede hacer es pedir una ficha técnica al proveedor la calidad de la materia prima y exigir el producto libre de contaminantes. Se han realizado estudios que respaldan la oración anterior uno de estos es el "Contact allergy to 3-dimethyl amino propyl amine and cocamidopropyl betaine" (Hervella, y otros, 2008).

### 2.3.6 Clasificación HLB

También es posible clasificar los tensoactivos por una medida llamada HLB (Balance Hidrofílico - Lipofílico) designada como concepto HLB de Griffin, que es la relación entre el comportamiento de un surfactante y sus propiedades como agente tensoactivo y emulsionante. El número HLB que se le asigne a cierto tensoactivo se basa en parámetros relativos a su estabilidad en una emulsión (Salager, 1998).

Posteriores investigaciones llegaron a encontrar una relación entre la estructura del tensoactivo y su número de HLB, así se atribuyó una ecuación relativamente válida para obtener el valor HLB de cierto tensoactivo:

$$\text{HLB} = 7 + \text{contribuciones grupos hidrofílicos} - \text{contribuciones grupos hidrofóbicos} \quad (1)$$

En la ecuación anterior, las contribuciones dependen del tipo de grupo y sus cantidades de átomos. Sin embargo, los grupos tienen valores ya definidos que se pueden encontrar en la literatura. Existen listas de valores de HLB para gran variedad de tensoactivos lo que facilita, con su valor, reemplazar el tensoactivo original de una formulación con otro tensoactivo de propiedades similares según su número de HLB (Salager, 1998).

Valores muy bajos de HLB en un intervalo entre 0 y 4 muestran que son tensoactivos inmiscibles en agua, conforme el número va creciendo, las dispersiones son de aspecto lechoso hasta aclararse y volverse completamente translúcidas y miscibles en agua (Pillemand, 2002)

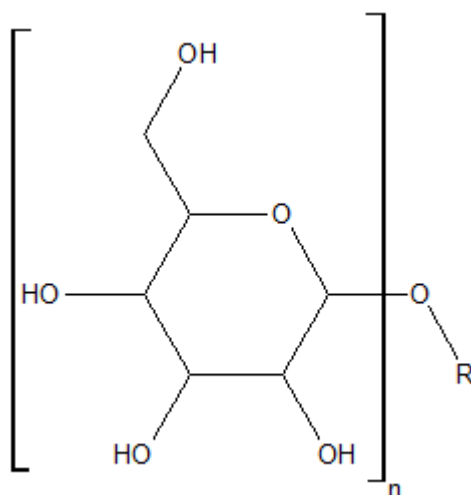
La mayoría de los tensoactivos son de origen sintético. Sin embargo, conforme avanza la tecnología y la conciencia por cuidar el ambiente, hay mayor demanda por tensoactivos de origen natural y con menor impacto después de cumplir su propósito y ser desechados.

## 2.4 Tensoactivos amigables con el ambiente

### 2.4.1 Alquilpoliglucósidos

Los alquilpoliglucósidos (APG) son tensoactivos no iónicos, que tienen excelentes características ecológicas y toxicológicas, suelen usarse como ingredientes de productos cosméticos, se obtienen de fuentes naturales renovables y son biodegradables.

La composición del alquilpoliglucósido depende de la materia prima. Los APG se nombran de diferente manera según la cadena de grupo alquilo que lo compone, su cantidad de unidades de glucosa que suelen ser entre 1 y 2, así como también su isomerización (Lechuga, 2015). La estructura de un alquilpoliglucósido se describe como acetal con una cadena de grupo alquilo larga. La Figura 1 muestra su estructura básica.



**Figura 1.** Estructura básica de los tensoactivos no iónicos alquilpoliglucósidos.

Los APG que no tengan el grupo alquilo ramificado son los tensoactivos más biodegradables conocidos dado que son 100% biodegradables. Estos hacen buena cantidad de espuma, mejor que otros tensoactivos no iónicos, soportan diferentes niveles de pH en todos los rangos y poseen una buena compatibilidad con la piel (Lechuga, 2015).

### 2.4.2 Esteres de sorbitán y polisorbatos

Estos tensoactivos son derivados del azúcar y son comúnmente conocidos como “spans” y “tweens”. Se usan como surfactantes no iónicos y son derivados del sorbitol y el manitol (sustancias utilizadas como edulcorantes). Aunque la estructura de ambos es similar, los tensoactivos originados de sorbitol tienen características muy diferentes en comparación con los originados del manitol. Los ésteres de sorbitán (“spans”) provienen del sorbitol, mientras que los polisorbatos se forman de la reacción de óxidos de etileno con el “span”. Ambos tensoactivos tienen sus limitaciones con el pH y sus diferentes solubilidades que varían según sus cadenas. (Karsa, 1999).

Los números que les siguen al nombre polisorbato son las unidades de óxido de etileno que tiene el surfactante. El polisorbato 80 es probablemente el más usado en las formulaciones químicas por su acción suavizante. Este se utiliza como un agente humectante y un detergente en diferentes formulaciones y es bien tolerado por la piel y las mucosas (Acofarma S.A, s.f).

## 2.5 Jabón líquido

Los jabones líquidos son saponificados usando alguna mezcla cáustica con mezclas de aceites o grasas. Los jabones líquidos son surfactantes no iónicos y la forma de prepararlos dependerá de los aditivos, el pH, viscosidad y temperatura. (Almendárez, 2003).

La calidad del jabón líquido se ve afectada por la calidad de los surfactantes y aditivos que se le agreguen, por ejemplo colorante, fragancia, conservantes, aceites esenciales, aceites de origen natural y espesantes. Todos ellos dependen de su calidad y de sus propiedades para formar las características del jabón (Almendárez, 2003).

Existen diferencias entre el jabón y el detergente. Los detergentes son compuestos orgánicos sintéticos que se utilizan en situaciones en los que el jabón no resulta efectivo, esto sucede especialmente en un medio de agua dura. Un detergente se diferencia de un jabón por su grupo funcional de sulfonato de la forma (R-SO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Por otra parte un jabón es una mezcla de carboxilatos de la forma (R-CO<sub>2</sub><sup>-</sup>) (Castells, 2015).

El detergente es una mezcla de diversas sustancias sintéticas, muchos de sus tensoactivos y aditivos son derivados del petróleo, además, tienen otros agentes tales como los polifosfatos, los silicatos solubles, los carbonatos y los perboratos, que facilitan el lavado y ayudan a eliminar manchas difíciles. Los detergentes también tienen agentes auxiliares como el sulfato de sodio, que es un blanqueador óptico que absorbe la luz ultravioleta y emiten luz visible azul, enzimas que eliminan manchas de restos orgánicos, carboximetilcelulosa que es absorbida por los tejidos e impide que el polvo se adhiera a ellos, estabilizadores de espuma, colorantes y perfumes (Castells, 2015).

La formación de espuma del detergente es parecida en aguas duras como blandas, cuando se usa jabón en agua dura, éste casi no hace espuma y se forma un material insoluble. Los jabones en disolución ácida se convierten en ácidos grasos libres, estos ácidos grasos ya no tienen acción de limpieza e incluso estos ácidos grasos son insolubles en agua, formando una nata grasosa (Hill & Kolb, 1999).

Es importante recordar que el destino final de los jabones y detergentes son ríos y mares, por lo tanto, es necesario evitar su uso en altas concentraciones, pues son nocivos para la salud de los organismos acuáticos. Los detergentes destruyen las capas de mucosas externas de los peces y pueden causar daños en sus branquias. La mayoría de los peces mueren cuando se alcanza una concentración de 15 ppm, mientras que sus huevecillos pueden morir a concentraciones mucho más bajas de 5 ppm. He aquí la importancia de usar jabones biodegradables y no detergentes sintéticos que no se pueden biodegradar (Pérez, 2007).

## **2.6 Jabón antibacterial y jabón regular**

Un jabón antibacterial es diferenciado de uno regular por su principio activo: un potente agente antibacterial y fungicida. El triclosán es el ingrediente más común. En diciembre del 2013, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los Estados Unidos realizó un estudio en el que se comprobó que no había diferencia en cuanto reducción de contaminación bacteriana entre un jabón antibacterial y uno regular, en condiciones de la vida cotidiana de un ciudadano (Mercola, 2015). Este estudio se encuentra en concordancia

con otro publicado en la revista *Clinical Infectious Diseases* en el 2007 y demostró que el jabón antibacterial tiene mayor efectividad que el jabón regular hasta nueve horas después de estar las bacterias en exposición a éste (The Guardian, 2015). Por lo tanto, las personas tienen la misma probabilidad de enfermarse usando un jabón regular que uno antibacterial, sin embargo, es un hecho que las personas prefieren el producto antibacterial pensando que obtendrán mayor beneficio y pagan más por éste. Usar productos químicos siempre es un riesgo. Por ejemplo, estudios demuestran que el Triclosán provoca alteraciones endocrinas y malformaciones óseas en ratas (Zorrilla, et al., 2008). El Triclosán contamina el medio ambiente y puede hacer que las bacterias tengan resistencia a agentes antibacteriales y antibióticos (Mercola, 2015). Recientemente la FDA ha emitido la indicación de eliminar sustancias antibacteriales como el Triclosán de los jabones en un periodo de un año (BBC, 2016).

## **2.7 Limpiadores de pizarras blancas**

Los componentes químicos típicos que se pueden encontrar en un limpiador de pizarra son: tensoactivo y alcohol isopropílico (Expo whiteboard, 2001). Este tensoactivo usualmente es 2-butoxietanol, o por su otro nombre, éter monobutílico de etilenglicol, que es un líquido incoloro con un leve olor a éter, generalmente usado como disolvente de pinturas para superficies y productos de limpieza domésticos y para limpieza de superficies metálicas.

El 2-butoxietanol es un disolvente petroquímico que puede producirse de la reacción de óxido de etileno y alcohol butílico o también de la del etilenglicol con sulfato dibutilo (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2014), Su número HBL es aproximadamente 7,5 según información de productos de disolvente de DOW GlycolEthers.

El 2-butoxietanol se clasifica como tóxica y está prohibida como químico dispersante en el Reino Unido (Mercola, 2012), entre las fichas técnicas se puede encontrar que tiene riesgo químico de que se descompone y puede formar humos tóxicos y peróxidos explosivos, también reacciona con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión (Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 2009).

La exposición al 2-butoxietanol provoca desórdenes sanguíneos destruyendo los glóbulos rojos, problemas reproductivos y leves defectos de nacimiento. Además su exposición media y prolongada causa daño en el hígado, riñones y sistema linfático (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2014). Por estas razones, se desea crear un limpiador de pizarra que no tenga el 2-butoxietanol en su formulación y que a su vez sea eficaz en la limpieza de pizarra blanca.

El material de las pizarras podría dañarse si se escogen sustancias muy abrasivas, no compatibles con la superficie que se va a limpiar. Por esta razón se investigó que las pizarras de uso frecuente que se utilizan en universidades suelen tener una garantía del fabricante aproximada de 10 años y se fabrican con una superficie estratificada, que se obtiene de aplicar resinas melamínicas de gran dureza sobre papel Kraft en un tratamiento que utiliza alta presión y temperatura para obtener una buena resistencia (Starplus.es, s.f).

## **2.8 Pruebas de estabilidad**

La prueba de estabilidad es un experimento en el que se evalúa un nuevo producto o un cambio en la formulación de un producto, mediante la simulación de diferentes condiciones ambientales durante un determinado período de tiempo. Estas pruebas tienen el propósito de simular los cambios que pueden experimentar los productos durante su vida útil. Si los cambios son mínimos de acuerdo con el propósito del creador o empresa se puede decir que la formulación ha "pasado" pruebas de estabilidad. Así brinda la confianza de un riesgo mínimo de que cuando el producto llegue al cliente, este todavía posee las características de cuando fue fabricado. Si durante la prueba, alguna característica importante cambió  $\pm 20\%$ , la formulación debería ser rechazada y buscar una nueva formulación (Knowlton & Pearce, 1993).

Para evaluar la estabilidad de una formulación se recomienda que las muestras deben estar almacenadas en frascos transparentes de vidrio, con una tapa de buen cierre para evitar evaporaciones hacia el medio. La muestra debe ser de tamaño suficiente para que asegure la buena visibilidad de las características del producto durante el paso del tiempo, sin embargo, se recomienda no completar el volumen del envase para dejar espacio vacío en

donde pueda darse un intercambio de gases. Si se desea, se puede almacenar, paralelo al envase de vidrio neutro el embalaje escogido para la evaluación de la compatibilidad entre el envase y el producto formulado. También puede dejarse una muestra patrón, que puede ser mantenida en refrigeración o a temperatura ambiente, oculta de la luz (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria ANVISA, 2005).

Generalmente, las muestras son sometidas a calentamiento en estufas, enfriamiento en refrigeradores y ciclos alternados de enfriamiento y calentamiento, para las pruebas de estabilidad. Los parámetros que se evalúan con el tiempo dependen de las características de la formulación y de los compuestos químicos utilizados en ésta. Normalmente se evalúan características organolépticas como aspecto, color y olor. Además de características físico químicas como pH y viscosidad, entre otros (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria ANVISA, 2005).

Los valores adoptados para temperaturas elevadas para productos cosméticos suelen ser a 37 °C, 40 °C, 45 °C y 50 °C en estufa. Los valores para pruebas a bajas temperaturas pueden ser  $(5 \pm 2)$  °C en refrigeración y  $(-5 \pm 2)$  °C en congelador.

Las formulaciones deben resistir las pruebas de estabilidad por un periodo de noventa días pues normalmente los cosméticos son sometidos a condiciones menos extremas cuando son enviados al mercado. (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria ANVISA, 2005)

## **2.9 Implementación de pruebas de control de calidad.**

Los controles de calidad son necesarios, sin embargo requieren de tiempo y dinero. Por lo tanto, la menor cantidad posible de controles se deben definir y se debe considerar el costo del material, análisis y tiempo, de tal forma que las pruebas de control de calidad que se diseñen no sean redundantes. Para presentar pruebas y análisis convenientes, se necesita determinar las características críticas de las materias primas y la forma más simple de medirlas. También es posible definir pruebas obligatorias y pruebas opcionales para cuando haya dudas con los resultados obtenidos de las pruebas obligatorias (Maqueda & Llaguno, 1995).



El muestreo se puede realizar con base en normas técnicas, dependiendo de cómo venga contenida la materia prima o los productos: sacos, botellas, galones, empaques, entre otros. También depende del tamaño del lote al que se le desea hacer control de calidad. La inspección por muestreo se realiza con el fin de aprobar un lote o controlar un proceso. El muestreo puede hacerse por atributos o variables. Los atributos de la materia prima lo hacen aceptable o no aceptable mientras que con variables el producto puede evaluarse con una escala de medida (Juran, M; Gryna, Frank M; Bringham, R S, 2005).

Los controles más comunes que suelen hacerse a los productos terminados son:

Controles Organolépticos: Pruebas de sabor, color, olor y todos aquellos que puedan ser percibidos por análisis sensoriales o los cinco sentidos.

Controles físicos: Aquellos que pueden medir las propiedades físicas de las sustancias por ejemplo: densidad, pH, dureza, puntos de fusión, viscosidad puntos de evaporación y análisis de humedad.

Controles físico-químicos: Éstos tienen que ver con pruebas químicas al producto de interés para revisar aspectos importantes. Algunos ejemplos son: Ingredientes activos, titulaciones para acidez y alcalinidad, pruebas de ésteres, tamaño de partícula, índice de saponificación, índice de acidez (Padrón , 2012).

Control estadístico: Está relacionado con el muestreo y está basado en la forma de escoger una muestra adecuada y representativa de los lotes.

Control microbiológico: Pruebas para comprobar el comportamiento de las sustancias con los microorganismos. En el caso de productos de limpieza, debe evaluarse la efectividad de los productos para eliminarlos.

En general para materias primas y productos terminados se recomienda realizar (según sea el caso) algunos de los controles anteriormente expuestos, identificando características críticas y comparando con la literatura el valor de dichas características para evaluar resultados.

Algunos controles para materias primas, importantes en este proyecto son los que se comentan a continuación.

### 2.9.1 Análisis en grasas y aceites

Las grasas y aceites son compuestos químicos orgánicos de cadena abierta que contienen ácidos grasos saturados e insaturados de origen animal o vegetal, según las características propias de cada sustancia. La estructura química de las grasas son triglicéridos sólidos o semisólidos. Los triglicéridos líquidos son aceites (Yurkanis, 2008).

Suele hacerse prueba a estas sustancias especialmente para análisis bromatológicos (análisis en alimentos). Las pruebas más utilizadas comúnmente para analizar la pureza de estas grasas son: índice de saponificación, índice de acidez y puntos de fusión, además de análisis organolépticos (Moreno, 2003).

**Índice de saponificación:** El índice de saponificación designa el número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos grasos contenidos en un gramo de grasa, bien se hallen estos libres o combinados. (Boatella, Codony, & López, 2004).

**Índice de acidez:** corresponde al número de miligramos de hidróxido de potasio necesario para neutralizar los ácidos libres presentes en un gramo de grasa (Boatella, Codony, & López, 2004).

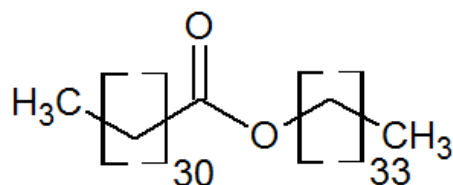
Existen normas de metodología en algunos países para realizar estas pruebas, tales como la norma mexicana “NMX-F-174-S-1981. Alimentos para humanos. Determinación del índice de saponificación en aceites y grasas vegetales o animales”, así como ecuatoriana “NTE INEN 0169 (1975). Determinación del índice de saponificación: Mantequilla”. Estas normas exponen algunas diferencias en cuanto a reactivos o simplificación de procedimientos, y todos los pasos para obtener el índice de saponificación de algunas grasas. También existen tablas con los valores para muchos aceites y grasas, que pueden variar dependiendo del biotipo, quimiotipo o país de origen de la grasa.

### 2.9.2 Ceras

Las ceras son un ejemplo de grasas, existen de origen vegetal y animal. Su principal componente está formado por la unión de un éster de ácido graso de cadena larga y un

alcohol alifático de cadena larga. Sin embargo, la presencia de otros componentes como hidrocarburos, ácidos libres y alcoholes, depende del tipo de cera.

La cera carnauba es de origen vegetal, es una cera muy dura debido a su masa molecular relativamente alta. Está constituida en un intervalo de (84 - 85) % de ésteres de cadenas largas formadas por un ácido carboxílico de 32 carbonos y un alcohol de 34 carbonos tal como lo muestra la Figura 2 (Yurkanis, 2008), sus otros componentes son ácidos libres (3,3 - 5) %, alcoholes y resinas (6 - 9) %, hidrocarburos (1,5 - 3) %, humedad (0.5 - 1,5) % y residuos inorgánicos 1 % .Tiene un intervalo de fusión de (82 a 86) °C, se obtiene de las hojas de palmera de Brasil (único productor). La carnauba es la cera vegetal más conocida, tiene un color que va desde el amarillo claro a gris oscuro. Ella suele usarse para pisos y barras de desodorante (Bailey & Bailey, 1998) y en algunas ocasiones la mezclan con otras ceras para reforzarlas y aumentar el punto de fusión, aunque esto la hace más quebradiza. Tiene un índice de saponificación de (78 - 88) mg KOH/g (Navarro, 2005).

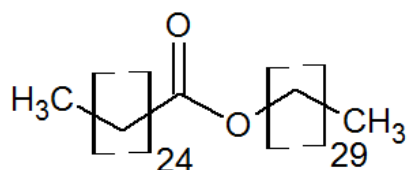


**Figura 2.** Estructura química del componente principal de la cera carnauba.

Las ceras pueden ser analizadas también por técnicas instrumentales para determinar sus compuestos. Una de esas formas es la espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN), técnica mediante la cual es posible identificar y proponer estructuras (Yurkanis, 2008). La Figura 3 es un ejemplo de cómo se observa el espectro RMN-<sup>13</sup>C de la cera carnauba en un equipo Jeol-EX400 (Japan Electronics Co., Ltd.) a una temperatura de 40 °C y con cloroformo deuterado (CDCl<sub>3</sub>) como disolvente (Hiroshi, Carnauba wax, 1993).

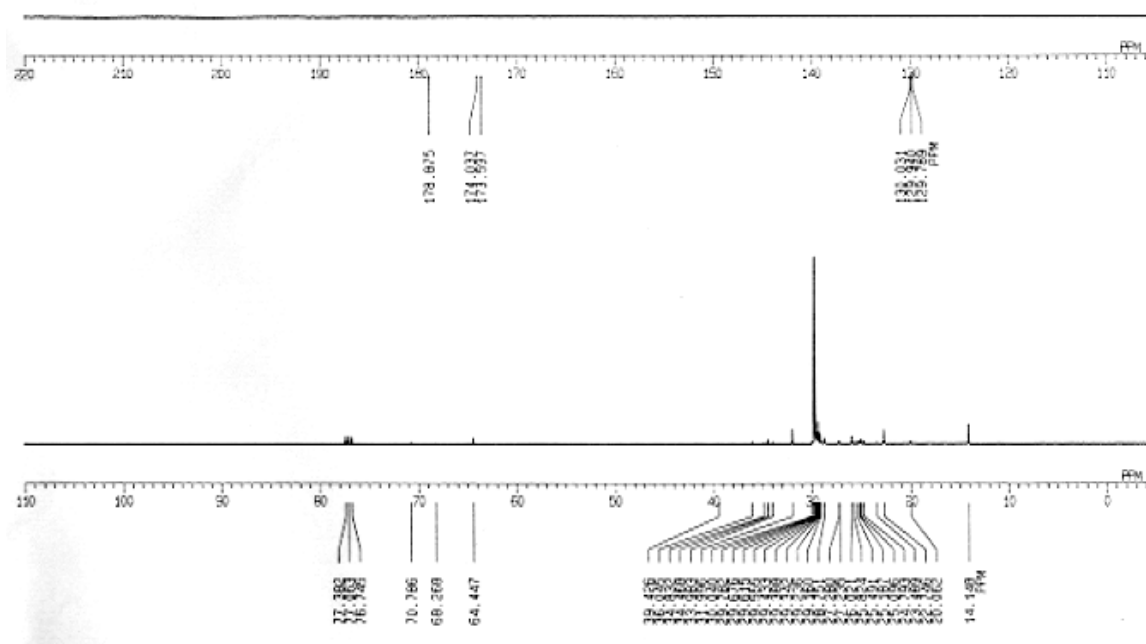


1 %, cadenas de mono-ésteres e hidroxi-monoésteres (35 - 45) %, cadenas complejas de ésteres (15 - 27) % y cadenas de hidrocarburos naturales (12 % a 16 % típicamente) (Kuznesof, 2005). La cera tiene un intervalo de fusión entre (62 a 65) °C, sin embargo el rango varía con respecto al tipo de abeja del que se origina la cera (Medici, 2005). Esta cera se encuentra muy frecuentemente mezclada con otras sustancias que sirven como aditivos, por ejemplo parafina, estearina, aceite de palma, sebo, almidón, entre otros. Tiene un índice de saponificación de (87 - 104) mg KOH/g (Barros, 2009), (Medici, 2005).



**Figura 4.** Estructura química del componente principal de la cera de abejas.

La Figura 5 muestra el espectro RMN-<sup>13</sup>C de la cera de abeja, en las mismas condiciones y el mismo tratamiento de la cera carnauba (Hiroshi, Carnauba wax, 1993).



**Figura 5.** Espectro RMN-<sup>13</sup>C de la cera de abejas medido a 40 ° C, con cloroformo deuterado como disolvente (Hiroshi, 1993)



Como se puede observar en la Figura 6, las parafinas muestran señales en el área de cadenas de hidrocarburos, señales entre (15 y 50) ppm y también se observan 3 señales entre (76 y 77) ppm que corresponden al cloroformo deuterado, disolvente con el que se hizo el espectro.

## **2.10 Aceites esenciales**

Un aceite esencial está compuesto por moléculas aromáticas y terpenoides (terpenos oxigenados) (Yurkanis, 2008). Los aceites esenciales son líquidos en condiciones ambientales normales, son menos densos pero más viscosos que el agua y se caracterizan por un color en toda la gama de amarillos hasta el transparente en algunos casos (Günter, 1989). Estos son inflamables, sufren degradación química cuando se les deja expuestos a los agentes ambientales como la luz del sol, calor y aire o cuando se exponen a ácidos o bases fuertes, también son solubles en los disolventes orgánicos comunes y en su mayoría son insolubles en agua (Cerpa, 2007).

Los aceites esenciales no se consumen de forma pura, de modo que son utilizados como materia prima en algunas industrias y suelen ser extraídos de las plantas mediante destilación o mediante una extracción por disolventes o maceración. Estos pueden ser adulterados con otros componentes en el mercado, para aumentar su volumen, la viscosidad o la composición de cierto componente aromático.

Para evaluar los aceites esenciales existen medidas físicas como densidad relativa, índice de refracción, miscibilidad en etanol, punto de congelamiento, entre otros. Los estándares de calidad utilizados por los organismos nacionales e internacionales son el ISO (International Estándar Organization) y el AFNOR (Association Francaise de Normalisation) (Romero, 2004)

Algunas propiedades que se les puede evaluar son (Romero, 2004)

- Color: los aceites esenciales varían en tonalidades amarillas hasta los más transparentes.

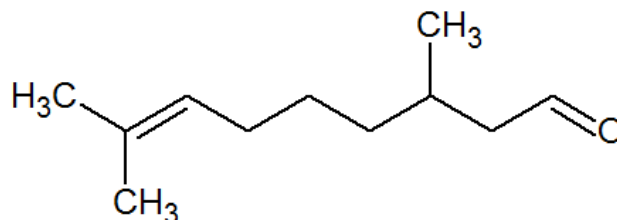
- Densidad: La mayoría de las especies son de densidades menores que el agua. Pocos son mayores que esta por ejemplo: el clavo de olor y la mirra.
- Son lipofílicos e hidrofóbicos: Son miscibles en aceites vegetales o grasas e inmiscibles en agua; esta propiedad es la que permite destilar aceites esenciales por arrastre de vapor.
- Solubilidad: en alcoholes o disolventes orgánicos.
- Índice de refracción: Valor estandarizado para cada aceite esencial.
- Desviación polimérica: Valor estandarizado para cada aceite esencial.

Los aceites esenciales son volátiles por lo que suelen utilizarse para elaborar perfumes, infusiones, licores, cosméticos o medicina natural por sus principios activos (Romero, 2004).

### 2.10.1 Aceite esencial citronela (Cymbopogon sp.)

Los extractos de aceites esenciales de citronela sirven para la elaboración de productos de limpieza. Sus propiedades más importantes son: insecticida, antisépticas, aromatizantes, parasiticida, además de tener aroma cítrico y dulce (Sellar, 2009).

La citronela es una hierba que puede alcanzar a medir un metro de altura. La planta tiene hojas de forma alargada, suele crecer en climas cálidos en lugares como Birmania, Sri Lanka, Madagascar, Sur América y Guatemala. Algunos constituyentes químicos son: ácido citronélico, borneol, geraniol, nerol (alcoholes), citral, citronelal (uno de los componente aromáticos con más concentración, ver Figura 7), canfeno, dipenteno y limoneno (Sellar, 2009). Su aceite esencial tiene la característica de ser amarillo claro.



**Figura 7.** Estructura del citronelal.



## 2.11 Ácido acético

El ácido acético es otro producto comúnmente utilizado por sus propiedades antimicrobianas especialmente en la limpieza doméstica como baños y cocinas (Acuña, 2012). El ácido acético puro es cáustico y es un desinfectante natural debido a que muchas bacterias que sobreviven a un medio alcalino, mueren en un medio ácido. Este ácido se ha comprobado que combate bacterias como *E. Coli* y *Salmonella* (Acuña, 2012).

El ácido acético Glacial 99 % suele ser la materia prima utilizada para agregar a productos comercial de limpieza. Aunque el ácido acético puro es cáustico, es famoso por sus propiedades antisépticas y desinfectantes. Es un ácido orgánico débil (Novellas, 2011).

La concentración de este ácido se mide normalmente por densidad. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que el ácido acético tiene un máximo de densidad que corresponde a una concentración de 78 % de ácido químicamente puro (Novellas, 2011). Un ácido acético puro para usos técnicos debe resistir las pruebas siguientes:

- Debe ser transparente, incoloro y no debe tener residuos sólidos de ninguna clase.
- Debe ser un sólido a una temperatura mayor de 15,6 °C si no tiene menos del 3 % de agua.
- No debe precipitar ni colorearse por corriente de hidrógeno sulfurado.
- No debe tener materias alquitranosas que proceden de una mala purificación. Si existe en pequeñas cantidades puede reconocerse por medio de una disolución débil de permanganato de potasio, que es decolorado en presencia de los productos de referencia. Cuando las materias alquitranosas son de mayor cantidad se podría evidenciar al evaporar el ácido casi a sequedad dejando un residuo negruzco.

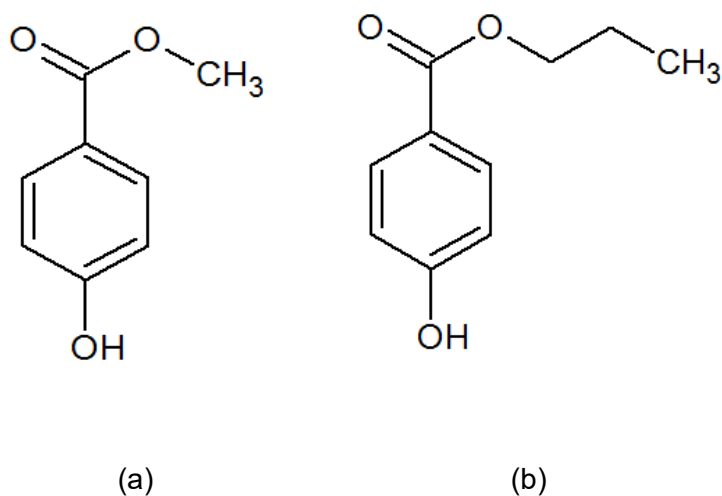
Lo más común para probar la concentración de un ácido es hacer una valoración ácido base o neutralización de un ácido débil con una base fuerte, en el punto de equivalencia, el pH es básico, y por tanto mayor que 7. El indicador más adecuado es la fenolftaleína o el azul de timol que cambian de color en ese intervalo de pH (Novellas, 2011).

## **2.12 Ácido cítrico**

El ácido cítrico es muy común en formulaciones de limpieza y cosméticos, suele usarse como un regulador de pH, pues a ciertas concentraciones tiene comportamiento de buffer. La cromatografía de gases es un método que sirve para observar la presencia de ácidos orgánicos incluyendo ácido cítrico, de esta forma es posible analizar la presencia de otros ácidos. Su apariencia es de un polvo granular a cristalino fino y de color blanco que no posee olor y no tiene sabor desagradable (Ghassempour, Mashkouri, & Amiri, 2003).

## **2.13 Metilparabeno y propilparabeno**

El metilparabeno también conocido como Nipagin es un éster metílico del ácido 4-hidroxibenzoico (ver Figura 8 a). El propilparabeno conocido como Nipasol es el éster propílico del ácido 4-hidroxibenzoico (ver Figura 8 b). Ambos son polvos blancos o incoloros, solubles en etanol y metanol, pero insolubles en agua. Suelen usarse en las formulaciones químicas como conservantes (Administración Nacional Argentina de medicamentos, alimentos y tecnología médica, 2013). El metilparabeno es más activo frente a bacterias que hongos y levaduras, mientras que el propilparabeno tiene buena efectividad en casi todos los agentes citados anteriormente. Tienen buena actividad con un pH entre 4 y 8, sin embargo, son más eficaces a un pH ácido, debido a que su actividad es por su estructura molecular protonada. Ambos compuestos son incompatibles con tensoactivos no iónicos y deben protegerse de la luz (Acoforma S.A., s.f.).



**Figura 8.** Estructura molecular del (a) metilparabeno, (b) propilparabeno.

## 2.14 Cromatografía en fase gaseosa

Técnica de separación de sustancias volátiles basada en la diferencia del coeficiente de separación de los productos a separar presentes en una fase gaseosa (móvil) y una parte estacionaria (revestimiento interno de la columna). El método consiste en inyectar una pequeña muestra para analizar, y esta muestra se separa en sus componentes o principios activos. El tiempo de duración de la prueba depende de las diferentes afinidades de los compuestos en la fase estacionaria o la móvil (Cañada, 2011).

## 2.15 Destilación

Esta metodología sirve para separar una sustancia volátil de otras mediante calor y un equipo, enfriando luego su vapor por aparte para obtener la sustancia sola. El método se describe de la siguiente forma: el vapor de agua que se genera en la destilación impregna la materia vegetal que está contenida en el tanque, de modo que se disuelve y extrae las moléculas aromáticas, que son condensadas al estar en contacto con frío, para recuperar el aceite esencial (Cerpa, 2007).

Dado que cada componente ejerce su propia presión de vapor independientemente de los otros, la mezcla hervirá a una temperatura en la cual la presión de vapor total sea igual a la presión externa y esta temperatura se mantendrá constante durante toda la destilación (Cerpa, 2007). Para obtener aceites esenciales se utilizan varios métodos, algunos de ellos son: destilación por arrastre de vapor, destilación agua-vapor e hidrodestilación.

### **2.15.1 Hidrodestilación**

Es un método en donde el material para destilar está completamente sumergido en agua y ambos se calientan hasta el punto de ebullición, el calor del destilador es proporcionado por fuego directo, chaqueta de vapor o serpentín. El material se dispersa en el agua y se mantiene disperso bien sea por agitación mecánica o por el mismo movimiento generado por la ebullición del agua. Se usa un destilador, un condensador y un recolector del destilado que comúnmente se llama florentino, también puede usarse un reflujo en el procedimiento. El destilado se compone de dos partes, agua que acompaña al aceite esencial que suele nombrarse agua floral o hidrolato y el aceite esencial destilado (Torres, 2011).

## **2.16 Planta Piloto de CIPRONA**

La planta está diseñada para lograr separaciones que proporcionen como resultado la obtención de aromas y componentes medicinales, a partir de material crudo de las plantas. Algunas de las operaciones que se pueden lograr, según el diseño descrito, son (Guía de diseño de planta piloto polivalente para la destilación y extracción de plantas aromáticas y medicinales, 1991):

- Destilación por vapor y separación de aceites esenciales.
- Destilación fraccionada de aceites esenciales.
- Percolación en un disolvente a temperatura ambiente.
- Extracción con disolvente en caliente por el método Soxhlet.
- Extracción por operación de lixiviado repetitiva, con disolvente caliente o frío.
- Filtración de micela.
- Concentración al vacío de la micela.

- Destilación de disolvente rectificado y recuperación.

El equipo básico a utilizar para el interés de la práctica es un destilador batch en donde se destila el aceite esencial grado técnico de citronela, obtenido de un proveedor, para la eliminación de impurezas.

La Figura 9 muestra el equipo que consta de un destilador, un condensador, una chaqueta a la que se alimenta vapor vivo proveniente de la caldera de la planta y un florentino que recoge el aceite esencial destilado y agua floral. La presión de vapor de alimentación es la variable independiente controlada mediante una válvula.



**Figura 9.** Destilador de la planta piloto con sus principales equipos: condensador y florentino.



### **3 Metodología. Materiales, equipos y métodos utilizados en la práctica**

El proyecto se desarrolla en el Laboratorio General, Laboratorio de Tecnología Química, Planta Piloto y Unidad de Equipos Analíticos del Centro de Investigaciones en Productos Naturales (CIPRONA) de la Universidad de Costa Rica, ubicado en la Ciudad de la Investigación (Sabanilla, cantón de Montes de Oca) de la Sede Rodrigo Facio, San José, Costa Rica.

#### **3.1 Materiales y equipos**

Los reactivos utilizados para diseñar el control de calidad sobre las materias primas y productos terminados se enlistan a continuación:

- Ácido clorhídrico, reactivo ACS, Gamma ® de Estados Unidos
- Hidróxido de sodio de Sigma-Aldrich ® de Estados Unidos
- Hidróxido de potasio de Sigma-Aldrich ® de Estados Unidos.
- Ftalato ácido de potasio de J.T. Baker.
- Agua destilada
- Indicador de fenoftaleína.
- Etanol puro de la Fábrica Nacional de Licores, Costa Rica
- Cloroformo deuterado

Los útiles y equipos utilizados durante toda la práctica se enlistan a continuación:

- Estufa de convección marca Termo Scientific, tipo Heratherm OGS180, hecha en Alemania.
- 2 Parrillas de calentamiento/agitación marca Barnstead International, modelo: SP 131635, ensamblada en Malasia.
- Liofilizador marca Labconco, de catálogo No. 77544040, hecho es Estados Unidos.
- Balanza analítica marca AND ®, modelo HM-200, número de serie 13506822, con precisión de  $\pm 0.0001$  g y capacidad máxima de 210 g.

- Balanza granataria marca AND ®, modelo EK-2000i, número de serie p1884583, con precisión 0.1 g y capacidad máxima de 2000 g.
- Cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas, marca SHIMADZU CORPORATION modelo GCMS-QP5000, número de serie C70174100219, hecho en Japón.
- Destilador de planta piloto, hechizo.
- Condensador de planta piloto, hechizo.
- Caldera categoría C, marca Columbia, número de serie: 160570, hecha en Estados Unidos.
- Medidor de punto de fusión Fisher –Johns de Fisher Scientific Co.
- Vortex, manufacturado por Scientific Industries Inc, hecha en USA, Modelo G-560, Serie 2-168832.
- Columna cromatográfica tipo DB5, marca SUPELCO, de número de serie: M936-01B.
- Equipo de Resonancia Magnética Nuclear Ascend™ 600, marca Bruker procedente de Alemania, y consola Avance III 600 de Bruker, procedente de Alemania. Número de scans utilizados para espectro de carbono 13: 2000.

### **3.2 Diseño de control de calidad para materias primas de tres productos de limpieza de la línea Laboratorios Siwõ.**

Se definió que se diseñaría un control de calidad para todas las materias primas de los productos de limpieza de Laboratorios Siwõ. Los productos fueron 3: un limpiador de vidrios, un desinfectante y una cera para pisos, y sus materias primas: cera carnauba, ácido acético glacial, aceite esencial citronela, ácido cítrico, cera de abejas, polisorbato 80, metilparabeno y propilparabeno. Todas las materias primas provienen de una sola distribuidora, a excepción de la cera de abejas que proviene de la Universidad Nacional de Costa Rica.

Para buscar las características críticas de cada una de las materias primas se investigó y se encontró información en diferentes libros, revistas y empresas para establecerles un método de control de calidad.



### 3.2.1 Control de calidad de citronela

Para el control de calidad del aceite de citronela, la principal información se basó en el protocolo de calidad de verificación de Grado Terapéutico “CTPG” de la marca doTERRA Holdings. Uno de sus métodos de prueba para asegurar un producto puro es el método de cromatografía de gases para observar la pureza química del aceite esencial y las concentraciones de los componentes aromáticos (DoTerra Holdings Inc, 2013), de modo que, se escogió este procedimiento para observar la calidad de la materia prima. Al encontrarse impurezas en el aceite esencial se estableció como método de purificación, destilar primero mediante hidrodestilación y luego proceder con la cromatografía de gases para verificar que el producto esté dentro de especificaciones de pureza requeridos antes de ser usado como materia prima.

Para la hidrodestilación se determinó una presión de vapor adecuada que permita la eliminación de impurezas presentes en el aceite esencial comercial y obtener la mayor concentración de citronelal y limoneno (componentes en mayor concentración del aceite esencial comercial de citronela). Se recogió el aceite esencial y el agua floral en un florentino y se separó por diferencia de densidades en un embudo separador. Posteriormente para eliminar el agua o humedad del aceite se recomienda usar un desecante tal como sulfato de sodio y luego filtrar para eliminarlo.

Para determinar la presión de alimentación de vapor adecuada para la destilación, se estableció un intervalo de presiones de trabajo: 14 psi, 20 psi y 28 psi (valores medidos por el barómetro del equipo) y se realizaron tres destilaciones por cada valor de presión asignado. El aceite esencial se recogió para cada destilación y se sometió a un análisis de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS), inyectando la muestra tres veces (ver Figura 10). Posteriormente con los resultados de la cromatografía de gases se procedió a hacer una comparación de medias de áreas de integración y se estableció si era significativo o no, usar presiones altas. También se recomendó una presión de destilación para el aceite de citronela.



**Figura 10.** Cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas, marca SHIMADZU CORPORATION de la Unidad Analítica de CIPRONA, donde se analizó el aceite esencial de citronela.

El destilador está alimentado por vapor vivo proveniente de una caldera que se encuentra en un cuarto separado. Este vapor es controlado por una válvula reguladora de presión que controla la cantidad de vapor que entra al destilador (ver Figura 11). Por lo tanto, el tiempo de destilación también depende del flujo de vapor (flujo de energía). Se midieron los flujos de destilado y se anotaron también las condiciones de trabajo. Los parámetros que se mantienen fijos en este experimento fueron: la temperatura y presión a la que destila el aceite esencial, el volumen de aceite utilizado y el volumen de agua para proceso de hidrodestilación. La variable de diseño o variable controlada fue la presión de alimentación de vapor y las variables de respuesta: la concentración de citronelal en el destilado y su flujo volumétrico.



**Figura 11.** Barómetro, válvula reguladora y tablero de temperatura del destilador de la planta piloto.

### 3.2.2 Ácido acético glacial

El ácido acético glacial se evaluó mediante una titulación (Novellas, 2011) usando hidróxido de sodio (NaOH) con una concentración de 0,5 mol/L, el cual se estandarizó con ftalato ácido de potasio como reactivo primario. La fenoftaleína se usó como indicador. (El procedimiento completo se encuentra en el manual adjunto en los anexos).

### 3.2.3 Ácido cítrico, metilparabeno y propilparabeno

Se investigó que la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas fue la adecuada para analizar tanto la pureza del ácido cítrico como de los parabenos (Ghassempour, Mashkouri, & Amiri, 2003). Para ello, se usó una punta de espátula de cada compuesto y se disolvió la muestra en etanol en un vial pequeño para su posterior análisis

(Administración Nacional Argentina de medicamentos, alimentos y tecnología médica, 2013).

### **3.2.4 Condiciones del equipo de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS).**

GC-MS de un cuádrupolo, Marca SHIMADZU, modelo GCMS-QP5000, de LabSolutions. Energía de ionización 70 eV. Gas de arrastre Helio. Modo de ionización por impacto electrónico (EI): polaridad positiva. Columna utilizada: MDN-5S SUPELCO de 30 m x 0,25 mm x 0,25 mm. Utilizando método SCAN. Flujo de columna de 1,3 mL/min.

***Parámetros de cromatografía para aceite esencial de citronela:*** La temperatura del equipo comienza a 60 °C y sube con una rampa de 3 °C/min hasta los 160 °C y comienza otra rampa a 55 °C/min hasta los 280 °C y se mantiene por 1 min a 280 °C. Un total de tiempo de corrida de 36,52 minutos. Split Ratio 1:60.

***Parámetros de cromatografía para el ácido cítrico:*** La temperatura se sostiene en 60 °C por 2 minutos, seguido por una rampa de 20 °C/min hasta llegar a los 290 °C, se mantiene la temperatura de 290 °C por 2 minutos. Un total de tiempo de corrida de 18,50 minutos. Split Ratio 1:60.

***Parámetros de cromatografía para metilparabeno y propilparabeno:*** Se comienza una rampa con una temperatura de 100 °C a un flujo de 5 °C/min hasta llegar a una temperatura de 285 °C que se mantiene por 30 minutos. Un total de tiempo de corrida 67,00 minutos. Split Ratio 1:25.

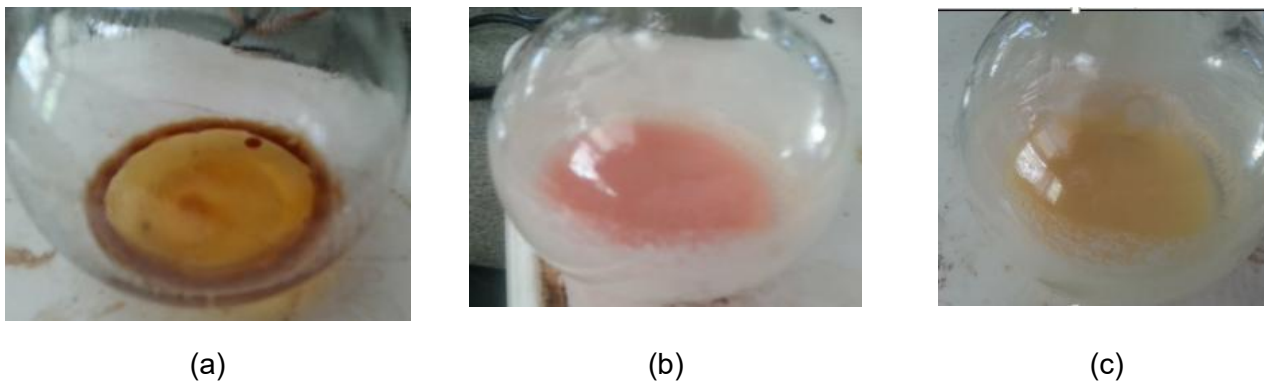
### **3.2.5 Ceras**

Las dos ceras utilizadas como materia prima en la producción de agentes de limpieza se tratan con los mismos métodos según las investigaciones, de modo que primero se les mide a cada una su punto de fusión en un equipo marca Fisher-Johns. Los puntos de fusión deben dar un resultado similar al reportado en la literatura y posteriormente, se les practica una prueba de índice de saponificación. Si ambos métodos reportan resultados dudosos se procede a analizar por espectrometría de resonancia magnética.

### 3.2.6 Índice de Saponificación

Respecto al índice de saponificación se usó la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 40.08/1973, en conjunto con una Norma Técnica Chilena NCh 620. cR2007 (representantes de esta norma es la COPANT, Comisión Panamericana de Normas Técnicas) dado que no existe una norma técnica Internacional y en la Universidad Nacional, proveedora de cera de abejas, tampoco la tienen. Estas normas están avaladas por los laboratorios de fitoquímica de universidades que los respaldan tal como la Universidad Austral de Chile (Normas oficiales Mexicanas., 1981), (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1973), (Instituto Nacional de Normalización de Chile, 2007). También se encontró el procedimiento en la página de internet de apicultores de Argentina, todos proporcionan las mismas características con algunas variaciones según los reactivos y unidades utilizadas. De modo que se adaptó el método a reactivos y equipos del Centro de Productos Naturales (CIPRONA). El método se definió de la siguiente manera:

- En un erlenmeyer de 200 mL limpio, seco y tarado se colocó aproximadamente 2 o 3 g de muestra (cera).
- Se agregó 25 mL de potasa alcohólica 0,5 mol/L, (ver Figura 12 a).
- Sobre el matraz se colocó un condensador de reflujo para hervir durante 1 hora aproximadamente hasta que la saponificación fuera completa. Se usó un agitador magnético dentro del balón para ayudar a que se realice la reacción.
- Después del tiempo dado se agregaron unas gotas de fenolftaleína como indicador al erlenmeyer, como la disolución se encuentra a pH básico, se producirá un color como se muestra en la Figura 12 b.
- Se inició posteriormente su valoración en caliente con ácido clorhídrico (HCl) 0,5 mol/L previamente estandarizado, hasta que el color de la fenolftaleína se haya eliminado tal como lo muestra la Figura 12 c.
- Se anotó el gasto de HCl 0,5 mol/L.
- Se realizó paralelamente un ensayo en blanco con los mismos reactivos pero sin materia grasa. (25 mL de potasa alcohólica 0.5 mol/L y valore con HCl).
- Se anotó el gasto de HCl 0,5 mol/L del ensayo en blanco para el cálculo posterior.



**Figura 12.** Ejemplo del proceso de obtención de índice de saponificación con cera de abeja. Cera de abeja con potasa alcohólica (a), cera de abeja después de proceso de saponificación y fenoftaleína (b), cera de abeja con potasa alcohólica después de valoración con ácido clorhídrico (c).

### 3.2.7 Metodología del cálculo del Índice de saponificación:

$$i = \frac{56,1 \times (V_b - V_m) \times N}{m} \quad (2)$$

Donde:

$m$  = masa de la muestra (g);

$V_b$  = volumen de ácido clorhídrico de la valoración realizada con la prueba en blanco.

$V_m$  = volumen de ácido clorhídrico de la valoración realizada con la prueba con muestra.

56.1= representa la masa molecular de KOH (g/mol);

$N$ = normalidad de la disolución de HCl (N);

$i$ = índice de saponificación (mg de KOH/g).

## 3.3 Metodología Formulación Química

### 3.3.1 Formulación de limpiador de pizarras

Para crear una nueva formulación de un limpiador de pizarra primeramente se realizó una investigación bibliográfica sobre los compuestos que conforman los limpiadores de pizarras comerciales y la proporción en la que se encontraban dichos productos. Además se

investigó sobre sus precios en el mercado. Posteriormente se obtuvo información sobre similitudes entre propiedades químicas de las materias primas sintéticas o peligrosas del limpiador de pizarras comercial y otras materias primas que fueran amigables con el medio ambiente y que en cuanto a precio fueran similares o accesibles.

Se decidió reemplazar el 2-butoxietanol por ser una sustancia tóxica y peligrosa (Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 2009), dado que puede causar problemas a la salud del ser humano si se da una exposición media (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2014). Se reemplazó por otro tensoactivo de origen natural y biodegradable, el polisorbato 80.

Se procedió a hacer consecuentes formulaciones de prueba con diferentes porcentajes de los ingredientes establecidos, acorde con propiedades químicas y precios, se encontró que no había dependencia en cuanto a porcentajes de una materia prima y otra, de modo, que no fue necesario establecer un método estadístico.

Se evaluaron, mediante pruebas cualitativas, características tales como: calidad de limpieza, manchas posteriores con el uso de marcadores y después de pasar el borrador, facilidad para borrar, sensación al sentir la superficie de la pizarra, daño de material durante uso constante de limpiador. También se utilizaron 3 tipos de marcadores comerciales producidos por diferentes empresas, para observar eficiencia de borrado. Posteriormente se hicieron pruebas de borrado después de dejar rayada la pizarra por varios días (procedimiento que hace más difícil de borrar las tintas de marcador en las pizarras).

El procedimiento de evaluación llevó a seleccionar una formulación que cumplió todas las características de desempeño y se procedió a validar con una prueba de campo. De modo que se envió a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela de Química para que lo usaran los colaboradores de la limpieza de pizarras de cada edificio. Los colaboradores limpiaron las pizarras asignadas durante una semana con el prototipo de prueba para posteriormente ser entrevistados y recibir retroalimentación. Finalmente se procedió a hacer etiqueta y hoja de seguridad del producto.

### **3.3.2 Formulación de jabón líquido de manos**

Para crear una nueva formulación de un jabón líquido para manos, primeramente se realizó una investigación bibliográfica sobre los compuestos que conforman los jabones líquidos comerciales y su composición. También se indagó sobre las similitudes entre propiedades químicas de las materias primas sintéticas o clasificadas como peligrosas y otras materias primas que fueran amigables con el ambiente y de precios similares. Además se investigó sobre precios de jabones líquidos para manos en el mercado.

Se seleccionaron tensoactivos de origen natural y que fueran biodegradables, que no dañaran la piel. Se procedió a hacer consecuentes formulaciones de prueba con diferentes porcentajes de los ingredientes establecidos, acorde con sus propiedades químicas y precios y se encontró que no había dependencia en cuanto a porcentajes de una materia prima y otra. Por lo anterior, no fue necesario establecer un método estadístico.

El procedimiento de evaluación llevó a seleccionar una formulación que cumplió con ciertas características de desempeño requeridas. Para ello se usaron porcentajes de humectación, viscosidad y cantidad de espuma deseadas por el fabricante. Posteriormente se procedió a hacer la hoja de seguridad y la etiqueta del producto.

### **3.3.3 Prueba de estabilidad**

Para probar la estabilidad de la formulación del jabón líquido para manos, se introdujo el prototipo escogido en una estufa (ver Figura 13) y se mantuvo a 45 °C durante un periodo de tres meses para simular los cambios que puede experimentar el jabón durante su vida útil y asegurar que sea estable durante un periodo de un año (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria ANVISA, 2005). Tal como se menciona en el marco teórico se escoge una formulación que no cambie significativamente sus características físicas o químicas durante el periodo de la prueba y bajo las condiciones ambientales mencionadas.





**Figura 13.** Estufa de convección para pruebas de estabilidad a 45 °C marca Thermo Scientific.



## **4 Resultados y Discusión**

### **4.1 Diseño de control de calidad de materia prima**

Los posibles métodos y procedimientos seleccionados de la investigación bibliográfica como pruebas de control de calidad para las materias primas y productos terminados de la producción de Laboratorios Siwõ, se pusieron en práctica en el laboratorio. Lo anterior, para verificar resultados, efectividad, observar posibles modificaciones y cuidados que se deben tener durante las pruebas con el fin de que sean implementadas de forma adecuada.

Se espera que al realizar los procedimientos, los resultados sean según lo establecido teóricamente para que no se pueda cuestionar el protocolo de control de calidad y sus análisis, sino que se cuestione la calidad de la materia prima. A continuación se presentan las pruebas de control de calidad realizadas y sus resultados.

#### **4.1.1 Polisorbato 80**

El polisorbato 80 se usa en la formulación por su acción detergente, tal como es usado para productos de limpieza. Lo más importante para la formulación es que este reactivo no esté adulterado con agua u otro líquido que modifique su concentración. El polisorbato 80 debe tener un máximo de 3 % de humedad (Fragon, 2012). Debido a su alto peso molecular, el tensoactivo presenta una densidad alta, que sería afectada si presenta adulteraciones. De modo que en esta investigación se sugiere medir la densidad del tensoactivo, mediante un muestreo. La densidad se mide con un picnómetro, pero también puede hacerse (en el caso de que no se tenga acceso a este equipo) mediante medición de la masa de un balón aforado vacío y luego su masa con la materia prima. El resultado es un cálculo de masa entre volumen.

Se recomienda usar balones pequeños para usar la menor cantidad posible. Debe medirse 3 veces y promediar el resultado. El valor teórico recomendado es de (1,06-1,09) g/mL. Al verificar este procedimiento experimentalmente con un galón de polisorbato 80 que se encontraba en bodega, se obtuvo una densidad promedio de 1,073 g/mL, confirmando que

el polisorbato 80 que se tiene en este momento, cumple satisfactoriamente con la densidad recomendada.

El cuidado que se debe tener para hacer las medidas de densidad es traspasar con precaución el producto al balón aforado o el picnómetro ya que es un líquido bastante viscoso. Si el valor de la densidad no se encuentra entre lo establecido, se recomienda practicar una prueba de índice de saponificación, el resultado debe estar entre (45 y 55) mg de KOH/g. El procedimiento para índice de saponificación se encuentra en la sección 3.2.6 de metodología (el procedimiento es específico para ceras, pero puede usarse para polisorbato 80 pues, dado que éste es un éster de un ácido graso.

#### **4.1.2 Ceras**

##### **4.1.2.1 *Punto de fusión***

La Universidad Nacional (proveedores de cera de abeja) y otras fuentes bibliográficas que se citan en el marco teórico y metodología recomiendan que la primera prueba de control de calidad que se le debe hacer a las ceras es medir el punto de fusión (ver Figura 14 a). Aunque ésta es una prueba cualitativa, ella muestra si existe alteración con altos porcentajes de parafina, mayores a un 10 %, debido a que la parafina es el principal componente de alteración en Costa Rica (Umaña, 2015). El cuidado que se debe tener al utilizar esta prueba, es estar pendiente del inicio de la primera gota y de la última gota de las muestras, para reportar una correcta medición. El valor teórico esperado para la cera de abeja es de (62 a 65) °C (Medici, 2005) y para la cera carnauba es de (78 a 86) °C aproximadamente (ver Figura 14 b) (Bailey & Bailey, 1998).



**Figura 14.** Ceras utilizadas como materia prima para productos de limpieza (a) láminas de cera de abeja, (b) cera carnauba empacada.

Al verificar este procedimiento con la cera de abeja se obtuvo un punto de fusión con un intervalo de (52 a 69) °C (reporte completo se encuentra en Cuadro 15 de la sección 8.3 del apéndice). Para la cera carnauba los resultados obtenidos fueron de: (70 a 78) °C (valor reportado en el Cuadro 15 de la sección 8.3). Estos resultados en las primeras pruebas realizadas muestran intervalos muy amplios de fusión, lo que lleva a pensar que las ceras muestreadas pueden tener algún tipo de contaminación o puede tener humedad.

#### **4.1.2.2 Índice de saponificación**

El método del índice de saponificación se adaptó de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 40. 08/1973, en conjunto con una Norma Técnica Chilena NCh 620. cR2007, según los reactivos y equipos que se tienen en CIPRONA dado que no existe una norma técnica Internacional para ella y tampoco la tiene el CINAT (Universidad Nacional (Umaña, 2015).

El índice constituye un control de calidad que requiere tiempo (Procedimiento en la sección 3.2.6 y los resultados en la sección 8.3 Cuadro 16). Los tres principales cuidados que se debe tener al realizarla son: una buena agitación para asegurarse que todos los ácidos grasos reaccionen, un cierre correcto del matraz con el equipo que proporcionará el reflujo para que no haya fugas, finalmente tener familiaridad con el color de los reactivos a la hora

de la valoración para verificar el cambio de color de la fenoftaleína y anotar un volumen correcto.

Experimentalmente, los primeros resultados obtenidos en el laboratorio del índice de saponificación de ambas ceras no fueron aceptables. Los valores fueron:

- para la cera de abeja 54,038 mg KOH/g (valor teórico (87 a 104) mg KOH /g) (Medici, 2005);
- para la cera carnauba 14,6 mg KOH/g (valor teórico (78 a 88) mg KOH/g (Bailey & Bailey, 1998).

Tanto el punto de fusión e índice de saponificación arrojaron resultados no cercanos a los datos teóricos que pueden indicar presencia de material con impurezas o humedad, pero también pueden significar errores en el procedimiento. Por ello, debido a que el fin único es que se cuestione la calidad de la materia prima y no el protocolo de control de calidad y sus pruebas de análisis, al obtener resultados experimentales incompatibles con el valor teórico, se decide seguir investigando sobre lo que puede estar alterando los resultados en las ceras para asegurar que el procedimiento establecido es confiable.

Después de evaluar el procedimiento, se supone una alteración en los resultados por presencia de humedad en las ceras. Por lo tanto, se decide utilizar el método de liofilización para eliminar la humedad, ya que es difícil hacerlo mediante procesos de calentamiento por el bajo punto de fusión que presentan (ver Figura 15).



**Figura 15.** Liofilizador marca Labconco, número de catálogo 77544040 utilizado para eliminar la humedad de las ceras (a), envases con cera carnauba y cera de abeja congelados con nitrógeno para su liofilización (b).

La liofilización es la forma de eliminar agua o un disolvente al sublimar un sólido en un recipiente con presión al vacío, es un método delicado que evita la pérdida de compuestos de la muestra (Nonhebel & Moss, 2002). En la liofilización la estructura físico-química del material se mantiene y a diferencia de secado por calor, el aroma y la textura no se pierden (Ramírez, 2006).

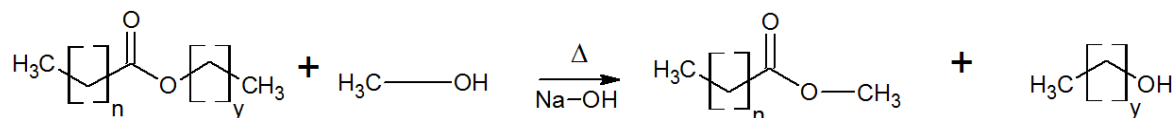
Posteriormente a la liofilización se hicieron nuevamente las pruebas de punto de fusión e índice de saponificación, obteniéndose para la cera de abejas un punto de fusión de (60 a 64) °C y un índice de saponificación promedio de 92,41 mg KOH/g (ver Cuadros 17 y 18). Ambos resultados aceptados en comparación con los valores teóricos expuestos en el marco teórico. En el caso de la cera carnauba, el punto de fusión fue de (67 a 74) °C y el índice de saponificación de 24,5 mg KOH/g (en el Cuadro 19 puede observar otra repetición de la prueba con valores similares). A diferencia de la cerca de abejas, los valores de la carnauba siguen alejados de los valores reportados en la literatura.

Se realizaron otras pruebas a otro lote de cera carnauba sin liofilizar, para eliminar la posibilidad de que sólo el lote anterior estuviera dando resultados extraños. Al realizarse la prueba se reportó un índice de saponificación de 27 mg KOH/g (ver Cuadro 21) e igualmente se reportó un intervalo de punto de fusión de (68 a 74) °C (ver Cuadro 20).

#### 4.1.2.3 Análisis con equipo analítico para ceras en estudio

Los resultados no eran aceptables para la cera carnauba y no se contaba con un patrón de dicha cera, por lo que se decidió realizar un análisis con un equipo analítico. La primera idea fue utilizar el cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas (GS-CM) para realizar una transesterificación de las ceras, por tener en su composición ésteres. Sin embargo, en la literatura se encuentran procedimientos para la reacción de transesterificación de aceites vegetales, los cuales tienen cadenas más cortas de carbonos que los ésteres de las ceras.

La reacción de transesterificación que se describe en la Figura 16, suele realizarse con catalizador principalmente básico, pues permite que la reacción suceda en menos tiempo. El reactivo con mayor efectividad usado para transesterificar es el metanol, dado que evita el impedimento estérico de la reacción. Esta reacción también recibe el nombre de alcoholólisis (Aliseda, 2003).



**Figura 16.** Descripción de la reacción de transesterificación.

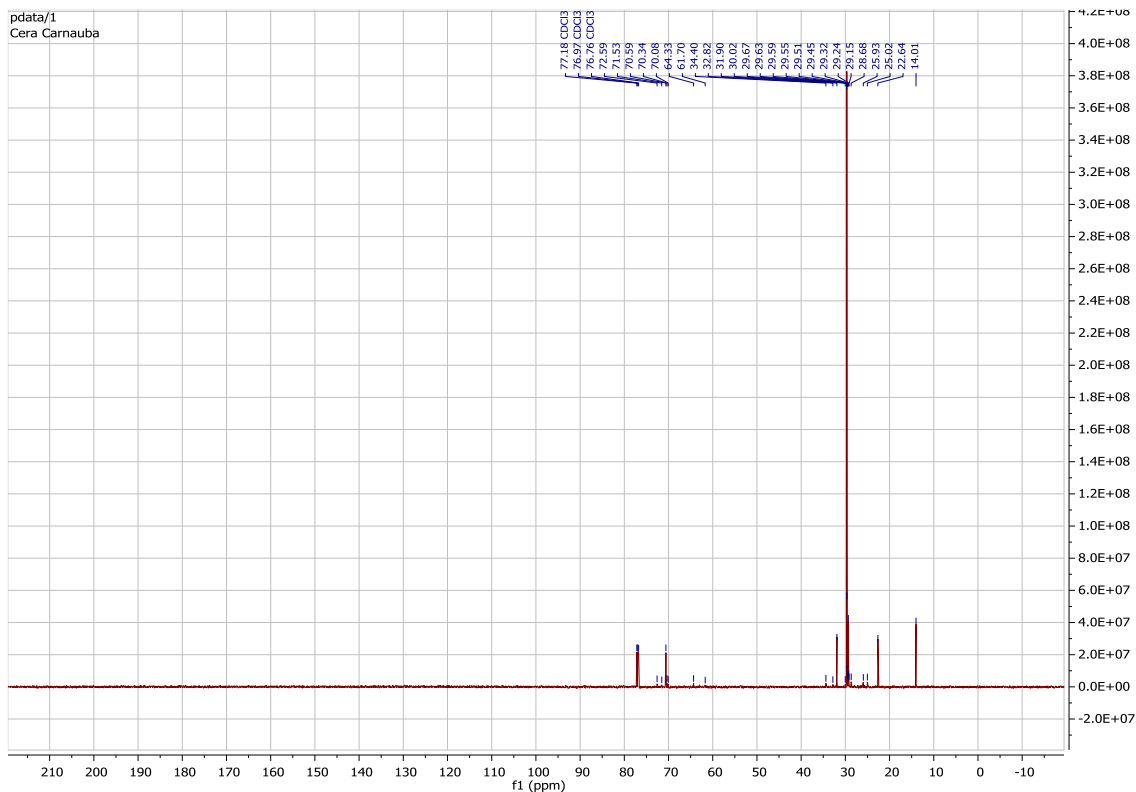
Cuando se hizo esta reacción en ambas ceras (la carnauba y la cera de abejas) y se leyó en el cromatógrafo de gases (GS-CM), se observaron sólo alcanos lineales en ambas ceras (ver Figura 38 y 39 en la sección 9.8 de los anexos en donde se presenta la cromatografía). Investigando más al respecto, la razón por la cual no se dio la reacción de transesterificación es debido a que comúnmente las condiciones de la reacción mencionadas en el párrafo anterior son sólo para aceites vegetales que tienen las cadenas de carbono más cortas,



dado que el hidróxido de sodio es una molécula iónica, y por lo tanto es insoluble en cadenas de carbonos por la diferencia estructural molecular de ambos compuestos. De modo que conforme aumenta la cadena de carbonos de los ésteres, menor funcionalidad tiene el catalizador en la reacción. Así que sería necesario modificar las condiciones para que ocurra la reacción o buscar otra forma de revisar la presencia de los ésteres y la composición analítica de las ceras.

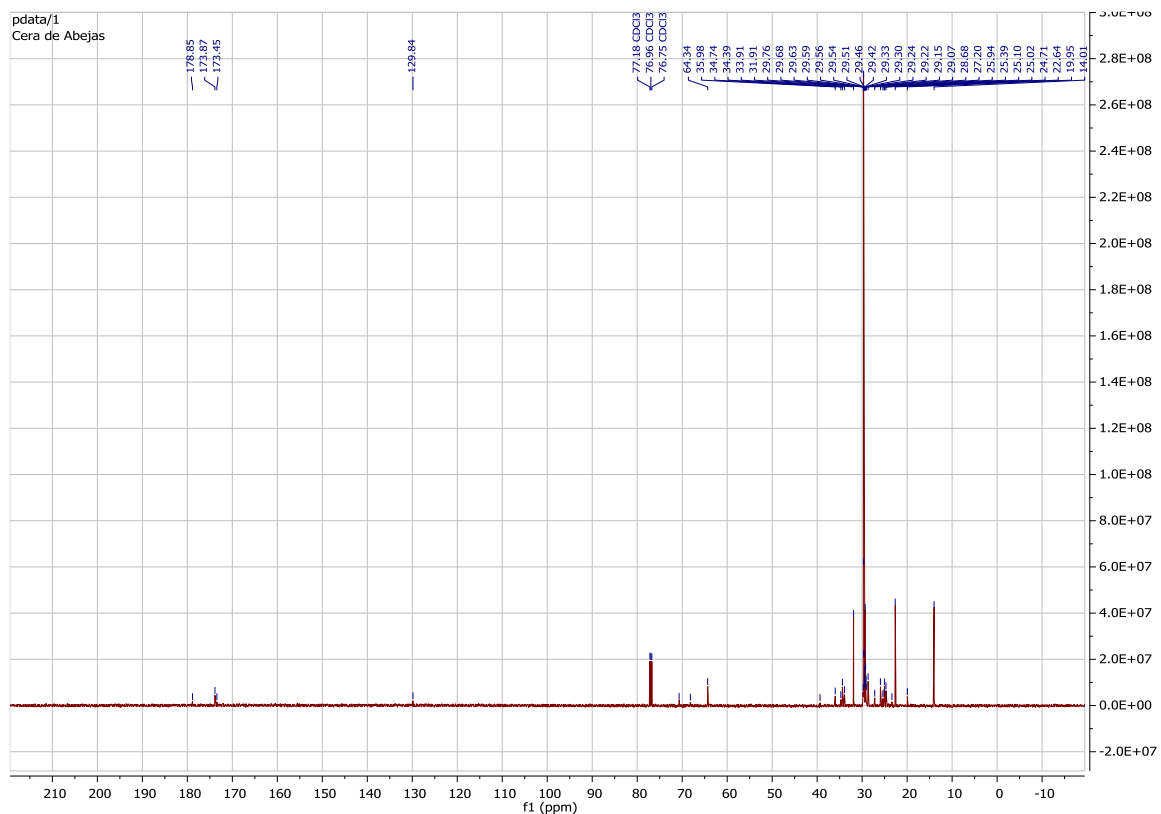
Se decidió utilizar el equipo de Resonancia Magnética Nuclear que tiene el CIPRONA, pues se encontró información y espectros RMN-<sup>13</sup>C de la cera carnauba, cera de abeja y cera parafina, misma información que se encuentra en el marco teórico y con la que se pudo comparar los resultados y obtener conclusiones.

Las condiciones de los espectros realizados fueron las mismas que el reporte en la literatura: una temperatura de 40 °C utilizando cloroformo deuterado como disolvente (CDCl<sub>3</sub>) (Hiroshi, 1993). Las Figuras 17 y 18 muestran los resultados de las ceras que se han estado tratando en CIPRONA.



**Figura 17.** Espectro RMN- $^{13}\text{C}$  de la cera carnauba utilizada como materia prima en CIPRONA.

En la Figura 17 se observan los picos del cloroformo deuterado ubicados a los (76 y 77) ppm del espectro. Las señales de la derecha, entre (15 y 40) ppm son señales de presencia de cadenas de hidrocarburos. Las señales entre los 60 y 75 ppm pueden corresponder a presencia de alcoholes (Yurkanis, 2008). Comparando esta Figura 17 con la Figura 3, se puede notar que faltan las señales de los carbonos carbonílicos de los ésteres a 175 ppm aproximadamente, y tampoco están las señales a los 130 ppm que pertenecen a los dobles enlaces de carbono.

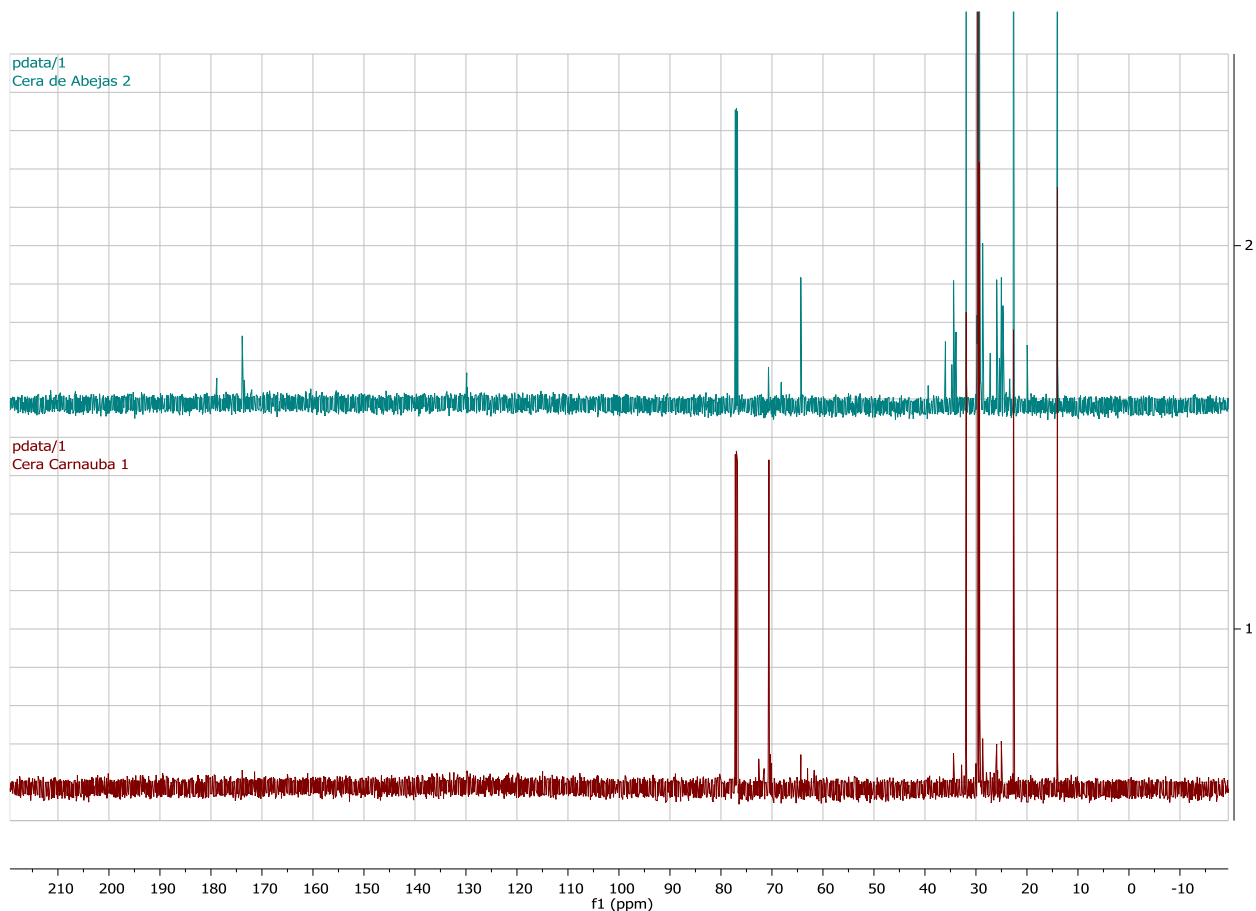


**Figura 18.** Espectro RMN- $^{13}\text{C}$  de la cera de abeja utilizada como materia prima en el CIPRONA.

Las señales presentes en la Figura 18 se describen a continuación: Las señales a campo bajo del espectro RMN- $^{13}\text{C}$  que se encuentran entre los (165 y 175) ppm son las señales de la presencia de los carbono carbonílicos de los ésteres. Existe una señal en 178,87 ppm que podría corresponder a ácidos grasos libres, pues, es una señal que evidencia la presencia de carbonilo del ácido carboxílico (señales que se observan entre los (175 y 185) ppm). Las señales a campo alto, entre (15 y 50) ppm corresponden a los carbonos alifáticos ya sea de parafinas o de las cadenas largas de los ésteres. (Yurkanis, 2008). Las señales del cloroformo deuterado son las que se encuentran entre (76 y 77) ppm. El espectro obtenido experimentalmente coincide con el reportado en la literatura (Figura 5).

En la Figura 19 se comparan los espectros de ambas ceras con una intensidad aumentada para ver detalles de picos pequeños. Como se puede observar, a la cera carnauba le faltan

las señales a campo bajo, mostrando que no se pueden observar los ésteres característicos de la cera carnauba. Si se analiza bien, se observa que el espectro de la cera carnauba obtenido en la práctica se parece más al espectro de una parafina (Figura 6) que al de la cera carnauba de la Figura 3.



**Figura 19.** Espectros RMN- $^{13}\text{C}$  de la cera de abeja y de la cera carnauba con efecto de mayor intensidad de los picos para comparar los componentes de cada una.

Con los resultados presentes, se puede afirmar que la cera carnauba que se compra hasta ahora en CIPRONA, no es de buena calidad, pues todas las pruebas de control de calidad realizadas fueron inconsistentes con los resultados teóricos y al analizar el espectro RMN- $^{13}\text{C}$  se confirman las dudas sobre su composición. A la vez se comprueba que el

procedimiento de saponificación establecido es adecuado para el proceso, y que debido a esto, se puede poner en duda la composición de la materia prima.

#### **4.1.3 Ácido acético glacial**

Como se menciona en el marco teórico debido a que se quiere evaluar ácido acético glacial de concentración 99,5 % se debe hacer una valoración ácido base. Esto porque una prueba de densidad no es correcta pues se tiene un máximo de densidad que corresponde a una concentración de 78 % de ácido químicamente puro (Novellas, 2011).

Las valoraciones o titulaciones son métodos analíticos de procedimiento sencillo pero se requiere de práctica, concentración, exactitud y precisión para tener resultados coherentes y aceptables. En este procedimiento es necesario conocer valores estimados para usar buretas y equipos de cristalería adecuados para no brindar mayor error de medición o bien para no hacer un mal cálculo de volúmenes. Para este procedimiento se estableció la prueba con hidróxido de sodio (NaOH) 0,5 mol/L, cuya concentración se valoró con ftalato ácido de potasio como reactivo primario y la fenolftaleína como indicador de viraje del pH.

Los principales cuidados son: no permitir que la disolución que se está valorando sobrepase el color rosa claro, cerrar la llave de la bureta con la mano que tiene menor fuerza para evitar accidentes, estandarizar siempre las disoluciones con las que se está titulando, para no trabajar con valores erróneos a la hora de hacer los cálculos. En el manual presentado en esta investigación, viene especificado el volumen de las disoluciones que se tienen que hacer, el volumen de las buretas que debe usar para eliminar errores de cristalería y medición, y los cálculos que se deben usar con los reactivos que normalmente se usan el laboratorio del CIPRONA.

Al realizar las pruebas con el proceso establecido los resultados experimentales dan una concentración de ácido acético glacial de 88,15 %. Todos los valores calculados para esta prueba se pueden observar en el apéndice en el Cuadro 22 de la sección 7.3. Estos cálculos demuestran que es posible que se le agregue algún otro líquido a esta materia prima para abaratar así su costo. Sin embargo como tiene una alta concentración de ácido acético se debe analizar qué tan necesaria es la concentración de este componente en el producto, el

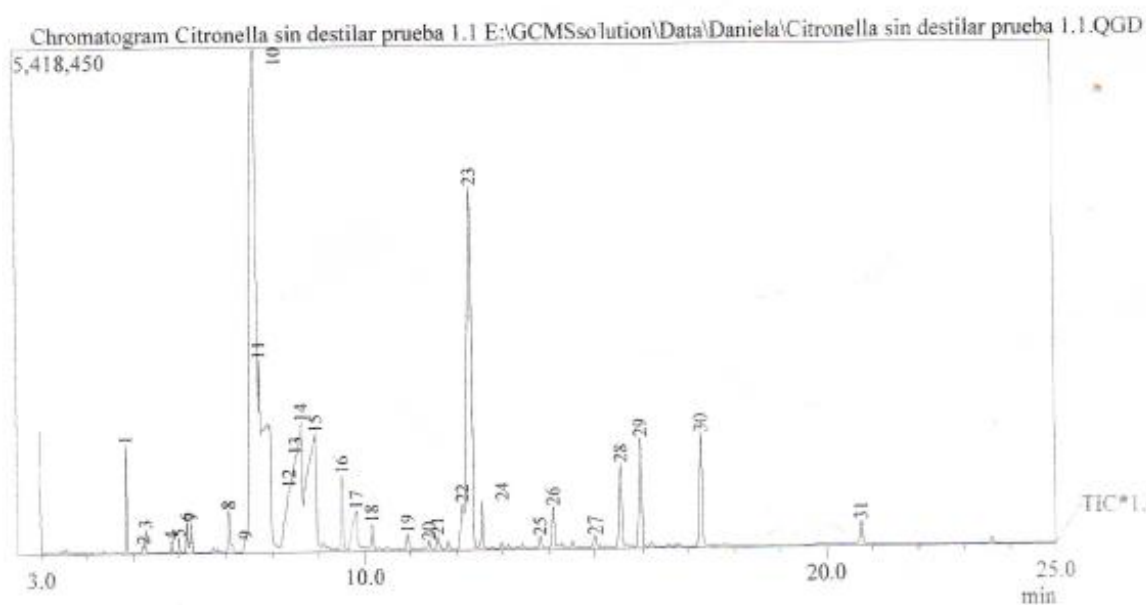
precio al que se compra el ácido y si se puede agregar más de la materia prima en la formulación para mejorar la concentración.

#### **4.1.4 Cromatografía y destilación de aceite esencial de citronela**

La Figura 20 muestra un análisis de cromatografía de gases a un lote de aceite esencial citronela directamente recolectado del envase en el que se compró. En la cromatografía, se observa el limoneno (pico 10) y el citronelal (pico 23), estos dos compuestos se encuentran en mayor cantidad, pero también están presentes compuestos importantes como canfeno, citral, cineole, fencheno, pineno, linalool y algunos de sus isómeros estructurales.

También se pueden detectar compuestos como el dibutilenglicol y el dipropilenglicol (picos 14 y 15) cuyos puntos de ebullición son de 278 °C y 233 °C, y que son sustancias que no son biosintetizadas por las plantas. Estas sustancias suelen ser usadas como disolventes de cosméticos y perfumes o productos aromáticos que sirven para disminuir la viscosidad (REPSOL, 2013). Ambos productos son poco o nada peligrosos según las normas OSHA 2012 y 1994 (BASF, 2015), y pueden ser agregadas al aceite esencial para ayudar a disminuir su concentración y abaratar los costos adulterando así la materia prima.

Sample Information  
 Analyzed by : Admin  
 Analyzed : 09/06/2016 16:48:21  
 Sample Name : Citronella sin destilar prueba 1.1  
 Sample ID : Citronella sin destilar prueba



Peak Report TIC

Peak#	R.Time	Area	Area%	Name
1	4.866	2133404	1.57	Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6,6-trimethyl-, (1+)-, -5S
2	5.225	175063	0.13	alpha-Fenchene
3	5.275	462524	0.34	Camphene
4	5.842	262639	0.19	Sabinene
5	5.996	319131	0.24	beta-Pinene
6	6.175	805681	0.59	6-METHYL-5-HEPTEN-2-ONE
7	6.265	698603	0.52	beta-Myrcene
8	7.080	1018479	0.75	Isocineole
9	7.433	122359	0.09	Benzene
10	7.713	41047803	30.25	Limonene
11	7.754	1543055	1.14	1,8-Cineole
12	8.383	5072794	3.74	
13	8.533	6762092	4.99	alpha-Terpinene
14	8.660	8115335	5.99	DIBUTYLENE GLYCOL 5
15	8.963	15054108	11.10	Dipropylene glycol
16	9.527	2201772	1.62	ALPHA-TERPINOLENE
17	9.830	2631219	1.94	2-Propanol, 1,1'-oxybis- (CAS) Dipropylene glycol
18	10.167	708698	0.52	Linalool
19	10.945	475196	0.35	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol,
20	11.400	91174	0.07	Limonene oxide, cis-
21	11.592	390670	0.29	Dihydrocarvyl acetate
22	12.139	2529096	1.87	(-)-Isopulegol
23	12.363	25784585	19.02	Citronella
24	12.564	1427666	1.05	Isopulegol
25	13.822	331271	0.24	CYMEN-8-OL <PARA-> DB5-837
26	14.109	1417751	1.05	l-alpha-Terpineol
27	14.999	448998	0.33	
28	15.533	3458370	2.55	beta-Citronellol
29	15.972	4601863	3.39	Z-Citral
30	17.282	4710785	3.47	E-Citral
31	20.770	808882	0.60	Citronellyl acetate
		135581066	100.00	

Figura 20. Cromatografía de un lote de aceite esencial de citronela sin destilar.

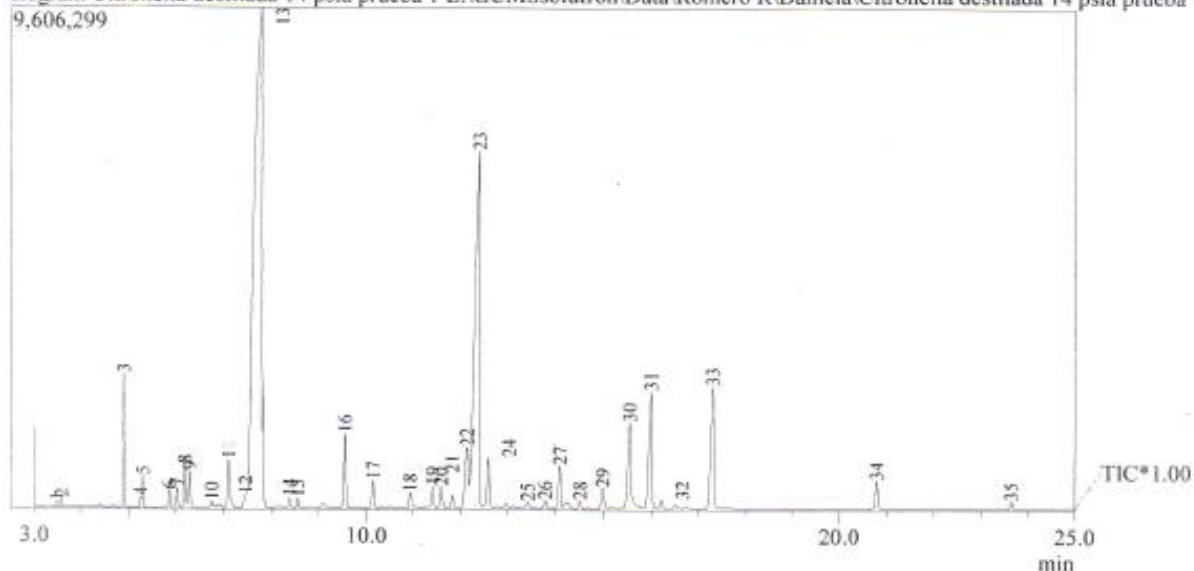
Dado que se tienen estos componentes contaminantes en el aceite esencial disminuyendo su concentración y por lo tanto su capacidad antiséptica y aromatizante en la formulación del desinfectante de Laboratorios Siwõ, se pretende eliminar estas sustancias mediante una destilación. Por ser una cantidad grande, se establece que se haga en la planta piloto de CIPRONA. La Figura 21 presenta un cromatograma del aceite esencial citronela ya destilado en la planta piloto y se puede observar que ya no hay dibutilenglicol ni dipropilenglicol o algún componente de la familia de glicoles. La presión de alimentación de vapor para la destilación de esta muestra fue de 14 psi.

Esta separación sucede porque el punto de ebullición de estos glicoles es notoriamente más alto que el de los componentes aromáticos propios de un aceite esencial y por lo tanto se separan correctamente mediante la destilación, este es el principio básico para poder hacer uso de dicho proceso para la separación de sustancias (Cerpa, 2007). Más adelante se reporta la temperatura de ebullición del aceite esencial de citronela (Günter, 1989).



Sample Information  
 Analyzed by : Admin  
 Analyzed : 29/02/2016 17:02:06  
 Sample Name : Citronella destilada 14 psia prueba 1  
 Sample ID : Citronella destilada 14 psia pr

atogram Citronella destilada 14 psia prueba 1 E:\GCMSsolution\Data\Romero R\Daniela\Citronella destilada 14 psia prueba 1  
 9,606,299



Peak Report TIC

Peak#	R.Time	Area	Area%	Name
1	3.474	135525	0.06	2-Heptene, 2,6-dimethyl- $\delta\delta$
2	3.579	433110	0.19	Cyclopentane, 1-methyl-3-(1-methylethyl)- (CAS)
3	4.892	5023643	2.18	Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6,6-trimethyl-
4	5.251	414970	0.18	lpha.-Fenchene $\delta\delta$ Bicyclo[2.2.1]heptane, 7,7-dimethyl-2-methylene- (CAS)
5	5.301	1232232	0.53	Camphene
6	5.867	693430	0.30	Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-
7	6.021	854179	0.37	beta.-Pinene
8	6.185	2053336	0.89	6-METHYL-5-HEPTEN-2-ONE
9	6.289	1678728	0.73	beta.-Myrcene
10	6.751	278583	0.12	Octanal
11	7.107	3231619	1.40	Isocimene
12	7.458	1232342	0.53	Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)- (CAS) p-Cymene
13	7.780	106337555	46.07	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, (S)-
14	8.387	395491	0.17	3-Hexen-1-ol (CAS)
15	8.558	394250	0.17	gamma.-Terpinene
16	9.554	4139708	1.79	ALPHA.-TERPINOLENE $\delta\delta$ Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)- (CAS)
17	10.146	1553340	0.67	Linalool
18	10.939	892357	0.39	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol
19	11.416	1132847	0.49	Limonene oxide, cis- $\delta\delta$
20	11.595	1336755	0.58	-Oxabicyclo[4.1.0]heptane,
21	11.830	701686	0.30	3-Cyclohexene-1-carboxaldehyde (CAS)
22	12.143	5817387	2.52	(-)-Isopulegol
23	12.405	52497234	22.75	CITRONELLA
24	12.594	3128431	1.36	Isopulegol
25	13.433	277089	0.12	3-Cyclohexen-1-ol
26	13.803	467161	0.20	CYMEN-8-OL <PARA-> DB5-837
27	14.111	2846297	1.23	3-Cyclohexene-1-methanol, alpha.,alpha.4-trimethyl-
28	14.535	426688	0.18	Decanal
29	14.973	1582490	0.69	
30	15.551	7064372	3.06	beta.-Citronellol
31	16.000	9588135	4.15	Z-Citral
32	16.220	453000	0.20	2-Cyclohexen-1-one
33	17.314	10160034	4.40	E-Citral
34	20.801	1813693	0.79	Citronellyl acetate
35	23.655	530515	0.23	trans-Caryophyllene
		230798212	100.00	

Figura 21. Cromatograma del aceite de citronela destilado en la planta piloto del CIPRONA a 14 psi de presión de vapor de alimentación.

#### 4.1.4.1 Selección de presión de alimentación de vapor para hidrodestilar aceite esencial de citronela.

Posterior a la hidrodestilación del aceite esencial de citronela en la planta piloto de CIPRONA con 3 diferentes presiones de vapor de alimentación, los resultados de cromatografía de gases de todas las destilaciones mostraron que se habían eliminado las impurezas relacionadas con la familia de glicoles. Además se observó que la temperatura de destilación no era muy alta como para descomponer el aceite esencial o perder gran cantidad de compuestos aromáticos. De modo que, para aconsejar a qué presión de vapor se debe alimentar el destilador, se hicieron 3 corridas de destilación a las 3 diferentes presiones. Estas presiones fueron 14 psi, 20 psi y 28 psi. Las unidades de la presión son las reportadas por el barómetro del equipo de destilación.

Durante el procedimiento experimental se conoció que el aceite esencial destila a una temperatura de 76 °C (según el termómetro del destilador). El tiempo de destilación y los flujos de destilación aproximados dependen de la presión de vapor de alimentación. Los resultados están en el Cuadro 1, los cuales están basados en la recopilación de datos durante las destilaciones realizadas (los cuadros 11, 12 y 13 con los datos completos, están en la sección del apéndice). Se dice que son aproximados porque estos tiempos y flujos pueden variar levemente a pesar de usar la misma presión de vapor de alimentación debido a cambios de presión provenientes de la caldera y fuera de los límites de control del sistema establecido.

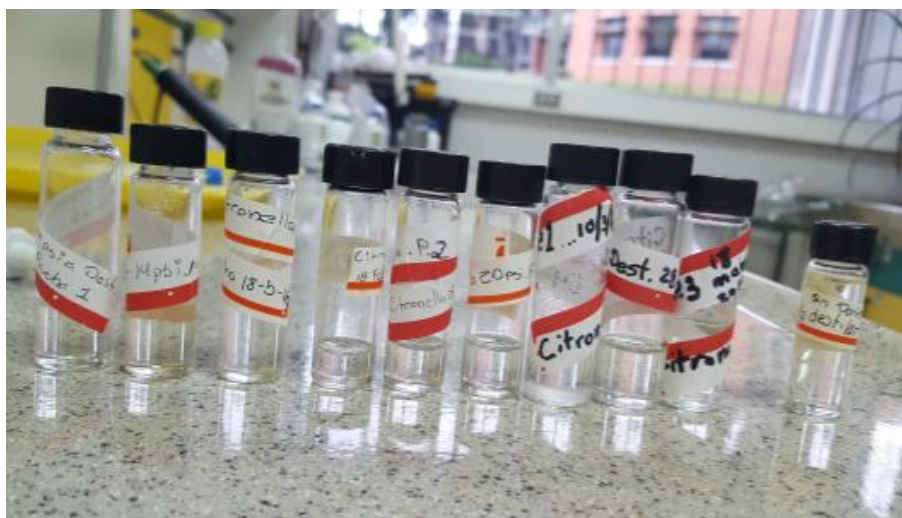
**Cuadro 1.** Tiempo de destilación y flujo de destilado en las 3 diferentes presiones de alimentación de vapor utilizadas en el destilador de la planta piloto del CIPRONA.

Presión (psi)	Flujo estimado de destilado (mL/s)	Tiempo de destilación (minutos)
14	2,97	56
20	4,36	40
28	5,37	38

Debido a que se eliminan impurezas, la masa en el proceso de destilación no es constante. Sin embargo, todas las destilaciones se hicieron con el mismo volumen inicial de aceite esencial, 700 mL, y las mismas condiciones, excepto la variación de la alimentación de vapor.

Se hicieron 3 corridas por cada presión elegida para determinar si existe una diferencia en cuanto a la obtención de la mayor cantidad de componentes aromáticos importantes y la variación de calor con que se alimenta el destilador entre el rango escogido. Además, para cada corrida se analizó el aceite esencial obtenido, por triplicado. Los valores de las áreas de integración de cada inyección se encuentran en el Cuadro 14 de la sección 8.3 del apéndice.

Una muestra de cada destilación obtenida se recogió en pequeños viales y se guardaron en refrigeración mientras se analizaban (Figura 22).



**Figura 22.** Aceite esencial de citronela recolectado durante la destilación en la planta piloto.

Los resultados de la cromatografía de gases fueron insuficientes para conocer la cantidad exacta de los diferentes componentes aromáticos, dado que el análisis que se realizó no

fue de tipo cuantitativo. Sin embargo, se puede conocer de manera cualitativa la proporción del compuesto químico mediante el área de integración de cada pico.

El citronelal fue el compuesto aromático que se definió como el más importante. El Cuadro 2 presenta los resultados de las áreas de integración de este componente en los análisis de cromatografía de gases realizados a todas las muestras. También se encuentran los promedios de las áreas por inyección, la desviación estándar obtenida por el error de inyección y el cálculo del área de integración promedio reportada para cada valor de presión estudiada.

**Cuadro 2.** Áreas de integración de la citronela obtenidas mediante cromatografía de gases, para cada una de las tres presiones utilizadas en las destilaciones.

Destilaciones	Presiones (psi)		
	14	20	28
1	2,73E+07	1,49E+07	3,55E+07
2	2,96E+07	2,50E+07	3,80E+07
3	2,71E+07	2,45E+07	3,40E+07

Para analizar los resultados del Cuadro 2, se realizó un análisis de comparación de medias de un solo factor, esto para observar si las diferencias en los resultados de las destilaciones a diferentes presiones eran estadísticamente significativas. Para ello se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) pues se tenían valores de tres diferentes tratamientos (las 3 presiones usadas) y tres destilaciones (corridas) para cada tratamiento. Por lo tanto se plantea una formulación de la hipótesis nula, en que la media de los tres tratamientos eran estadísticamente iguales, o bien, la hipótesis alternativa que nos dice que son significativamente diferentes (Gutierrez & De la Vara, 2008).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \text{ (para algún } i \neq j)$$

Así, se usa el modelo estadístico lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

Donde:

- $\mu$  es la medida de todos los tratamientos del experimento, llamado media global.
- $\tau_i$  es la medida que mide el efecto del tratamiento  $i$
- $\varepsilon_{ij}$  es el error de medición del valor  $Y_{ij}$ .

El modelo de ANOVA tiene como característica principal que es un diseño al azar, donde, hay dos fuentes de variabilidad que son: los tratamientos y el error aleatorio. Este modelo sigue una distribución F y supone que las variables de respuesta son independientes entre sí y siguen una distribución normal con varianzas similares (Gutierrez & De la Vara, 2008).

La cantidad de muestras tomadas para el análisis es importante. Se tomaron sólo tres repeticiones de corridas debido a limitaciones como la cantidad de materia prima que se tenía de un solo lote, el costo y el tiempo global del experimento. Hay que recalcar que no sólo se tomó en cuenta la parte de la destilación, sino también el costo y tiempo de la cromatografía de cada una de las muestras y sus respectivas repeticiones. Además se suponía un análisis robusto, por el que se esperaba grandes diferencias entre los tratamientos, de modo que, se hizo un análisis con pocas muestras, siguiendo los consejos de la literatura (Gutierrez & De la Vara, 2008).

Mediante el proceso realizado en Excel se obtuvieron los resultados estadísticos de ANOVA y estos se reflejan en los Cuadros 3 y 4.

**Cuadro 3.** Resumen de condiciones presentadas para análisis de varianza, promedios y varianzas de cada tratamiento (valores brindados por Excel).

Tratamientos	Repeticiones	Suma	Promedio	Varianza
Pesión 14 psi	3	77717188,33	25905729,4	1,0746E+14
Pesión 20 psi	3	92674827,67	30891609,2	4,3562E+13
Presión 28 psi	3	85574048,33	28524682,8	2,3881E+13

**Cuadro 4.** Resultados principales de análisis de varianza, valores necesarios para aceptación o rechazo de hipótesis nula (valores brindados por Excel).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	3,73203E+13	2	1,866E+13	0,32007113	0,73777104	5,14325285
Dentro de los grupos	3,498E+14	6	5,83E+13			
Total	3,8712E+14	8				

El Cuadro 4 indica el valor de la distribución F. Esta debe ser menor que el valor de F crítico y a la vez la probabilidad debe tener un valor mayor que el de alfa, el cual se le asignó como 0,05, para no rechazar la hipótesis nula (Gutierrez & De la Vara, 2008). Por lo tanto, se puede decir con un nivel de 95 % de confianza que no se rechaza la hipótesis nula y que podemos asumir que las 3 presiones de alimentación de vapor dan concentraciones de citronelal estadísticamente iguales. Así, se recomienda que se utilice para la destilación del aceite esencial la presión de 14 psi, la cual es la más baja del intervalo escogido, esto porque por razones de seguridad, siempre es mejor utilizar presiones bajas si no afectan el procedimiento y la obtención adecuada del producto.

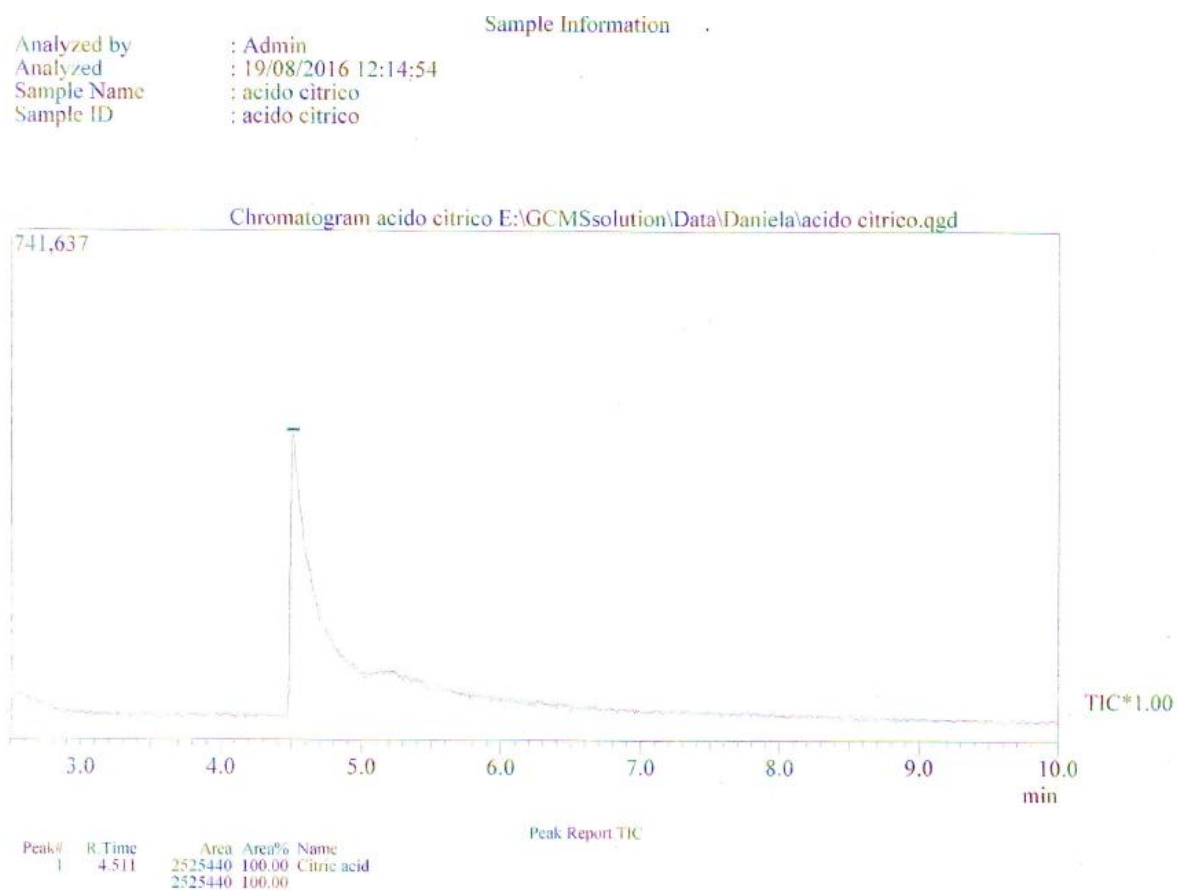
Después de todos estos resultados se establece que para el aceite esencial de citronela cuando llega a las instalaciones de CIPRONA como materia prima, primero debe hacerse una cromatografía de gases para revisar si posee adulteraciones. Si las posee, este aceite debe ser destilado en la planta piloto, a una presión de vapor de alimentación de 14 psi, el aceite comenzará a destilar a 76 °C y tendrá una densidad experimental entre 0,856 g/mL y 0,858 g/mL. Se debe hacer otra cromatografía de gases al aceite ya destilado para revisar si se han eliminado las adulteraciones y si todo salió bien en su composición final.

#### **4.1.5 Cromatografía de gases de ácido cítrico, metilparabeno y propilparabeno**

Se estableció que el principal método para evaluar el ácido cítrico, el metilparabeno y el propilparabeno es mediante el método de cromatografía de gases. El procedimiento es sencillo y rápido, se diluye una punta de espátula en etanol en un vial y se pasa a la unidad de cromatografía de gases, en donde existe un método identificado y establecido que

obtendrá la composición de las sustancias en unos minutos (ver sección 3.2.4 de metodología).

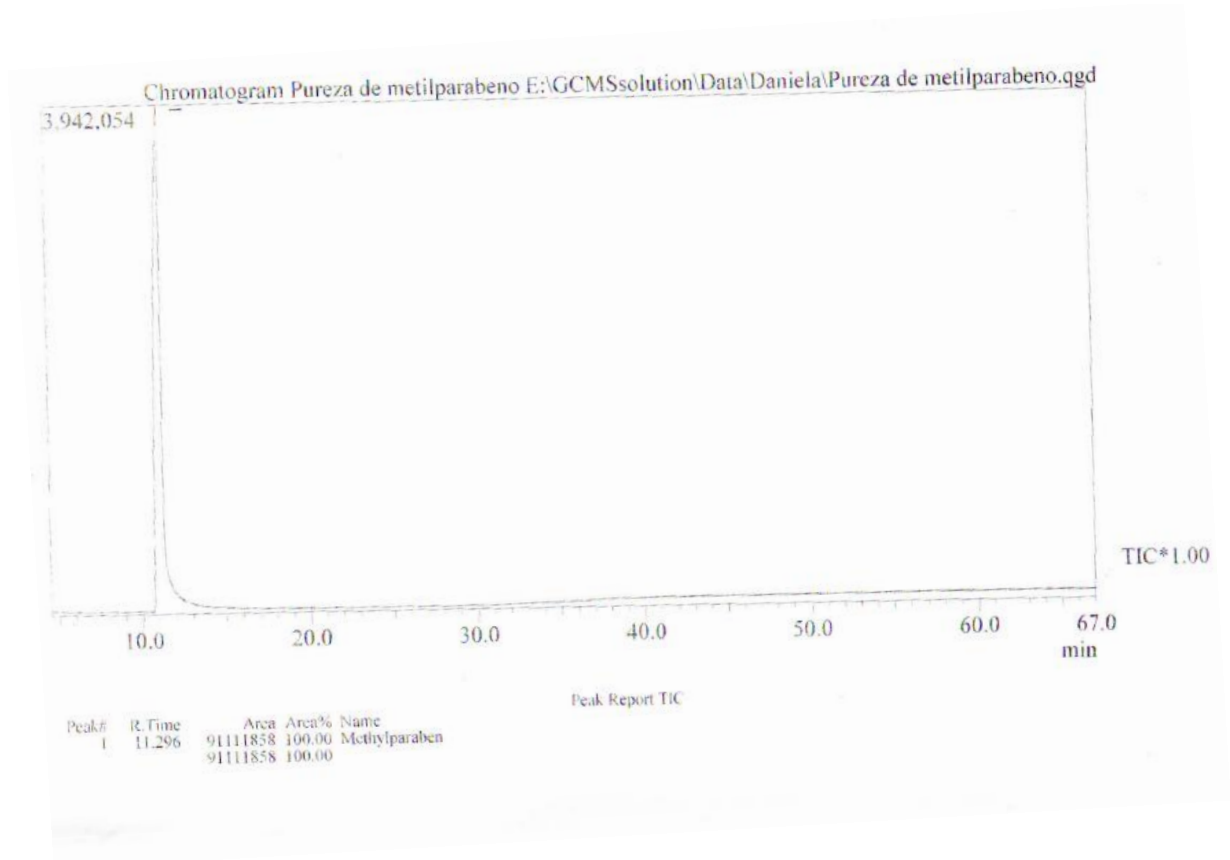
Las 3 materias primas deben conservarse en envases bien cerrados para evitar acumulación de humedad en su estructura cristalina. La Figura 23, 24 y 25 presentan los resultados experimentales realizados a estas materias primas.



**Figura 23.** Cromatografía de ácido cítrico para evaluar pureza de materia prima.

El ácido cítrico debería contener al menos un 99,5 % de pureza en usos alimenticios y farmacéuticos (Administración Nacional Argentina de medicamentos, alimentos y tecnología médica, 2013). El resultado de la cromatografía fue realizada en una bolsa nueva cerrada y la Figura 23 demuestra que se tiene el 100 % de pureza de ácido cítrico.

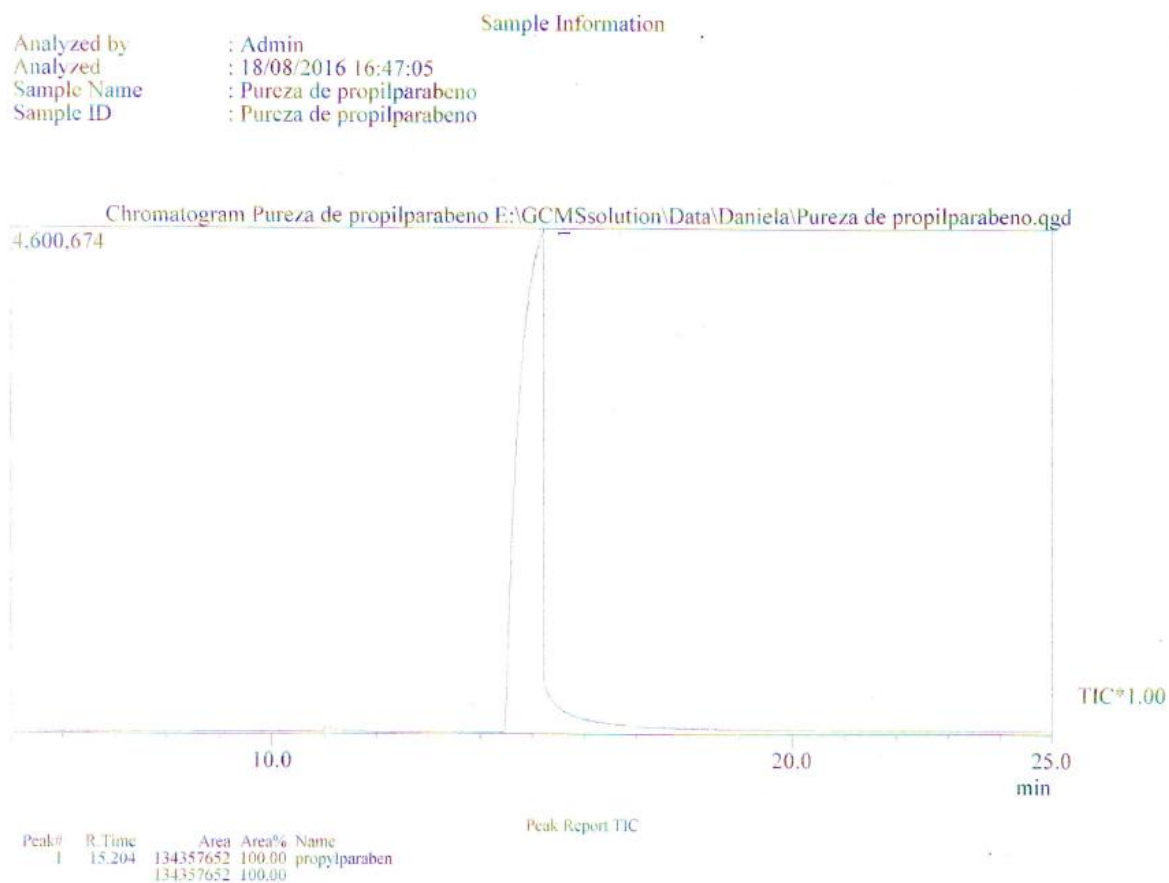
El metilparabeno, no debe contener menos de un 99 % de pureza en el caso de uso alimenticios y farmacéuticos (Administración Nacional Argentina de medicamentos, alimentos y tecnología médica, 2013). La Figura 24 muestra el buen estado de pureza de la sustancia.



**Figura 24.** Cromatografía de prueba de pureza de metilparabeno.

Finalmente el propilparabeno debe tener no menos del 98 % de pureza y como se ve en la Figura 25, la materia prima tiene una adecuada cantidad de pureza (Administración Nacional Argentina de medicamentos, alimentos y tecnología médica, 2013).





**Figura 25.** Cromatografía de prueba de pureza de propilparabeno.

#### 4.1.6 Muestreo para las materias primas

El tamaño de la muestra determina el grado de credibilidad que se concede a los resultados obtenidos. Es importante revisar la materia que llega del proveedor, asegurarse que los sacos y las botellas no estén golpeados, abiertos o rotos. De modo que es necesario que haya un encargado de supervisar el producto que se recibe y debe llenar un formulario establecido en la Figura 26:

## Formulario de Recibo de Materias Primas

Centro de Investigaciones de Productos Naturales  
Laboratorio de Tecnología Química  
Proyecto de elaboración de productos de limpieza

Fecha de entrada de materias primas: \_\_\_\_\_.

Nombre del que recibe la materia prima: \_\_\_\_\_.

Nombre de materia prima: \_\_\_\_\_.

Número de lote: \_\_\_\_\_, Número de Factura \_\_\_\_\_.

Unidad de volumen: \_\_\_\_\_.

\*Sacos, galones, botellas,...

Cantidad de producto: \_\_\_\_\_, Peso de materia prima: \_\_\_\_\_.

Olor de materia prima:  Inodoro  característico  no característico.

Color de materia prima y observaciones: \_\_\_\_\_.

Cuenta con identificación y etiquetas:  si  no

Condiciones de envase o contenedor: \_\_\_\_\_.

\*Revise que los sacos y las botellas no estén golpeados, abiertos o rotos. Si lo están, anote en observaciones (al final del formulario) la condición específica que presenta y cuántas unidades del lote presentan dicha condición.

**En caso de ser botellas:**

Color de envase: \_\_\_\_\_, Color de la tapa: \_\_\_\_\_.

Tipo de cierre del envase: \_\_\_\_\_.

**En caso de ser saco o envoltura:**

Tipo de material: \_\_\_\_\_, Color del material: \_\_\_\_\_.

Condiciones de recibido  Aceptado  Rechazado

\*Para aceptar el lote, la materia prima debe llegar cerrado, nada debe derramarse, tener el color adecuado, los sacos y las ceras no pueden tener evidencia de humedad sobre ellos. Debe contar con etiquetas según se indica en el reglamento ejecutivo costarricense: RTCR 450:2011 Reglamento para la notificación de materias primas, registro, importación, etiquetado y control de productos químicos peligrosos.

Observaciones:

Figura 26. Formulario de ingreso de materias primas.

En caso de materia prima que provenga de sacos, se debe obtener una muestra a la que se llamará muestra elemental. Las muestras elementales, deben provenir de tres diferentes partes del saco: la parte inferior, la media y la parte superior. En el caso de ácido cítrico será una punta de espátula y en el caso de la cera carnauba dependerá de cuantas pruebas quieran realizarse.

Al juntar las muestras elementales y mezclarlas perfectamente se tendrá una muestra global, de cada materia prima que llega en sacos. Ésta se rotula y posteriormente se divide para tener 2 muestras de ensayo, una se analizará prontamente y la otra quedará perfectamente sellada durante un tiempo no mayor a 30 días para efectos de dudas y análisis complementarios. Después de este tiempo las muestras serán eliminadas.

Cada muestra debe tener fecha de muestreo, nombre de muestreador, número de sacos muestreados, identificación del lote, masa estimada de muestreo y observaciones necesarias. El recipiente o contenedor de las muestras de ensayo deben evitar la acumulación de humedad.

El muestreo debe ser efectuado de tal forma que los instrumentos utilizados estén debidamente limpios, secos y sin contaminación. En caso de materias primas de cantidades pequeñas, en presentaciones de pocos kilogramos como metilparabeno y propilparabeno y ácido cítrico que ingresen en bolsas, bastará usar una espátula para recoger la cantidad de la muestra a utilizar y se debe sellar nuevamente la bolsa.

En la cera de abeja debe tomarse un pedazo de la primera lámina, de la de en medio y de la última lámina. Debe hacerse de una esquina, de la esquina opuesta y un pedazo de en medio. La cantidad requerida dependerá de las pruebas que se quieren hacer a la cera. Al igual que como se explica anteriormente, el conjunto de muestras elementales se mezclarán para formar una muestra global que será dividida en muestra de ensayo y muestra de referencia.

***Para muestreo de líquidos:***

Agitar el envase para obtener una mezcla homogénea y representativa de la población. Posteriormente recolectar lo necesario para una muestra de ensayo y una muestra de almacenamiento.

Como se trabaja con poca materia prima, un saco, uno o dos galones, los lotes son pequeños y por lo tanto no hay problemas con definir una muestra de tamaño representativa del lote. Sin embargo, si esto llegara a cambiar, hay propuestas con cálculos del tamaño de la muestra en el manual de control de calidad, que viene en los anexos de esta investigación y que son parte de los objetivos de la práctica.

**4.2 Formulación de limpiador de pizarra**

Al investigar sobre los compuestos que conforman los limpiadores de pizarras comerciales se encontró que la mayoría tenían 2-butoxietanol y alcohol isopropílico. Ambos componentes decidieron cambiarse por asuntos de riesgo de toxicidad y por comodidad. La explicación de los cambios se describe en los siguientes párrafos.

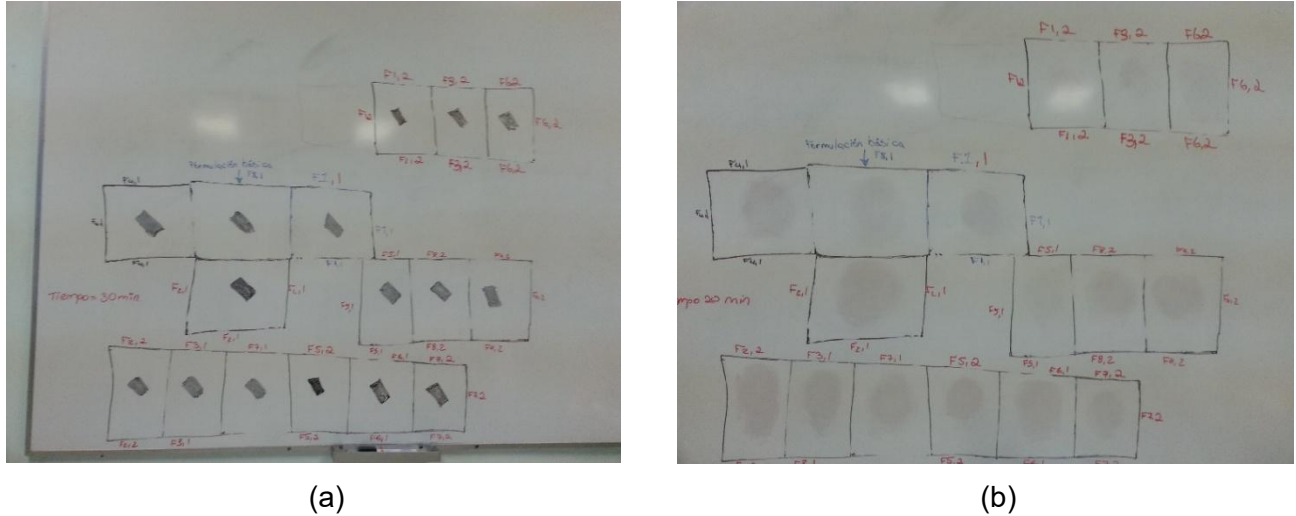
El 2-butoxietanol es un disolvente utilizado en pinturas y recubrimientos, también en productos de limpieza por su estructura que contiene un éter y un alcohol lo que le ayuda a quitar manchas de muchas sustancias solubles e insolubles en agua. Además sus características hacen que sea un buen dispersor de sustancias dentro de la formulación. La FDA permite su uso y la OSHA declara que la sobreexposición por inhalación puede causar irritación de nariz y garganta, además de dolor de cabeza, mareos y vómito. La sustancia se absorbe a través de la piel y puede causar irritación gastrointestinal (Occupational Safety and Health Administration, 1990) y daño en los riñones. En el caso de la exposición a los animales, se notó una destrucción de glóbulos rojos y problemas de malformación de nacimiento de las crías (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2014). A pesar de lo anterior, los que defienden el producto mencionan que no hay casos similares en humanos y que es debido a los glóbulos rojos en humanos son notoriamente

más fuertes que los de las ratas (Panel-sponsored American Chemistry Council EGE , 2000).

El polisorbato 80 se eligió para reemplazar el 2-butoxietanol por sus características: ser un tensoactivo proveniente del azúcar, por su acción suavizante, agente humectante y por ser bien tolerado y nada irritante para la piel y mucosas (Acofarma S.A, s.f). Este tensoactivo suele ser tan aceptado que es usado incluso en la industria farmacéutica para tabletas en gel o bien como dispersante en algunas vacunas, lo que indica que es un tensoactivo suave que no dañará el material de pizarra.

Se reemplazó el alcohol isopropílico por el etanol pues aunque ambas sustancias son alcoholes y ambos tienen propiedades antisépticas, son sustancias bastante diferentes entre sí. El alcohol isopropílico es aproximadamente dos veces más tóxico en los humanos que el etanol, además, no se usa para consumo humano, es irritante para la piel y la inhalación puede causar el coma y la muerte si es consumido en altas dosis (salud y enfermedad, 2014), (Dorwill, 2008). Por otro lado, en el CIPRONA se tiene etanol al 96 % en grandes cantidades pues se usa como materia prima y reactivo para todos los laboratorios e investigaciones, de modo, que es accesible para utilizarse en el producto de limpiador de pizarra. El etanol además, es producido nacionalmente, a diferencia del isopropanol.

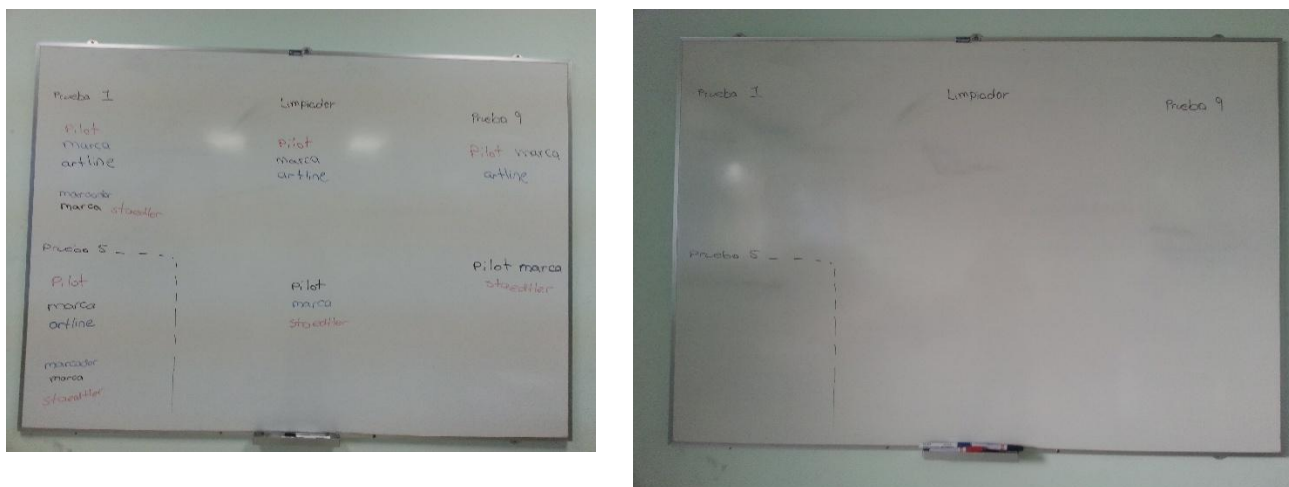
Se decidió además agregar glicerina como tercer ingrediente a la formulación de limpiador de pizarras, por dos razones: la glicerina suele usarse como agente humectante y para ayudar a la disolución adecuada de la formulación: etanol, agua y el tensoactivo. La glicerina es en realidad un glicerol, que aportará puentes de hidrógeno entre el agua, el etanol y el polisorbato 80 (ver Figura 27).



**Figura 27.** Resultados de primeras formulaciones con diferentes porcentajes de ingredientes seleccionados y sus respectivos desempeños de limpieza en la pizarra de la sala de reuniones del CIPRONA: (a) antes de pasar el borrador (b) después de pasar el borrador.

La Figura 27 muestra que se tomó en cuenta la posibilidad de que la pizarra no se encontrara en las mismas condiciones en toda su superficie, de modo que haya perdido el brillo o se haya dañado mayoritariamente en unas secciones que en otras. Así que cada formulación se utilizó en diferentes secciones para que el daño que pudiese tener la pizarra no influenciara en los resultados. Se evaluó no sólo que al pasar la formulación se borrara todo en la pizarra, sino también en como quedaba la pizarra después de pasar el simple borrador de pizarra limpio.

De los primeros 9 prototipos se eliminaron por su desempeño 6 y quedaron 3 formulaciones. Posteriormente se utilizó un limpiador de pizarras comercial, que comprado en los alrededores de la Universidad de Costa Rica, fabricado por una empresa costarricense ubicada en Cartago, para comparar si las formulaciones limpiaban con un mínimo de igualdad de propiedades. (Ver Figura 28).



(a)

(b)

**Figura 28.** Comparación entre los tres prototipos seleccionados, y un limpiador de pizarra blanca comercial.

Varias personas utilizaron las formulaciones y el limpiador de pizarra comercial. Al final se concluyó que los tres prototipos limpiaban con propiedades similares y que tenían propiedades de limpieza similar, comparables con el limpiador de pizarra blanca comercial. De modo que se escogió una de las formulaciones, de gusto preferible para mi persona y para otras personas que lo utilizaron. Este fue el prototipo para validar en una prueba de campo.

Cuando el prototipo fue enviado a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela de Química para que lo usaran los colaboradores de la limpieza de pizarras de cada edificio (ver Figura 31), estos muy amablemente contestaron durante una semana una pequeña encuesta la cual se presenta en la sección 9.7 de los anexos.

De las encuestas realizadas se obtuvieron datos interesantes. Por ejemplo en la Escuela Química se usa para limpiar pizarras blancas sólo alcohol y en la Facultad de Ingeniería se usa sólo agua. Esto debido a diferentes razones, entre las cuales está el daño de las manos, el engrasamiento de la pizarra con el uso de “limpiadores comerciales” y el irritante olor de estos productos químicos.

En general a los que colaboraron con limpiar las pizarras con el nuevo producto formulado recomendaron usar el producto, pues les pareció que no tenía un olor irritante y no les dañó las manos. Además consideraron que el limpiador es tan efectivo como otros limpiadores de pizarra blanca, sólo que con las anteriores ventajas mencionadas. Para observar los porcentajes de la formulación final del limpiador de pizarra blanca se pueden revisar los Cuadros 7 y 8 de la sección 8.1 del apéndice, que además contienen los precios de las materias primas seleccionadas.



**Figura 29.** Presentación de nuevo producto limpiador de pizarra blanca de Laboratorios Siwõ.

### **4.3 Resultado de formulación del jabón**

Para la formulación del jabón se investigaron diferentes tensoactivos, dado que esta es la sustancia más importante que debe tener el jabón, pues son sustancias emulsionantes que permiten la dilución de la suciedad al dispersarla en agua, unirla a las grasas y que hace más sencilla la eliminación en el lavado (Leisdon, 2004). Prácticamente toda la efectividad de limpieza que pueda tener el nuevo jabón proviene de las propiedades de los tensoactivos en disolución (Cortés, 2011), tal como se mencionó en el marco teórico.

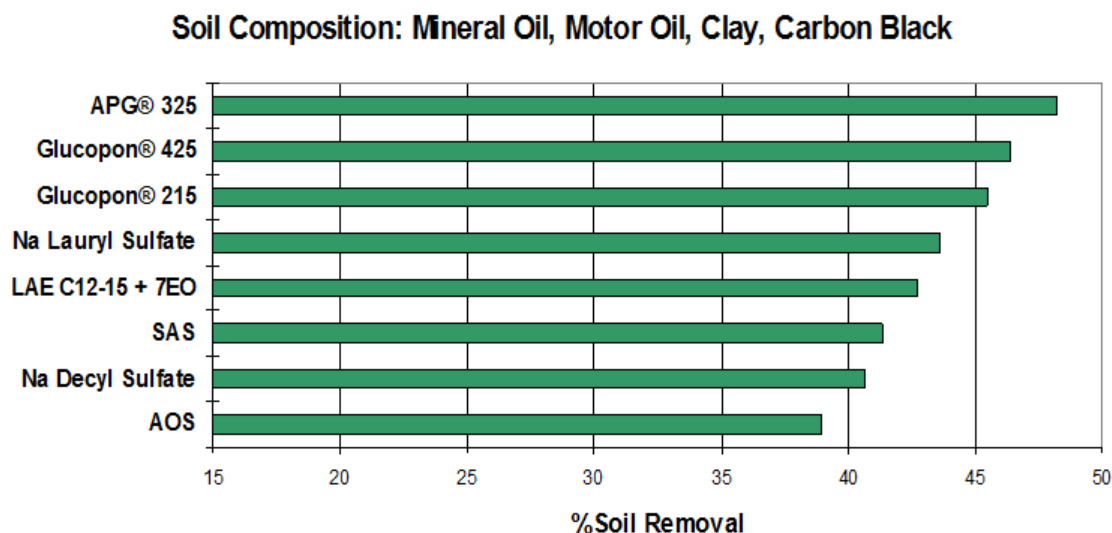


Se pretende que el nuevo jabón líquido tenga características importantes tales como: la ausencia de sustancias cancerígenas, sea amigable con el ambiente, biodegradable y cuidadoso con la piel. También se desea que no tenga entre sus componentes el etanol u alcohol desnaturalizado debido a que según algunos estudios irrita la piel, puede causar dermatitis alérgica por contacto y deshidrata la piel (Lachenmeier, 2008).

El tensoactivo principal o de mayor concentración en la formulación debe tener las características deseadas mencionadas en el párrafo anterior. En la mayoría de jabones líquidos comerciales que se encuentran en el mercado se puede encontrar que poseen tensoactivos principales como los lauril sulfato de sodio. Se decide no usar estos surfactantes en la formulación debido a las características investigadas y expuestas en el marco teórico. También se dejan de lado otras sustancias como Cocoamida DEA y tensoactivos con características similares a este.

Se quería encontrar tensoactivos como los alquilpoliglucósidos por ser 100 % biodegradables y tener las buenas características que se mencionan en el marco teórico. Tras una investigación, se logró encontrar un proveedor con diversidad de alquilpoliglucósidos disponibles, tensoactivos en estado sólido y líquido, de entre los cuales se definió un producto específico para usar en la formulación del jabón.

De acuerdo con su ficha técnica, el alquilpoliglucósido escogido tiene de sustancia activa un (62 a 65) %, un pH entre 11,5 y 12,5, una cadena lineal de 8 a 10 carbonos, no tiene preservantes y cumple con las regulaciones de jabones en Estados Unidos de América. La información brindada por el proveedor muestra su capacidad de remover aceites, tal como se ve en la Figura 30.



*Evaluated According to ASTM D4488, 1% Active Surfactant, pH 7-8, 25°C, Substrate: white solid vinyl tiles.*

**Figura 30.** Evaluación de la capacidad de detergencia del alquilpoliglucósido utilizado como tensoactivo principal en la formulación del nuevo jabón en comparación con otros tensoactivos comunes (BASF: *the Chemical Company*, 2012).

En la Figura 30 se puede analizar que los primeros 3 tensoactivos son alquilpoliglucósidos (APG) de diferente cadena y por lo tanto, diferentes nombres comerciales. El utilizado en la presente formulación es el tercero en un orden de arriba hacia abajo del gráfico. Del gráfico se puede deducir que su capacidad de remover aceite es mayor que el lauril sulfato de sodio, el lauril alcohol etoxilato de cadena de carbono 12-15 (LAE), los alcanos sulfonatos secundarios (SAS), los decilsulfato sódico y los sulfonatos de  $\alpha$ -olefina (AOS). De acuerdo a esta información, se sabe que el tensoactivo seleccionado tiene buena capacidad de detergencia o poder detergente, mejores que la de los jabones comerciales comunes.

La concentración del tensoactivo en la formulación del jabón líquido para manos se determinó siguiendo sugerencias de otras formulaciones similares, específicamente se puede encontrar sugerencias de grandes empresas que hacen públicas algunas de sus formulaciones de jabón líquido. Se recomienda que antes de sacar al mercado el jabón, se

pruebe experimentalmente su capacidad antibacterial, comparándolo con otros jabones líquidos del mercado mediante un cultivo bacteriano en el que cierta cantidad de personas se laven las manos con ambos jabones y se tomen muestras de las bacterias antes y después del lavado de manos. Esta sugerencia servirá para revisar si la concentración escogida es buena o si se debe agregar más del alquilpoliglucósido y así, tener una capacidad antibacteriana competente con otros jabones comerciales.

Para este experimento recomendado, es necesario seguir el Reglamento Ético Científico de la Universidad de Costa Rica para las investigaciones en las que participen seres humanos y pedir permiso al Comité Ético Científico, órgano encargado de regular los experimentos en los que se requiera interacción de seres humanos (Universidad de Costa Rica, 2000).

Se intentó evaluar si la formulación tenía un poder detergente competente para la concentración seleccionada, sin embargo, es importante recalcar que sin los permisos del Comité Ético Científico para usar el jabón con los seres humanos, no es posible presentar datos experimentales (que se puedan hacer oficiales) que sean representativos a lo que realmente se desea evaluar. El poder detergente de varios jabones sobre un textil no es representativo para el efecto que puede tener el jabón sobre la piel, seleccionar un tipo de tela o una superficie de dónde evaluar experimentalmente el poder detergente o antibacterial del jabón puede dejar más dudas que respuestas en cuanto al efecto del jabón sobre la piel. No son las mismas bacterias las que se encuentran en una superficie o en una piel de un animal muerto que las que se pueden encontrar en los seres humanos vivos.

Medir el poder humectante del jabón formulado, no fue posible de hacer por falta de equipo, pues es un procedimiento en dónde existen normas técnicas que establecen el equipo con gancho metálico y disco de plomo con medidas específicas y peso mayor de 40 g (ASTM D 2281-68, 1970), (García, 2011).

No se sacó el permiso del comité ético científico por asuntos de tiempo. En los objetivos originales no estaban los experimentos de probar la formulación en los seres humanos, además para que las personas pudieran ayudar con el experimento debía contarse con un

dirigente que tuviera certificado de buenas prácticas clínicas, curso que la Vicerrectoría de la investigación ya no brindaba desde octubre del 2016. Es por esto que se tomó en cuenta únicamente los ensayos e información recuperados en la bibliografía y en fichas técnicas comerciales, especialmente los datos del tensoactivo alquilpoliglucósido.

Se buscaron otras posibilidades de evaluar el jabón en la piel y se encontró que dentro de la Universidad de Costa Rica, en un laboratorio, se hacen experimentos biológicos con animales. Sin embargo, el precio de un ensayo *in vivo* como prueba de sensibilidad dérmica cuesta un par de miles de dólares, por esto se recomienda que el CIPRONA obtenga un permiso del comité ético científico para avanzar con más investigaciones de productos cosméticos y se facilite dentro de sus instalaciones pruebas de este tipo. Existen convenios como el que se tiene en la Escuela de Tecnología en Alimentos donde constantemente se hacen análisis sensoriales de alimentos con el público que desea participar, estas pruebas tienen permisos por dicho Comité de Ética.

La cocoamidopropil betaína fue otro de los tensoactivos que cumplió con las características que se buscaban y que tenía un precio menor que los tensoactivos alquilpoliglucósidos, pero en la mayoría de las formulaciones siempre se encuentra como un tensoactivo secundario. Por sus características es un tensoactivo que proporcionará mayor sensación de suavidad en la piel y también mayor espuma, es biodegradable y por clasificarse como un tensoactivo anfótero se mezcla bien con surfactantes no iónicos como el alquilpoliglucósido.

De modo que se estableció un alquilpoliglucósido como tensoactivo principal y la cocoamidopropil betaína como tensoactivo secundario. Al jabón también se le agregó como conservante el benzoato de sodio, como humectante glicerina y se usó como espesante goma xantana (xanthan gum).

La goma xantana es un polisacárido natural producido por fermentación a partir de la bacteria *Xanthomonas campestris*, con aspecto de polvo blanco, de alto peso molecular, y con una estructura molecular rígida que le permite tener propiedades funcionales ventajosas como espesante en el jabón. Algunas de sus propiedades son la estabilidad en

un amplio rango de temperatura, además de su solubilidad tanto en frío como en calor. Sus soluciones tienen un pH neutro y es tolerante a diferentes pH, tanto a disoluciones ácidas como básicas. La goma xantana tiene resistencia a la degradación enzimática, es una materia prima barata y tiene un alto poder espesante (Bristhar Laboratorios C.A., 2010).

Todas las materias primas fueron agregadas en porcentajes primeramente como sugieren algunas empresas de formulaciones químicas y luego, por prueba y error hasta verificar que al cabo de un tiempo establecido y necesario, la formulación continuaba con las mismas características deseadas estables. Los Cuadros 9 y 10 en la sección del apéndice 8.2 muestran los resultados de la formulación y el costo de las materias primas utilizadas.

#### **4.3.1 Prueba de Estabilidad del jabón líquido de manos**

Como se mencionó en el marco teórico, la prueba de estabilidad es un experimento que evalúa la formulación del jabón líquido para manos mediante la simulación de alguna fuerte condición ambiental durante un determinado período de tiempo, con el propósito de emular los cambios que puede experimentar el producto en su vida útil. Se espera que los cambios sean mínimos de acuerdo al propósito de la formulación para que se pueda decir que el producto ha pasado la prueba de estabilidad en el tiempo. Esto brinda la confianza de un riesgo mínimo para que cuando el producto llegue al cliente, éste todavía tenga las características de cuando fue fabricado. (Knowlton & Pearce, 1993).

El jabón diseñado se puso a prueba de estabilidad en una estufa a 45 °C, tal como se menciona en el marco teórico. Se guardó en un recipiente de vidrio bien cerrado y la temperatura que se usó es una de las posibles condiciones ambientales a las que se puede someter el producto. Los resultados de esta prueba al cabo de 3 meses muestran que el jabón líquido no presentó un cambio significativo en sus características físicas o químicas, esto quiere decir que su consistencia es la misma, no se separó en dos fases, no perdió su característica ligeramente espesa, no se secó, su pH cambió en menos de la mitad de una unidad y por lo tanto el jabón no se descompuso, ni desprendió olores no deseados (ver Figura 31).



**Figura 31.** Consistencia del jabón después de permanecer en una estufa de 45 °C durante 3 meses.

En el CIPRONA se deseaba que el jabón fuera, en su mayor parte, de origen natural. Cuando se pensó en la posibilidad de agregar colorantes o esencias naturales se llegó a la conclusión de que estos elevarían el costo del jabón considerablemente. Por lo anterior, se indicó que no se deseaba el jabón con color u olor para evitar gastos innecesarios y que así fuera el producto más barato y a su vez pudiera venderse mejor en la Universidad.

#### **4.4 El mercado para los dos nuevos productos formulados**

Debido a que Laboratorios Siwõ es una línea de productos que se venden exclusivamente a Suministros de la Universidad de Costa Rica, el nicho del mercado es a lo interno de la institución. De modo que el mercado es pequeño, pues sólo se vende para uso dentro de las instalaciones de la Universidad de Costa Rica. Así, los productos que se debían formular tenían que ser útiles dentro del área académica e igualmente no debían competir con productos que hacen otros centros de investigación. A su vez, debían ir en concordancia

con la línea de productos Siwõ. Es importante conocer los clientes meta, sus necesidades y gustos para que CIPRONA sepa como promocionar los productos nuevos y tengan buena demanda.

El limpiador de pizarras era un producto que CIPRONA planeaba formular para su posible venta en Laboratorios Siwõ, pues hay pizarras en prácticamente todos los edificios del campus y por ser un área de enseñanza, se usan todo el día y deben limpiarse al menos una vez al día. Las personas encargadas de limpiar las pizarras de las facultades y escuelas, son los que trabajan en el área de limpieza de cada edificio, los cuales, tienen una administradora, que es la encargada de comprar los productos de limpieza a la Oficina de Suministros de la Universidad. Por lo tanto, los clientes meta, son las personas encargadas de la limpieza que deciden el producto con el que más les gusta trabajar y a su vez lo piden a la administración.

Como se mencionó en la parte de metodología, una vez que se tuvo un prototipo del limpiador de pizarras que cumplía con las características de buen desempeño requeridas, se hizo una prueba de campo, en donde algunos posibles futuros clientes, probaron el producto y llenaron una encuesta. Esta contenía preguntas tanto del producto nuevo formulado como de gustos del cliente para usar este tipo de productos. Las personas entrevistadas fueron de la Facultad de Ingeniería y de la Escuela de Química. Se limitó probar el producto en estos dos edificios por la posibilidad de ayuda ya que la investigación tiene personal de estas dos facultades.

Con las encuestas se descubrió que el personal de limpieza entrevistado no suelen estar contentos con los limpiadores de pizarras comunes que llegan a la Oficina de Suministros, esto lo podemos ver, pues ninguno de los entrevistados en los dos edificios (Facultad de Ingeniería y Escuela de Química) usan algún producto creado específicamente para limpiar pizarras, sino que usan agua o alcohol. Además el cliente potencial se quejó de ciertas características como el irritante olor o la resequedad en las manos al utilizar estos productos. De modo que, con estos resultados se identificaron las características importantes y necesarias de diseño del limpiador de pizarras para el consumo por parte del cliente: no debe tener un irritante olor ni debe reseca las manos.

Como parte de la idea de crear nuevas formulaciones en la línea de productos Siwõ, CIPRONA quería investigar sobre la posibilidad de producir un jabón líquido para manos para usarse en los servicios sanitarios de las unidades académicas. A su vez se desea que este jabón sea bien acogido por sus componentes suaves, verdes, su bajo costo y que compita con otros jabones de otros proveedores de la Oficina de Suministros. El cliente meta para este producto son los encargados de poner jabón en el baño, quienes también son los encargados de la limpieza de los edificios.

Una ventaja de estos dos nuevos productos es, que en unión con las ideas e investigaciones de CIPRONA, la Universidad tiene indicaciones claras para hacer “compras verdes” debido a una invitación de la Contraloría General de la República al sector público a tomar medidas que colaboren con el medio ambiente (Espinoza & Chacón, 2013). Los factores de evaluación y metodología de comparación de ofertas en la Oficina de Suministros se basan en dos elementos únicos: el precio 80 % y la protección en el medio ambiente 20 % (Vicerectoría de administración: Unidad de Almacenamiento y Distribución, 2015).

Así, los productos deben gustar a los clientes meta (los encargados de la limpieza dentro de las unidades académicas) y deben cumplir los requisitos de la Oficina de Suministros de la Universidad de Costa Rica para poder llegar a los mencionados clientes. De modo que es importante conocer un poco más de los procedimientos que se deben hacer con la Oficina de Suministros.

La compra de Suministros se hace mediante licitaciones bajo la ley de contratación administrativa, en la modalidad de entrega según demanda en los productos específicos de limpieza y útiles. El contrato tiene vigencia por un año y puede renovarse durante 4 años. También se presentan otras condiciones invariantes:

- El producto debe tener una garantía de 1 año.
- El producto debe ser entregado en la Unidad de Almacenamiento y Distribución de la Universidad de Costa Rica con un plazo máximo de 10 días hábiles por pedido
- El proveedor debe tener experiencia, pues, debe presentar 3 cartas de recomendación de otras empresas.



- Se debe presentar muestras del producto durante el concurso y este debe cumplir con pruebas de control de calidad de tipo físico-químico aleatorias que la Universidad de Costa Rica se reserva el derecho de realizar, para asegurar que se cumpla con las características que se solicitan en el cartel y que son ofrecidas por el fabricante (Vicerrectoría de administración: Unidad de Almacenamiento y Distribución, 2015)

Como se expuso en los párrafos anteriores, la Oficina de Suministros de la Universidad de Costa Rica toma en un 80 % de importancia el precio del producto, este dato introduce la importancia de tomar en cuenta los precios en el mercado de productos similares que se venden en estos momentos en la Oficina de Suministros. Tomar en cuenta los precios de los productos considerados “competencia” son necesarios para rivalizar, no sólo en cuanto a calidad sino también por precio en el mercado de la universidad. Bajo este tema se conoce que el precio para febrero del 2015 de un jabón líquido biodegradable fue de 1840 colones el galón y el líquido limpiador para pizarra acrílica tenía para este mismo año un precio de 1338 colones (Vicerrectoría de Administración, 2015).

## **4.5 Costos de materia prima y análisis de precios para los dos nuevos productos.**

### **4.5.1 Servicios de agua y electricidad**

El metro cúbico de agua para tarifa de gobierno, (debido a que el producto se hace dentro de las instalaciones de la Universidad de Costa Rica) está en 1120 colones, si se usa de 0 a 15 m<sup>3</sup>, según tarifas obtenidas en página web (Acueductos y Alcantarillados, 2016).

La tarifa que corresponde a uso de corriente eléctrica que aplica para universidades públicas es la tarifa T-CS preferencial de carácter social. Es una tarifa para un consumo de 78, 49 colones por cada kWh para clientes que consumen entre 0 y 3 000 kWh. Para clientes con consumo mayor a 3 000 kWh su tarifa es menor, según publicado en Alcance No. 47 La Gaceta No.62 del 31 de Marzo 2016 que es vigente para los consumos que se originen desde 1 de abril hasta 3 de junio de 2016 (ICE, 2016). Sin embargo, para cálculos de costos se usará la primera tarifa como referencia.

Ambos valores expuestos en los dos párrafos anteriores son tomados en cuenta para calcular cuánto dinero se gasta en agua y luz en la producción de los dos nuevos productos. Este dato se reflejará más adelante y hace referencia a los rubros según los watts que se utilizan durante la producción y el agua que se puede gastar en el proceso, ya sea como componente así como en lavado.

#### **4.5.2 Equipo para hacer los productos**

Ambos productos pueden hacerse en pequeña escala o bien podrán hacerse en la marmita que se encuentra en el laboratorio de Tecnología Química (ver Figura 32) y que tiene una capacidad máxima de 50 L. Para hacer un lote, se propone trabajar con un máximo de 80 % de capacidad de la marmita, o sea, unos 40 L. Además de la marmita se cuenta con llenadora de líquidos, compresor para llenado y balanza industrial para la producción de la línea de productos Laboratorios Siwõ.

Para el jabón líquido, es necesario agregar el espesante ya diluido por aparte en un recipiente más pequeño, esto debido a que, el motor de la marmita tiene una única velocidad de 0.833 Hz (50 rpm). Es recomendable, cambiar el motor de la marmita a uno que tenga diferentes y mayores velocidades o bien agregar un agitador móvil durante el procedimiento de producción para ayudar a la buena agitación del jabón.



**Figura 32.** Marmita del laboratorio de tecnología química del CIPRONA.

Como parte de asegurar que los productos sean de excelente calidad, no basta el control que se le haga a las materias primas, es también necesario asegurar que el equipo con que se va a trabajar esté limpio, sea funcional, que se agreguen las proporciones o medidas exactas y se respeten los tiempos de mezclado de cada formulación. Para ello se requiere darle un buen mantenimiento al equipo.

Dado que CIPRONA dispone con estudiantes que trabajan como asistentes, estos podrían ser los que ayuden con la manufactura de los productos nuevos. Deben contar con conocimientos básicos de química preferiblemente estudiantes de carreras como ingeniería química o química.

### 4.5.3 Precio sugerido

Para sugerir un precio a los nuevos productos no sólo se debe tomar en cuenta los aspectos que fueron expuestos anteriormente (el gasto económico de agua y electricidad relacionados con el uso, lavado y mantenimiento del equipo que se seleccionó para la producción), sino también, otros aspectos importantes como el pequeño mercado, el precio de las materias primas, su mínima cantidad de compra y cuánto tiempo quedará almacenada si no se usa esa materia prima para otro objetivo, la calidad de la materia prima con el paso del tiempo y la intención de reducir posibles costos. Tomando en cuenta todos estos aspectos, se decide sugerir el precio basado en una cantidad mínima de producto para formular. Para ello, se propone que la cantidad mínima para formular en la marmita, es un lote de 40 L para cada nuevo producto.

Note que se menciona que es mínima, esto quiere decir, que si se hacen 2 lotes y se venden en las mismas presentaciones y envases propuestos, las ganancias serán mayores o podrán reducirse un poco los precios, sin embargo, hay que tomar en cuenta que se deben hacer los cálculos correspondientes para producir más de dos lotes, pues las compras que se están haciendo de materia prima son compras mínimas (mínima cantidad que vende la distribuidora) y por lo tanto los precios de estas son altos. De modo que, podría comprarse mayor cantidad de materias primas a menor precio y así producir más lotes si fuera necesario. Se debe tomar en cuenta si se va a usar la marmita, esta pueda usarse a su mayor capacidad para no desperdiciar energía y hay que tomar en cuenta la demanda, para un mercado pequeño. Por todas estas razones se calcula el precio para un lote mínimo de 40 L en donde saldrán 80 envases de 500 mL de jabón líquido para manos y 160 envases de limpiador de pizarra de 250 mL.

Se determina que es económico producir a escala de 40 L en marmita, en vez de producir en recipientes grandes de 10 L cada uno (menor escala) esto principalmente por dos razones estrechamente relacionadas: tiempo y mano de obra. Si se observan los Cuadros, los rubros de servicios de agua y electricidad son bastante pequeños comparados con otros precios como la mano de obra y el costo de las materias primas. Por supuesto, hay que valorar si la demanda es pequeña como para que no sea rentable producir en la marmita,

siendo ese el caso es necesario producir en pequeña escala y así abarcar sólo el pedido necesario.

Se tomó en cuenta los rubros de servicios de agua y electricidad según los watts que gasta la marmita y el motor, la energía que estos consumen se menciona en la etiqueta del equipo y el agua se estimó en la que se puede gastar en el proceso, ya sea como componente o en el lavado. El precio de la mano de obra se basa en 2 estudiantes que colaboren como asistentes en CIPRONA. El tiempo estimado para el jabón de manos es de 10 horas, lo que sería 5 horas de dos estudiantes, este tiempo abarcaría los lotes, el envasado y etiquetado de 80 envases de producto. El tiempo requerido para la producción de 160 envases de limpiador de pizarras se estima que es de 2 estudiantes que dediquen 5 horas asistentes cada uno. Se debe tomar en cuenta el mantenimiento del equipo mediante servicios profesionales, así que se estima una porción del valor, dedicado a esta sección.

**Cuadro 5.** Estimación de precio del Jabón líquido para manos presentación 500 mL con una producción mínima de 40 L por lote.

<b>Rubros</b>	<b>Costo (colones)</b>
Materias primas	39102
Servicios (agua y luz)	305,2
Gastos de limpieza	326,39
Mano de obra	25000
Mantenimiento de equipos	1612,903
Gastos totales	66346,6
Porcentaje de ganancia sugerida	0,3
<b>Precio unitario estimado</b>	<b>1080</b>

**Cuadro 6.** Estimación de precio del limpiador de pizarra blanca presentación 250mL con un mínimo de producción de 40 L por lote.

<b>Rubros</b>	<b>Costo (colones)</b>
Materias primas	54703,07
Servicios (agua y luz)	44,43
Gastos de limpieza	326,39
Mano de obra	25000
Mantenimiento de equipos	1612,903
Gastos totales	81686,8
Porcentaje de ganancia sugerida	0,6
<b>Precio unitario estimado</b>	<b>820</b>

Hay que tomar en cuenta que se puede estar abierto a otras presentaciones de ambos productos tal como envases de mayor contenido volumétrico. Los precios de las materias primas son tomados a partir de una producción mínima, mientras la producción sea mayor, se compra materia prima en mayor cantidad y se pueden reducir los costos. Los precios de la materia prima representados en los Cuadros 5 y 6 fueron obtenidos para finales del año 2015.

Recordando los costos de los productos “competencia” que se venden en la Oficina de Suministros, en la sección de mercado, se puede decir que el precio sugerido del jabón líquido para manos es aceptable y el precio del limpiador de pizarra es barato. Los márgenes de ganancia propuestos permiten que se dé una relación de costo beneficio de producción mayor que 1 y CIPRONA pueda obtener ganancias de producción, es importante tomar en cuenta, que si los productos se registran a nombre de la Universidad de Costa Rica, no hay costos propiamente de registro.

Proponiendo que CIPRONA gastó en investigación de los dos nuevos productos un aproximado de 500 000 colones, se puede recuperar esta inversión al producir 5 lotes de 40 L de limpiador de pizarras, o bien 7 lotes de jabón líquido para manos, o bien, 7 lotes: 3 pertenecientes a jabón líquido para manos y 4 a limpiador de pizarra. Este dato no se da

en valores de tiempo para recuperar inversión, pues no se tiene ninguna certeza de cantidad de producción sobre la variable de tiempo.

#### **4.6 Registro de nuevos productos formulados**

Se tienen dos productos formulados y ambos corresponden a diferente clasificación según el Ministerio de Salud. El limpiador de pizarra blanca es un producto higiénico y el jabón líquido para manos es un producto cosmético. Los productos higiénicos son detergentes, quitamanchas y todos aquellos productos de limpieza de superficies que también están expuestos para hacer contacto con la personas cuando se aplica. El reglamento para control de productos cosméticos define todo producto cosmético como aquel que suele ser aplicado en alguna parte superficial del cuerpo como labios, uñas, piel, cabello, dientes y mucosas, entre otros.

Ambos productos se registran bajo el nuevo sistema en línea, en la página [www.registrelo.go.cr](http://www.registrelo.go.cr), plataforma creada para agilizar el procedimiento ante el Ministerio de Salud. Para entrar en la página y hacer el trámite se debe registrar como usuario mediante una firma digital y el laboratorio debe contar con un Certificado de Buenas Prácticas de Manufactura, o lo que es lo mismo, un Permiso Sanitario de Funcionamiento del Ministerio de Salud y un Poder a favor del representante legal.

Debido a que no es posible descargar los formularios de ambos productos en una versión física para mostrarse en el presente trabajo, se mencionará a continuación la información que contienen. Esta información se obtuvo del manual de usuarios, según la clasificación de cada producto, dónde se explica todo lo que se debe hacer para registro y renovación. El manual puede encontrarse en la página web de [registrelo.go.cr](http://registrelo.go.cr), en la sección de información.

El formulario de inscripción para productos higiénicos que se debe llenar para el limpiador de pizarra blanca se divide en 6 secciones que son:

- **Datos Generales:** En esta sección deberá poner el permiso de funcionamiento de la empresa, el uso del nuevo producto higiénico, su nombre y origen.

- Presentaciones: En esta ventana selecciona la cantidad de contenido neto del producto y su respectiva unidad. Además se selecciona la clase de riesgo e información de riesgos a la salud.
- Fórmula: En esta ventana se agrega información como el nombre de la sustancia, el número de CAS, si es un producto puro o una mezcla, su porcentaje en la mezcla, entre otros.
- Fabricante/Distribuidores: Registra la información del fabricante, físico o jurídico. Puede agregar los fabricantes que desee de una lista o puede registrarlos en caso de que no estén en la lista, el sistema les proporciona un formulario para dicho registro. Los distribuidores también deben registrarse con el mismo procedimiento que a los fabricantes.
- Titular/Profesional Responsable: Se coloca toda la información sobre el personal responsable, persona física o jurídica, puede encontrarla en un listado o agregarla en caso de que no esté registrada.
- Adjuntos: Es donde se agregan los documentos extra que se piden para el registro de productos higiénicos. Esta sección está capacitada para agregar más de un documento y los que se deben adjuntar son los siguientes:
  - a) Documento legal o copia de la persona jurídica de la empresa registrante.
  - b) Poder a favor de representante legal.
  - c) Hoja de Seguridad
  - d) Formula cualitativa firmada por profesional responsable
  - e) Etiqueta original
  - f) Refrendo del colegio respectivo.
- Resumen: En esta sección se despliega un resumen con toda la información y se pide la firma del documento, para continuar con la última ventana de pago en línea.

A partir de su inscripción el permiso estará vigente por 5 años siempre que el producto no tenga modificaciones de etiquetado o formulación. En la sección 9.1 y 9.2 puede encontrar la MSDS y la propuesta de una etiqueta original del limpiador de pizarra blanca. La fórmula cualitativa no se adjuntó pues suele ser de carácter privado al contener los ingredientes y cantidades específicas de cada producto.



Para registrar un producto cosmético se debe llenar el formulario que consta de:

- Datos del cosmético: datos generales del producto, tales como nombre del producto, sus usos, presentación, ingredientes controlados, cantidad de producto, entre otros, en la Figura 33 se puede observar la imagen de la ventana.
- Datos de Fabricantes: Registra la información del fabricante, físico o jurídico. Puede agregar la cantidad de fabricantes que desee.
- Datos del importador/Titular: En este apartado sólo es obligatorio el ingreso de la información del titular, los datos del importador debe seleccionar si es físico o judicial.
- Documentos adjuntos: Es la sección en donde se adjunta documentos requeridos:
  - a) Documento de autorización de fabricación del Laboratorio emitido por autoridad reguladora.
  - b) Poder a favor del representante legal.
  - c) Fórmula cualitativa completa. Cuando hay sustancias restringidas presentes en el cosmético, se debe agregar la fórmula cuantitativa para especificar que no se salga de los límites reglamentarios. Además el documento debe tener firma y sello del profesional responsable (el encargado del trámite de inscripción).
  - d) Presentación de etiquetado original y empaques. Podrá encontrar la sugerencia de etiquetado del cosmético en la sección 9.3.
  - e) Especificaciones de producto terminado extendidas por el fabricante.
- Resumen y firma: En esta sección se despliega un resumen con toda la información y se pide la firma del documento, para continuar con la última ventana de pago en línea.

El registro cosmético se lleva a cabo bajo el Reglamento Técnico Centroamericano, el cual indica el contenido de información que debe llevar la hoja de especificaciones de producto terminado extendidas por el fabricante, el reglamento menciona que se debe adjuntar la siguiente información (Podrá encontrar un ejemplo de esta información del jabón líquido para manos en la sección 9.4):

- Características organolépticas.
- Pruebas físicas: pH, densidad y viscosidad (cuando estas pruebas apliquen). Si el fabricante aplica otras pruebas físicas, también deben ser declaradas.

- Pruebas químicas: pruebas que identifiquen ingredientes activos y concentración de sustancias químicas restringidas en productos cosméticos, según reglamento y cuando estas apliquen.
- Pruebas microbiológicas: Debe efectuarse a los cosméticos que puedan exponerse a contaminación microbiana, son pruebas de límites microbianos y organismos patógenos, con límites especificados en la Tabla 1 y 2 del Reglamento Técnico Centroamericano 71.03.75:07. En el caso del cosmético objetivo en este documento los límites microbiológicos son:
  - a) Recuento Total de Mesófilos aerobios:  $\leq 10^3$  UFC/g
  - b) Recuento Total de Mohos y levaduras:  $\leq 10^2$  UFC/g
  - c) *Staphylococcus aureus*: Ausente
  - d) *Escherichia coli*: Ausente
  - e) *Pseudomonas aeruginosa*: Ausente

Estas pruebas microbiológicas deben de efectuarse para conocer los valores que tiene el jabón líquido para manos y reportarlos en la hoja de especificaciones. Los otros valores ya están reportados en la sección 9.4. Además, se agregó una hoja de seguridad (MSDS) del jabón aunque no es requisito para presentarse al Ministerio de Salud (pues no está en la lista de los párrafos anteriores), puede verla en la sección 9.5.

**Datos del Solicitante**

\* Nombre del Solicitante:

---

**Datos del producto**

\* Nombre del Producto:

\* Forma Cosmética:

\* Uso:

\* País:

\* Presentación:

\* Identificador Medida:

Ingredientes Controlados:

**Cantidad de Presentación**

\* Cantidad Producto:

---




**Profesional Responsable**

\* Responsable:

\* Profesión:

<< Anterior Siguiente >>

\*Datos Requeridos

-  Validación de contenido o formato correcto.
-  Validación de contenido o formato incorrecto.
-  Adición de cantidades. (Las cantidades están relacionadas a las presentaciones del producto)

**Figura 33.** Formulario de registro de cosméticos. Datos generales del cosmético.

#### 4.6.1 Ficha de transporte

Para la realización de esta ficha y sus respectivos trámites la información se encuentra en la página web del Ministerio de Salud, en la sección de trámites, transporte de materiales peligrosos. En esta página en el punto 8 se menciona que una sola ficha de transporte puede servir para hasta un máximo de 10 productos peligrosos siempre que sean de la misma clase y tengan similares características de peligrosidad (misma Número de ONU, clase, subclase, código de identificación de peligrosidad). Para estos casos la Ficha debe tener el nombre de todos los productos y sus respectivos números de registro.

Entre la investigación de la Ficha de Transporte que se realizó, se notó que no se requiere el trámite de esta ficha, pues es requisito para otorgar permiso de pesos y dimensiones para vehículos dedicados al transporte de materiales o productos peligrosos, según el artículo 19 del decreto ejecutivo N° 31363-MOPT para el reglamento de circulación de carreteras (Ministerio de Salud de Costa Rica, 2016). En el caso de estos productos, su transporte es a nivel interno de la Universidad de Costa Rica y no es suficiente cargamento (pues se maneja por demanda en relativamente lotes pequeños) como para necesitar automotores que se dediquen a transportar productos peligrosos y por lo tanto su consecuente trámite de ficha de transporte. Además, las MSDS contienen un poco de información en su sección final de transporte en la que clasifica el producto como embalaje III, que se refiere a material poco peligroso.

#### **4.7 Pruebas de control de calidad de productos terminados**

Dado que se conoce la formulación de cada producto se establece el control de calidad del producto terminado. Se determinan las pruebas más importantes como controles físicos y físicos-químicos (Padrón, 2012). Tal como se mencionó en el marco teórico, estos controles también son definidos según las características propias del producto:

1. Desinfectante: prueba de densidad y verificación de acidez. La densidad que debe tener el desinfectante debe estar entre 0,98 g/mL y 1,031g/mL. El pH debe estar entre 2,8 y 3,10.
2. Limpiador de vidrios: prueba de densidad y verificación de pH. La densidad del limpiador de vidrio debe estar entre 0,995 g/mL y 1,02 g/mL. El pH debe estar entre 2,6 y 2,8.
3. Cera para pisos: prueba de densidad, este valor debe estar entre 1,01 g/mL y 1,038 g/mL.
4. Limpiador de pizarra blanca: prueba de densidad para medir que los porcentajes de la formulación hayan sido respetados según la formulación original y su pH debe estar entre 4,7 y 4,9.
5. El jabón líquido de manos ya como producto terminado requiere prueba de pH antes de envasar, esta prueba debe hacerse pues, tiene como ingrediente un conservante que se

encuentra activo únicamente a un pH menor de 5,9, de modo que, el pH debe estar entre 5,65 y 5,75. Prueba de densidad: debe encontrarse entre 1.01 g/mL y 1.037 g/mL.

Si los resultados de las pruebas de densidad y acidez se salen de lo anteriormente establecido implica que es posible que los porcentajes de cada materia prima en la formulación no se respetaron exactamente o bien que debe revisarse el estado de las materias primas utilizadas. Es posible que se tenga la densidad en el rango óptimo pero la acidez ligeramente fuera del rango sugerido. En este caso, podría arreglarse la acidez según la desviación correspondiente, agregando un poco más de ácido cítrico o bien agregando una pequeña cantidad de hidróxido de sodio.

Para la formulación del jabón, el ácido cítrico se adicionó en una disolución con agua en una concentración al 10 %, esto para controlar mejor la variación de la acidez en el jabón, de modo que, para el caso en que por alguna razón, el pH esté ligeramente desviado, es preferible tener disoluciones de hidróxido de sodio y ácido cítrico en agua y agregar un poco según sea necesario. Esto cambiará notoriamente el pH, pero prácticamente no cambiará la densidad a menos que se agregue una considerable cantidad de agua.



## 5 Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

- Se determinó que la cera de abeja adquirida por CIPRONA no se encontraba adulterada, pues las pruebas establecidas como control de calidad para ceras de origen natural determinaron que al analizar la cera de abeja, los resultados experimentales estaban en concordancia con los valores teóricos, validando la calidad de estas. Además, al analizar su espectro  $^{13}\text{C}$ -RMN, se observan todos los compuestos propios de una cera de abeja.
- Se estableció que la cera carnauba adquirida por CIPRONA no es de buena calidad, pues todas las pruebas realizadas fueron inconsistentes con los resultados teóricos y al analizar el espectro  $^{13}\text{C}$ -RMN no se encontraron los ésteres propios de la cera.
- Se concluyó que la presión de vapor para alimentar el destilador de la planta piloto de CIPRONA para destilar aceite esencial de citronela, puede estar dentro del rango entre (14 y 28) psi. Sin embargo, por razones de seguridad se sugiere que se trabaje a 14 psi.
- Se determinó que la destilación de la materia prima aceite esencial de citronela se da a una temperatura de 76 °C.
- Al destilar el aceite esencial de citronela con una presión de vapor de 14 psi se obtiene una densidad del aceite entre 0,856 g/mL y 0,858 g/mL.
- Se concluyó que hay posibilidad de formular productos de limpieza e higiene personal, cambiando los componentes de las formulaciones comerciales comunes, por materias primas de mucho menor impacto ambiental, con precios accesibles y de origen natural.
- El limpiador de pizarras formulado tuvo buenos comentarios entre los empleados de limpieza de la Facultad de Ingeniería y la Escuela de Química.
- Se estimó que el nuevo limpiador de pizarras formulado puede venderse a un precio de 820 colones por lote de 40 L y 160 envases de 250 mL. El margen de ganancia sugerido fue de 0,6 %, siendo el precio propuesto más bajo que los precios que se ven en el mercado al que se proyecta el producto.

- Se estimó el jabón líquido para manos con un precio de 1080 colones para un lote mínimo de 80 envases de 500 mL. Este precio contempla un margen de ganancia de 0,3 % siendo un precio que según el investigador puede competir en el mercado al que se proyecta.



## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda no sacar a producción el nuevo jabón líquido formulado en esta investigación hasta probar experimentalmente su capacidad antibacterial, comparándolo con otros jabones líquidos del mercado mediante un cultivo bacteriano. Para realizar esta prueba es necesario pedir permiso al Comité Ético Científico que regula los experimentos en los que se requiera intervención de seres humanos.
- Se exhorta cambiar de proveedor de cera carnauba.
- Se recomienda cambiar el agitador que se tiene en la marmita de 50 L del Laboratorio de Tecnología Química de CIPRONA, por un agitador con varias velocidades y más altas que la actual, esto ayudará a la investigación y producción de otras formulaciones que necesitan una mayor agitación.
- Se exhorta darle publicidad a los productos de la línea de Laboratorios Siwõ para aumentar su demanda dentro de las instalaciones de la Universidad de Costa Rica, así como asistir a las unidades académicas que los usan y demostrar no sólo su efectividad sino también cómo estos productos contribuyen al medio ambiente. A la vez que sirven de ejemplo para otras empresas y otros clientes para demandar productos de limpieza biodegradables.



## 6 Bibliografía

- Acofarma . (2010). *Ficha de Datos de Seguridad: Lauril Sulfato de Sodio Ph Eur*. España: Acofarma Distribución S.A.
- Acofarma S.A. (s.f). *Ficha de Información técnica Tween*.
- Acofarma S.A. (s.f.). *Ficha de información técnica: Nipagin y Nipasol*. Acofarma Distribución S.A.
- Acofarma S.A. (s.f.). *Ficha de Información técnica Tween*. Acofarma distribución S.A.
- Acueductos y Alcantarillados. (2016). *Acueductos y Alcantarillados*. Recuperado el 9 de 6 de 2016, de <https://www.aya.go.cr/servicioCliente/SitePages/consultaFacturacion.aspx>
- Acuña, A. (2012). *Evaluación económica de mercado y técnicas para la elaboración de tres productos de limpieza y su venta en concentrados*. Posgrado en Química. San José : Universidad de Costa Rica.
- Administración Nacional Argentina de medicamentos, alimentos y tecnología médica. (2013). Metilparabeno. En M. d. Argentina, *Farmacopea* (7 ed., págs. 263, 632, 772). Buenos Aires, Argentina.
- Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria ANVISA. (2005). *Guía de Estabilidad de Productos Cosméticos*. Brasil.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (9 de 12 de 2014). *ATSDR*. Obtenido de 2-Butoxietanol y acetato de 2-Butoxietanol.: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs118.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs118.html)
- Ajellol, A. E., Larson, E. L., & Levy, S. B. (2007). Consumer Antibacterial Soaps: Effective or Just Risky? *Oxford Journals*, 45(2), 137-147. Obtenido de [http://cid.oxfordjournals.org/content/45/Supplement\\_2/S137.long](http://cid.oxfordjournals.org/content/45/Supplement_2/S137.long).

- Akhila, A. (2010). *Essential Oil-Bearing Grasses: The genus Cymbopogon*. Florida: CRC Press.
- Aliseda, R. (2003). *Estudio de la Transesterificación de Aceites Vegetales con Metanol*. Madrid: Universidad Rey Juan Carlos .
- Almendárez, D. L. (2003). *Estudio técnico preliminar para la elaboración de un jabón líquido con miel de abejas como alternativa de diversificación apícola Trabajo de fraduación para optar por por grado académico de licenciatura en Ingeniería Agroindustrial*. Honduras.
- ASTM D 2281-68. (1970). *Evaluation of wetting agents by the skein test*. American Society for Testing and Materials. Filadelfia: ASTM.
- ASTM, I. (2005). *Standar Guide for Sensory Evaluation of Household Hard Surface-Cleaning Products with Emphasis on Spray Triggers*. E2346. ASTM.
- Bailey, P. S., & Bailey, C. A. (1998). *Química Orgánica: conceptos y aplicaciones*. Pearson Education.
- Barrios, J., Andrés, D., & Antón, J. (s.f.). Química Orgánica. En *Química Bachillerato 2* (pág. 337). Editex.
- Barros, C. (2009). *Los aditivos en la alimentación de los españoles y la legislación que regula su autorización y uso*. (2 ed.). Madrid: Visión libros.
- BASF. (2015). *Hoja de seguridad Dipropilenglicol*. USA: BASF CORPORATION.
- BASF: the Chemical Company. (2012). *Alkyl Polyglucosides: Hard Surface Detergency*. USA: BASF: the Chemical Company.
- BBC. (3 de 9 de 2016). Por qué las autoridades en Estados Unidos ordenaron retirar del mercado la mayoría de jabones antibacteriales. *BBC mundo*.
- Boatella, J., Codony, R., & López, P. (2004). En J. Boatella , R. Codony, & P. López, *Química y bioquímica de los alimentos II* (pág. 160). Barcelona, España: Universidad de Barcelona.

- Bristhar Laboratorios C.A. (2010). *Goma Xanthan: Estabilizante para suspensiones y emulsiones*. Caracas. Obtenido de <http://www.bristhar.com.ve/xanthan.html>
- Cañada, P. (2011). *Unidad de Espectrometría de masas*. Recuperado el 21 de 06 de 2014, de Servicios Centrales de Investigación SCAI: <http://www.scai.uma.es/servicios/aqcm/ems/ems.html>
- Castells, M. (10 de 03 de 2015). *aula natural*. Recuperado el 2016 de 04 de 05, de diferencia entre jabones y detergentes: <http://aula-natural.com/diferencias-entre-jabones-y-detergentes/>
- Center for environmental health. (2013). *Lawsuit Launched as Testing Finds Cancer-Causing Chemical in Nearly 100 Hair Care and Personal Care Products*. Oakland, California: Center for environmental health.
- Cerpa, M. G. (2007). *Hidrodestilación de aceites: Modelado y Caracterización. Tesis Doctoral*. Valladolid.
- CIPRONA. (s.f.). *CIPRONA*. Recuperado el 23 de 09 de 2014, de Ciprona: <http://ciprona.ucr.ac.cr>.
- Cortés, A. L. (2011). *Tesis de maestría: Evaluación del efecto de un nuevo biosurfactante en el proceso de remoción de diesel en el suelo*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Croda Europe Ltd. (2010). *Span and Tween*. England: Croda Europe-homecare.
- Dorwill. (2008). *Hoja de datos de seguridad: Isopropanol*. Buenos Aires: Dorwill S.A.
- DoTerra Holdings Inc. (2013). *doTERRA CTPG Métodos de Prueba*. México: DoTerra.
- Dow company. (abril de 2013). *dowpersonalcare*. Recuperado el 26 de 07 de 2015, de Dow Formulating Guidelines for EcoSense Surfactants: [www.dowpersonalcare.com](http://www.dowpersonalcare.com)
- Dow Company. (s.f). *Versene Chelatin Agents: Metal Ion Control for Hard Surface Cleaners*.

- Espinoza, J., & Chacón, R. (05 de Junio de 2013). UCR concreta medidas para gestión de compras verdes. *Semanario Universidad*.
- Expo whiteboard, c. ( 2001). *MSDS No. 550*. Sanford Corporation: 2711 Washington Boulevard Bellwood.
- Fragon. (2012). *Certificado de análisis de Control de Calidad Tween 80*. Brasil: Laboratorio Fragon.
- García, C. (2011). *Medición y Análisis de algunas variables importantes en la selección de un tensoactivo desengrasante*. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander .
- Ghassempour, A., Mashkouri, N., & Amiri, A. (2003). Determination of citric acid in fermentation media by pyrrolyis mass spectrometry. 251-561.
- (1991). *Guía de diseño de planta piloto polivalente para la destilación y extracción de plantas aromáticas y medicinales*. Canada: Organización de desarrollo industrial.
- Günter, E. (1989). History and origin in Plants Production Alalysis. En *The essential Oils: (Vol. 1)*. New York, USA: Krieger.
- Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2008). *Análisis y Diseño de experimentos (Segunda ed.)*. Guanajuato, México: Mc Graw Hill.
- Hervella, M., Yanguas, J., Iglesias, M. E., Larrea, M., Ros, C., & Gallego., M. (2008). *Contact allergy to 3-dimethylaminopropylamine and cocamidopropyl betaine*. Pamplona, España: ELSEVIER.
- Hill, J. W., & Kolb, D. K. (1999). En 8 (Ed.), *Química para el nuevo milenio* (pág. 485). México: Prentice Hall.
- Hiroshi, N. (1993). *Bees Wax*. Japan: Shiseido Research Center. Recuperado el 09 de 09 de 2016, de <http://lipidbank.jp/image/MWA2101SP0022.gif>
- Hiroshi, N. (1993). *Carnauba wax*. Japan: Shiseido Research Center. Recuperado el 09 de 09 de

2016, de <http://lipidbank.jp/cgi-bin/detail.cgi?id=WWA1201>

Hiroshi, N. (1993). *Cera Parafina*. Japan: Shiseido Research Center. Recuperado el 09 de 09 de 2016, de <http://lipidbank.jp/image/WWA4101SP0046.gif>

ICE. (31 de marzo de 2016). Tarifas del ICE. *La Gaceta*, págs. Alcance 47, la Gaceta 62.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1973). *Grasas y Aceites comestibles. Determinación del índice de saponificación*. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Nacional de Normalización de Chile. (2007). *Ceras de abeja. Requisitos y método de ensayo*. Chile: Instituto Nacional de Normalización de Chile.

Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. (2009). *MSDS Documentación Toxicológica para el Establecimiento del Límite de Exposición Profesional del 2 Butoxietanol DLEP 01*. Recuperado el 18 de 4 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Valores\\_Limite/Doc\\_Toxicologica/Ficheros/DLEP01.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Valores_Limite/Doc_Toxicologica/Ficheros/DLEP01.pdf)

Juran, M; Gryna, Frank M; Bringham, R S. (2005). *Quality Control Handbook*. Barcelona : Reverté.

Karsa, D. (1999). *Design and selection of performance surfactants, Sugar derived surfactants*. Sheffield academic press. Manchester.

Knowlton, J., & Pearce, S. (1993). Stability Testing. En J. Knowlton, & S. Pearce, *Handbook of Cosmetic Science & Technology* (págs. 437-439). UK: EISELVIER Advanced technology.

Kuznesof, P. M. (2005). *Beeswax Chemical and Technical Assessment (CTA)*. Switzerland: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.

Lachenmeier, D. W. (13 de noviembre de 2008). Safety evaluation of topical applications of ethanol on the skin and inside the oral cavity. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 3-26.

- Lechuga, M. (2015). *Biodegradabilidad y Toxicidad de tensoactivos comerciales*. Tesis Doctoral Departamento de Ingeniería Química. Granada: Universidad de Granada.
- Leisdon, F. (Junio de 2004). Área Contaminación y Residuos, Ecologistas en acción. *El ecologista*.
- Maqueda, J., & Llaguno, J. (1995). *Marketing estratégico para empresas de servicio*. Madrid, España: Días de Santos S.A.
- Mattos de Oliveira, M. (2010). Desinfectant action of *Cymbopogon* sp. Essential oils in different phases of biofilm by *Listeria monocytogenes* on stainless Steel surface. *Food Control*.
- Medici, S. K. (29 de 09 de 2005). *Calidad de Ceras de abeja*. Recuperado el 06 de 01 de 2016, de Portal de apicultura: <http://www.apicultura.entupc.com/nuestrarevista/nueva/notas/calidad-en-cera.htm>
- Mercola. (13 de 05 de 2010). *Deadly and Dangerous Shampoos, Toothpastes, and Detergents: Could 16,000 Studies Be Wrong About SLS?* Recuperado el 30 de 07 de 2016, de Mercola.com: <http://articles.mercola.com/sites/articles/archive/2010/07/13/sodium-lauryl-sulfate.aspx>
- Mercola, J. (16 de Enero de 2012). *Mercola Dr.* Recuperado el 18 de 04 de 2016, de Tenga cuidado con los productos de limpieza "Ecológicos", ya que podrían no ser muy ecológicos: <http://espanol.mercola.com/boletin-de-salud/quimicos-toxicos-en-los-productos-de-limpieza.aspx>
- Mercola, J. (10 de 2015). *Mercola Dr.* Recuperado el 05 de 04 de 2016, de jabón antibacterial: [http://articulos.mercola.com/sitios/articulos/archivo/2015/10/01/jabon-antibacterial.aspx#\\_edn8](http://articulos.mercola.com/sitios/articulos/archivo/2015/10/01/jabon-antibacterial.aspx#_edn8)
- Metro*. (s.f.). Recuperado el 15 de 4 de 2015, de Productos de limpieza que protegen el medio ambiente: <http://www.oregonmetro.gov/es/tools-living/healthy-home/green-cleaning>.
- Ministerio de Salud de Costa Rica. (15 de Junio de 2016). *Ficha de emergencia para el transporte*



*terrestre de materiales peligrosos*. Recuperado el 01 de setiembre de 2016, de Ministerio de Salud de Costa Rica: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/tramites-ms/transporte-de-materiales-peligrosos>

Ministerio de Salud de Costa Rica. (s.f.). *Ministerio de Salud de Costa Rica*. Obtenido de productos de interés sanitario: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/productos-de-interes-sanitario>

Moreno, M. (2003). En M. Moreno, *Guía para procesos de cerería, jabonería y cremas* (pág. 16). Bogotá: Cab: Ciencia y Tecnología.

Navarro, J. L. (2005). *Maquetas, modelos y moldes: materiales y técnicas para dar forma a las ideas*. Universidad Jaume I.

NIOSH. (2015). *1,4 Dioxane*. Centers for Disease Control and Prevention. Obtenido de <http://www.cdc.gov/niosh/ipcsneng/neng0041.html>

Nonhebel, G., & Moss, A. A. (2002). Técnicas especiales: Liofilización. En G. Nonhebel, & A. A. Moss, *El secado de sólidos en la industria química* (pág. 327). España: Reverté S.A.

Normas oficiales Mexicanas. (1981). *Alimentos para humanos. Determinación del índice de saponificación en aceites y grasas vegetales o animales*. México: NMX-F-174-S-1981.

Novellas, F. (2011). *Falsificación y alteraciones de los productos industriales y alimenticios: Como se producen y como se descubren*. (Maxtor, Ed.) España.

Occupational Safety and Health Administration. (1990). *2-Butoxyethanol*. Utah: United States Department of Labor.

Omidbakhsh, N., Duever, T., Elkamel, A., & Reilly, P. (2012). A systematic Computer-Aided Product Design and development Procedure: Case of disinfectant Formulations. *Industrial & Engineering Chemistry Research (I&EC)*.

Padrón, M. (2012). *Análisis fisicoquímico de materia prima y producto terminado en las áreas de*

*detergentes y jabones de la empresa Colgate-Palmolive. Valencia.*

Panel-sponsored American Chemistry Council EGE . (2000). *EGBE: A World of Solutions*. USA: American Chemistry Council EGE.

Pérez, G. (2007). En *Química II, Un enfoque constructivista* (pág. 77). México: Pearson Education.

Pillemand, C. (2002). Surfactants: Their abilities and important physico-chemical properties. EnPro ApS.

Ramírez, J. S. (2006). Liofilización de alimentos. En J. S. Ramírez, *Liofilización de alimentos* (págs. 2,3). Cali, Colombia: Universidad del Valle.

Ranadive, A. S. (2011). Quality Control of Vanilla Beans and extracts. En D. Havkin-Frenkel, *Handbook of vanilla Science and technology* (pág. 153). New Jersey: Wiley-Blackwell.

Reglamento técnico Centroamericano. (Resolución 2008). *Registro e inscripción sanitaria de productos cosméticos. países Centroamericanos*: Ministerio de Sslud de Costa Rica. Recuperado el 24 de 08 de 2016, de <http://www.dgrs.gob.hn/documents/Resoluciones/MedicamentosProductos/Cosmeticos/Anexo%20%20resolucion%20231-2008.pdf>

Repsol. (3 de 8 de 2010). *repsol*. Obtenido de Ceras y parafinas: [https://www.repsol.com/es\\_es/productos-servicios/especialidades/productos/ceras-parafinas/](https://www.repsol.com/es_es/productos-servicios/especialidades/productos/ceras-parafinas/)

REPSOL. (2013). *Dipropilenglicol Grado Industrial Ficha Técnica* . Madrid: Repsol.

Romero, M. (2004). Tratado de aromaterapia Científica. En *Plantas aromáticas*. Buenos Aires Argentina.

Saenz, A. (s.f). *Química Orgánica Industrial*. Recuperado el 21 de 03 de 2016, de La industria de los agentes tensoactivos: <http://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-10.php>.

Salager, J. (1998). Formulaciones HLB, PIT R de Winsor. Venezuela: Universidad de los Andes.

Salager, J. (2002). Surfactantes: Tipos y Usos. Venezuela: Universidad de Los Andes.

salud y enfermedad. (1 de agosto de 2014). *salud.fdctimes.com*. Obtenido de salud.fdctimes.com/esp-conditions-treatments: <http://salud.fdctimes.com/esp-conditions-treatments/esp-illness/1008004771.html>

Sellar, W. (2009). *The directory of essential oils* (5 ed.). España.

Smith, K., & Fajardo, D. (2010). *Evaluación del proceso de transesterificación del aceite de microalgas sintético en medio básico con NaOH y metanol*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Química.

Starplus.es. (s.f). *Starplus.es*. Recuperado el 01 de 09 de 2015, de Cómo elegir una pizarra blanca o verde: <http://www.starplus.es/como-elegir/una-pizarra-blanca-o-verde/8/>

The Guardian. (16 de sep de 2015). *the guardian*. Obtenido de antibacterial soap with triclosan found to be no real threat to germs: <http://www.theguardian.com/society/2015/sep/16/antibacterial-soap-with-triclosan-found-to-be-no-real-threat-to-germs>.

Torres, L. (2011). *Hidrodestilación del aceite esencial de Lippia alba (Mill.) N.E.Br., en un destilador a escala piloto. Tesis de licenciatura*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Química.

Umaña, E. (19 de Enero de 2015). Pruebas de control de calidad para ceras de abeja. (D. Hernández, Entrevistador)

Universidad de Costa Rica. (2000). *Reglamento Ético Científico de la Univerdiad de Costa Rica para las Investigaciones en las que Participen Seres Humanos*. San José: Vicerrectoría de la Investigación. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de <http://www.vinv.ucr.ac.cr/comite-etico-cientifico>

Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación. (2007). *Guía de procedimientos para la investigación con seres humanos en la Universidad de Costa Rica*. San José: Vicerrectoría de Investigación. Recuperado el 05 de 10 de 2016, de <http://www.linguistica.ucr.ac.cr/Materiales/UCR-Manual-del-Investigador-del-Comite-Etico-Cientifico.pdf>

Vicerrectoría de administración: Unidad de Almacenamiento y Distribución. (2015). *Condiciones invariables utiles y materia de limpieza*. San José: Universidad de Costa Rica.

Vicerrectoría de Administración. (2015). *Artículos de Bodega*. San José Costa Rica: Oficina de registros, UCR.

Yurkanis, P. (2008). Grasas y Aceites. En P. Yurkanis, *Química Orgánica* (5 ed., págs. 1165-1170, 569-571,611). México: Pearson Educación.

Zorrilla, L., Crofton , K. M., Setzer, W. R., Cooper, R. L., Stoker, T. E., Gibson, E. K., & Jeffay, S. C. (2008). The effects of Triclosan on Puberty and Thyroid Hormones in Male Wistar Rats. *Oxford Journals*, 107, 56-64. Retrieved 04 05, 2016, from <http://toxsci.oxfordjournals.org/content/107/1/56.full>

## 7 Nomenclatura

<b>Abreviaturas</b>	<b>Definición</b>
ANOVA	Análisis de Varianza
Barómetro	Dispositivo que mide la presión
CIPRONA	Centro de Investigaciones en Productos Naturales
FDA	Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos
Fenofaleína	Sustancia que cambia de color al cambiar de medio ácido a básico.
marmita	Equipo que calienta y mezcla
MSDS	Hoja de Datos de Seguridad del Material por sus siglas en inglés: Material safety data sheet.
R	Cadena de carbonos de diferente extensión
$^{13}\text{C}$ -RMN	Espectro de carbono realizado por un equipo de resonancia magnética nuclear

<b>Simbolos y Unidades</b>	<b>Definición</b>
psi	Libra-fuerza por pulgada cuadrada (por sus siglas en inglés)
mg KOH/ g	Miligramos de KOH que se necesitan para saponificar un gramo de aceite o grasa.
°C	Celsius
pH	Unidad de medida del grado de acidez
Hz	Unidad de medida de frecuencia
UFC/g	Unidades formadoras de colonias por gramo de sustancia
%	Signo de porcentaje
m	Masa de la muestra
$V_b$	Volumen de ácido clorhídrico en valoración del blanco
$V_m$	Volumen de clorhídrico en valoración de la muestra.
N	concentración de la disolución de HCl (mol/L) en ecuación de índice de saponificación
H	hipótesis
$\varepsilon$	Error de medición
$\mu$	media
s.f.	Sin fecha
et al	Y otros autores



## 8 Apéndice

### 8.1 Resultados de formulación de limpiador de pizarra y precios de materias primas

**Cuadro 7.** Componentes presentes en el limpiador de pizarra y su porcentaje aproximado.

<b>Materia prima</b>	<b>Porcentaje en el producto (%)</b>
Polisorbato 80	1-9
Alcohol	1-9
Glicerina	1-5

**Cuadro 8.** Costos de materia prima, material de envase y etiquetado para el limpiador de pizarra blanca.

<b>Materia prima</b>	<b>Precio (colones)</b>
Polisorbato 80 (el galón)	16400
Etanol (el galón)	2884,475
Glicerina (el galón)	8800
Envase incluye tapa	198
Etiquetas (unidad)	53.2

### 8.2 Resultados de formulación de jabón líquido para manos biodegradable y precios de materias primas

**Cuadro 9.** Componentes presentes en el jabón líquido para manos y su porcentaje aproximado.

<b>Materia Prima</b>	<b>Porcentaje en el producto (%)</b>
Alquilpoliglucósido	3-15
Cocoamidopropil betaína	1-5
Glicerina	1-5
Ácido cítrico	0,1-0.9
Benzoato de sodio	0,5-1
Goma xantana	0,2-1

**Cuadro 10.** Costos de materia prima, material de envase y etiquetado para el jabón líquido para manos.

<b>Materia prima</b>	<b>Precio (colones)</b>
alquilpoliglucósido (5 kg)	13773
Cocoamidopropil betaína (5 kg)	7348
Glicerina (1 galón)	8800
Benzoato de sodio (1 kg)	985,5
Ácido cítrico (25 kg)	36000
Goma xantana (1 kg)	5000
Envase incluye dispensador (500 mL)	288
Etiquetas (unidad)	106,25

### 8.3 Información recopilada para reporte de resultados

**Cuadro 11.** Información de flujo volumétrico de destilado, durante la destilación a 28 psi de presión de vapor de alimentación.

Presión 28 psi			
hora	Volumen recolectado (mL)	Volumen de citronela (mL)	Tiempo (s)
10:01			
10:04	270	70	52
10:12	220,6	10,4	59
10:18	230,6	0,6	40
10:22	230,2	0,15	39
10:26	88	5	10
10:30	208	1	34
10:33	98	0,5	19
10:39	99	trazas	16
suma	1444,4	87,65	269
		flujo de destilación (mL/s)	5,37
tiempo de destilación	38 min	flujo de destilación exclusiva de aceite esencial (mL/s)	0,326



**Cuadro 12.** Información de flujo volumétrico de destilado, durante la destilación a 20 psi de presión de vapor de alimentación.

Presión 20 psi			
Hora	Tiempo (s)	Volumen total (mL)	Volumen citronela (mL)
09:40			
09:43	63,00	250	50
09:49	55	240	26
09:54	52	214	6
10:00	55	236	4
10:05	55	253,8	4,6
10:14	54	240	1
10:19	51	238	1
10:20	52	232	Trazas
suma	437,00	1903,80	92,60
		flujo de destilación (mL/s)	4,357
tiempo de destilación (min)	40	flujo de destilación exclusiva de aceite esencial (mL/s)	0,212

**Cuadro 13.** Información de flujo volumétrico de destilado, durante la destilación a 28 psi de presión de vapor de alimentación.

Presión 14 psi			
Hora	Volumen recolectado (mL)	Volumen de citronela (mL)	Tiempo (s)
10:04	450	70	184,00
10:10	216	26	73
10:15	212	25	63
10:19	198	18	62
10:25	212	6	72
10:30	186	3	64
10:35	231	1	85
10:40	221	2	68
10:45	208	2	63
10:50	208	1	65
10:55	232	1	73
11:00	206	trazas	63
suma	2342	154	799
		flujo de destilación (mL/s)	2,93
tiempo de destilación	56 min	flujo de destilación exclusiva de aceite esencial (mL/s)	0,193

**Cuadro 14.** Valor de áreas de integración de citronelal obtenidas de la destilación de aceite esencial de citronela a tres diferentes presiones de alimentación de vapor, sus respectivas muestras y repeticiones de inyección manual al cromatógrafo de gases.

Presión de vapor de alimentación	N° de muestras de destilación	N° de repetición de inyección	Área de integración de compuesto citronelal	Promedio de área de integración por inyección
Sin destilar		1	2,58E+07	2,77E+07
		2	2,58E+07	
		3	3,16E+07	
14	1	1	2,73E+07	2,73E+07
		2	2,19E+07	
		3	3,25E+07	
	2	1	1,99E+07	2,96E+07
		2	4,05E+07	
		3	2,85E+07	
	3	1	2,77E+07	2,71E+07
		2	2,14E+07	
		3	3,21E+07	
20	1	1	1,60E+07	1,49E+07
		2	1,27E+07	
		3	1,60E+07	
	2	1	2,87E+07	2,50E+07
		2	1,80E+07	
		3	2,84E+07	
	3	1	2,29E+07	2,45E+07
		2	2,54E+07	
		3	2,52E+07	
28	1	1	3,10E+07	3,55E+07
		2	3,25E+07	
		3	4,30E+07	
	2	1	3,73E+07	3,80E+07
		2	3,51E+07	
		3	4,16E+07	
	3	1	2,95E+07	3,40E+07
		2	2,37E+07	
		3	4,87E+07	

**Cuadro 15.** Resultados experimentales de puntos de fusión de cera de abeja y cera carnauba. Primera prueba antes de liofilizar.

<b>Intervalos de puntos de fusión de cera de abeja</b>		<b>Intervalos de puntos de fusión de cera carnauba</b>	
Prueba 1	52-69	Prueba 1	70-78
Prueba 2	62-74	Prueba 2	69-77
Prueba 3	52-67	Prueba 3	70-77
promedio	52-69	promedio	70-77

**Cuadro 16.** Resultados experimentales de la prueba de índice de saponificación para la cera de abeja y la cera carnauba, sin liofilizar. Primera prueba reportada.

<b>componentes para el cálculo de índice de cera de abeja</b>		<b>valores</b>	<b>componentes para el cálculo de índice de cera carnauba</b>		<b>valores</b>
Masa de muestra prueba 1 (g)	2,0001		Masa de muestra prueba 1 (g)	2,5089	
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra (mL)	20,5		Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra (mL)	19,8	
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco (mL)	16,2		Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco (mL)	21,2	
Índice de saponificación	14,281		Índice de saponificación	58,92	
Masa de muestra prueba 2 (g)	1,9		Masa de muestra prueba 2 (g)	2,7822	
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra (mL)	18		Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra (mL)	22,2	
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco (mL)	21,4		Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco (mL)	23,7	
Concentración normalizada de HCl (mol/L)	0,4890		Concentración normalizada de HCl (mol/L)	0,4890	
Índice de saponificación	14,792		Índice de saponificación	49,096	

**Cuadro 17.** Resultados experimentales de puntos de fusión de la cera de abeja y la cera carnauba. Segunda prueba reportada. Realizada después de liofilizar.

<b>Cera de abeja</b>		<b>Cera carnauba</b>	
<b>Número de prueba</b>	<b>Intervalo reportado</b>	<b>Número de prueba</b>	<b>Intervalo reportado</b>
Prueba 1	60-64	Prueba 1	67-74
Prueba 2	60-63	Prueba 2	64-74
Prueba 3	60-63	Prueba 3	67-73
Promedio	60-63	Promedio	66-74

**Cuadro 18.** Resultados experimentales de la prueba de índice de saponificación para la cera de abeja y la cera carnauba, después de liofilizar. Segunda prueba reportada.

<b>componentes para el cálculo de índice de cera de abeja</b>	<b>valores</b>	<b>componentes para el cálculo de índice de cera carnauba</b>	<b>valores</b>
Masa de muestra prueba 1 (g)	2,3563	Masa de muestra prueba 1 (g)	2,5136
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra (mL)	12,05	Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra (mL)	18,45
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco (mL)	18,9	Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco (mL)	21
Índice de saponificación	90,7913	Índice de saponificación	24,6
Masa de muestra prueba 2 (g)	2,2255	Masa de muestra prueba 2 (g)	2,38
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra (mL)	12,1	Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra (mL)	18,6
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco (mL)	18,8	Volumen de HCl gastado en valoración de KOH en blanco (mL)	21
Concentración normalizada de HCl (mol/L)	0,5567	Concentración normalizada de HCl(mol/L)	0,4324
Índice de saponificación	94,0223	Índice de saponificación	24,46

**Cuadro 19.** Resultados experimentales de la prueba de índice de saponificación para la cera de abeja y la cera carnauba, con liofilización. Tercera prueba reportada.

<b>componentes para el cálculo de índice de cera de abeja</b>	<b>valores</b>	<b>componentes para el cálculo de índice de cera carnauba</b>	<b>valores</b>
Masa de muestra prueba 1 (g)	2.1866	Masa de muestra prueba 1	
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra (mL)	12,41	Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra (mL)	18,5
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco (mL)	22,2	Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco (mL)	20,8
Índice de saponificación	97,92	Índice de saponificación	29,8232
Masa de muestra prueba 2 (g)	2,4252	Masa de muestra prueba 2 (g)	2,1203
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra (mL)	12,55	Volumen de HCl gastado en valoración para KOH con muestra (mL)	18,85
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco (mL)	21,7	Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco (mL)	20,9
Concentración normalizada de HCl (mol/L)	0,4324	Concentración normalizada de HCl(mol/L)	0,5567
Índice de saponificación	91.52	Índice de saponificación	30,1953

**Cuadro 20.** Resultados experimentales de puntos de fusión de cera carnauba. Tercera prueba para materia prima nueva sin liofilizar.

<b>Número de prueba</b>	<b>Intervalo reportado</b>
Prueba 1	68-75
Prueba 2	68-74
Prueba 3	68-74
Promedio	68-74

**Cuadro 21.** Resultados experimentales de la prueba de índice de saponificación para la cera carnauba, sin liofilización, nueva materia prima. Cuarta prueba reportada.

<b>componentes para el cálculo de índice de cera carnauba</b>	<b>valores</b>
Masa de muestra prueba 1	2,56
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra	19,0
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco	26,4370
Índice de saponificación	2,5107
Masa de muestra prueba 2	2,5107
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con muestra	19,3
Volumen de HCl gastado en valoración de KOH con blanco	21,9
Concentración normalizada de HCl (mol/L)	0,4949
Índice de saponificación	28,75

**Cuadro 22.** Resultados experimentales para la titulación de la materia prima ácido acético glacial (grado industrial).

<b>Datos importantes</b>	<b>Resultados</b>
Volumen de ácido acético glacial tomado de la materia prima (mL)	5.8
Disolución madre de ácido acético glacial (mL)	200
Masa de NaOH (g)	5,0286
Alícuota de disolución madre utilizada (mL)	10
Volumen de NaOH gastado en las 3 repeticiones de la valoración	10,4
Concentración de NaOH estandarizado (mol/L)	0,4682
Concentración de la disolución madre de ácido acético glacial (mol/L)	0,4473
Porcentaje de ácido acético glacial calculado, según resultados	88,12%

## 8.4 Apéndice B. Metodología de cálculo.

### 1. Índice de saponificación:

$$i = \frac{56,1 \times (V_b - V_m) \times N}{m}$$

Dónde:

m= masa de la muestra (g);

V<sub>b</sub>= volumen de ácido clorhídrico de la valoración realizada con la prueba en blanco.

V<sub>m</sub>= volumen de ácido clorhídrico de la valoración realizada con la prueba con muestra.

56.1= representa la masa molecular de KOH (g/mol);

N= concentración de la disolución de HCl (mol/L);

i= índice de saponificación (mg/g).

Ejemplo:

Del Cuadro 15 para obtener el cálculo del primer índice de saponificación de cera de abeja reportado en la fila 4 columna 2:

$$i = \frac{56,1 \times (18,9 - 12,02) \times 0,5567}{2,3563} = 90,79$$





## 9 Anexos

### 9.1 MSDS de Limpiador de Pizarra Blanca

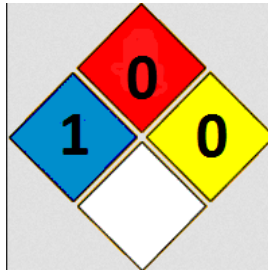
<b>HOJA DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIAL (MSDS)</b>	FECHA EMISIÓN, REVISIÓN MSDS:	Noviembre 2016
<b>SECCIÓN I: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DEL FABRICANTE</b>		
NOMBRE COMERCIAL:	Limpiador de pizarra blanca.	
TIPO DE PRODUCTO:	Limpiador líquido.	
MARCA:	Laboratorios Siwó	
NOMBRE FABRICANTE	COMPañÍA Universidad de Costa Rica (Siwó-CIPRONA)	PAÍS: Costa Rica
DIRECCIÓN FABRICANTE:	DEL San Pedro, San José	
N° DE TELÉFONO:	25112270	N° DE FAX: -
TELÉFONOS DE EMERGENCIA:	911	CENTRO NACIONAL INTOXICACIONES: 2223-1028
<b>SECCIÓN II: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES PELIGROSOS</b>		
NOMBRE DEL PELIGROSO	COMPONENTE %w/w	CAS No.
Polisorbato 80	1-9	9005-65-6
Etanol 95	1-9	64-17-5
Glicerina	1-5	56-81-5
<b>NA:</b> No Aplica; <b>NE:</b> No Especificado; <b>%w/w:</b> %Peso/Peso.		
<b>SECCIÓN III: IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS Y EFECTOS POR EXPOSICIÓN</b>		
<b>EFECTO POR:</b>	<b>DETALLE:</b>	
INHALACIÓN:	Puede causar una leve irritación de las fosas nasales por inhalación directa prolongada	
INGESTIÓN:	Puede causar irritación estomacal	

CONTACTO CON LOS OJOS:	Puede causar una leve irritación.		
CONTACTO CON LA PIEL:	Puede causar una leve irritación.		
CARCINOGENICIDAD:	N/A.		
MUTAGENICIDAD:	N/A.		
TERATOGENICIDAD:	N/A.		
NEUROTOXICIDAD:	N/A.		
SISTEMA REPRODUCTOR:	N/A.		
OTROS:	N/A.		
ÓRGANO BLANCO:	N/A.		
<b>SECCIÓN IV: PRIMEROS AUXILIOS</b>			
CONTACTO OCULAR:	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos con los párpados abiertos ocasionalmente. Busque atención médica si es necesario.		
CONTACTO DÉRMICO:	Enjuague el área de contacto con abundante agua. Busque atención médica si es necesario.		
INHALACIÓN:	Sacar a la persona del lugar de exposición y llevarlo en busca de aire fresco. Busque atención médica si es necesario.		
INGESTIÓN:	No inducir el vómito, tome bastante agua, si se presenta algún síntoma busque atención médica.		
ANTÍDOTO RECOMENDADO:	N/A.		
INFORMACIÓN PARA EL MÉDICO:	N/A.		
<b>SECCIÓN V: MEDIDAS CONTRA EL FUEGO</b>			
PUNTO DE INFLAMABILIDAD (°C):	N/A.		
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD LIS:	N/A.	LÍMITES INFLAMABILIDAD LII:	DE N/A

AGENTES EXTINTORES:	Usar polvo químico seco, agua, espuma, dióxido de carbono en fuegos pequeños.
EQUIPO DE PROTECCIÓN COMBATIR FUEGO:	Utilice aparato de respiración autónoma y una pieza completa para la cara operada con demanda de presión u otro modo de presión positiva
PRODUCTOS PELIGROSOS COMBUSTIÓN:	Óxidos de carbono como monóxido de carbono y dióxido de carbono
OTROS:	No Aplica
<b>SECCIÓN VI: MEDIDAS EN CASO DE DERRAME O FUGA</b>	
<b>Derrames y fugas:</b> Derrame pequeño: absorba el líquido con harapos, vermiculita u otro material absorbente y transfiera a la campana. Derrame grande: Evitar que el producto llegue al alcantarillado, esparcir material absorbente como arena desde la periferia hacia el centro y esperar unos minutos para que el derrame sea absorbido. Recoja el material impregnado con pala y colóquelo en bolsas debidamente identificadas.	
<b>SECCIÓN VII: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO</b>	
TEMPERATURA ALMACENAMIENTO:	Almacenar a temperatura ambiente.
CONDICIONES ALMACENAMIENTO:	Almacenar el producto en contenedores cerrados, en un área seca y alejada de fuentes de calor y llama abierta.
MANIPULACIÓN RECIPIENTES:	N/A.
EFFECTOS EXPOSICIÓN A LA LUZ SOLAR, CALOR, ATMÓSFERAS, HUMEDAD, ETC.:	N/A.
<b>SECCIÓN VIII: CONTROLES A LA EXPOSICIÓN Y EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
CONDICIONES DE VENTILACIÓN:	Mantener en un lugar con buena ventilación, cubierto de la lluvia y otros factores ambientales.
EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA:	No es necesario ningún equipo de protección respiratoria bajo las condiciones normales de uso.
EQUIPO DE PROTECCIÓN OCULAR:	No es necesario ningún equipo de protección ocular bajo las condiciones normales de uso, sin embargo, se recomienda evitar el uso de lentes de contacto ya que pueden absorber sustancias irritantes.

EQUIPO DE PROTECCIÓN DÉRMICA:	No es necesario ningún equipo de protección dérmica bajo las condiciones normales de uso.		
OTROS:	N/A.		
DATOS EXPOSICIÓN (TLV, PEL, STEL):	N/A.		
<b>SECCIÓN IX: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>			
COLOR, OLOR Y APARIENCIA:	Líquido incoloro	SOLUBILIDAD EN AGUA:	Miscible en agua
GRAVEDAD ESPECÍFICA:	1	SOLUBILIDAD EN OTROS DISOLVENTES:	Miscible en alcohol.
DENSIDAD:	1,002 g/mL	VISCOSIDAD:	1,0 cP
pH:	4,86	ÍNDICE REFRACCIÓN:	No hay información.
PUNTO DE EBULLICIÓN:	Sobre 88 °C	PUNTO DE FUSIÓN:	N/A.
<b>SECCIÓN X: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>			
ESTABILIDAD:	Normalmente estable.		
INCOMPATIBILIDAD:	Evite el contacto con oxidantes fuertes		
RIESGOS DE POLIMERIZACIÓN:	No polimeriza.		
PRODUCTO DE DESCOMPOSICIÓN:	Podría formar dióxido de carbono		
<b>SECCIÓN XI: INFORMACIÓN SOBRE TOXICOLOGÍA</b>			
DOSIS LETAL MEDIA ORAL (DL <sub>50</sub> ) en ratas:	Sustancia clasificada como no tóxica		
DOSIS LETAL MEDIA DÉRMICA (DL <sub>50</sub> ) en cerdos de guinea:	N/A.		
CONCENTRACIÓN LETAL MEDIA INHALACIÓN (CL <sub>50</sub> ) en ratas:	No aplica.		

<b>SECCIÓN XII: INFORMACIÓN DE LOS EFECTOS SOBRE LA ECOLOGÍA</b>
Es biodegradable y no produce efectos adversos contra la ecología
<b>SECCIÓN XIII: CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICIÓN FINAL DEL PRODUCTO</b>
Deben observarse métodos de eliminación y disposición aprobados por las autoridades nacionales y locales. En Costa Rica la descarga, eliminación o tratamiento puede ser regulada por el decreto 27001-MINAE
<b>SECCIÓN XIV: INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE</b>
<p><b>US DOT:</b></p> <p>Número UN: No aplica Clase: N/A Grupo de envase: III</p> <p>Nombre para envío: Limpiador de Pizarra</p> <p>Cantidad reportable: -</p> <p>Contaminante marino: No</p> <p>Riesgo de envenenamiento por inhalación: NO</p> <p><b>IMDG</b></p> <p>Número UN: No aplica Clase: 9 Grupo de envase: III</p> <p>Nombre para envío: Limpiador de pizarra</p> <p><b>IATA/ICAO:</b></p> <p>Número UN: No aplica Clase: 9 Grupo de envase: III</p> <p>Nombre para envío: Limpiador de Pizarra.</p>
<b>SECCIÓN XV: INFORMACIÓN REGULATORIA</b>
Transportar en vehículos ventilados y sin exponer a temperaturas extremas. Mantenerlo en su empaque original. Según decreto N° 28113-s de la Gaceta N° 194 de 1999, clasifica como Clases 9. Líquido misceláneo
<b>SECCIÓN XVI: OTRA INFORMACIÓN</b>



## 9.2 Etiqueta de Limpiador de Pizarra Blanca

**Limpiador de pizarras**  
**Contenido Neto: 250 mL**

**Ingredientes:**  
Surfactantes (1-9)%, Etanol (1-9)%,  
Glicerina (1-5)%, Agua.

**Beneficios:**  
Elimina residuos de marcadores  
en pizarras blancas sin dañar la superficie.  
Libre de olor.

**Instrucciones de uso:**  
Agite antes de usar y aplique con una toalla.  
Se sugiere: posterior a su aplicación pasar  
una toalla húmeda para eliminar residuos del  
limpiador que queden sobre la superficie.

**HECHO EN COSTA RICA**  
**Elaborado por:**  
**Laboratorios SIWO', CIPRONA, UCR**

**Precauciones:**  
**NO DEJE AL ALCANCE DE LOS NIÑOS.**

**Riesgos**  
**Por inhalación:** puede causar una leve irritación  
de las fosas nasales por inhalación directa  
prolongada. **Por ingestión:** Puede causar irritación  
estomacal. **Por contacto con los ojos:** puede provocar  
irritación. **Por contacto con la piel:** el contacto  
prolongado o repetitivo puede causar una leve irritación.

**En caso de emergencia**  
**Por inhalación:** mueva a la persona a un lugar  
fresco. Busque atención médica si es necesario.  
**Por ingestión:** No induzca el vómito. Tome bastante  
agua. Si se presenta algún síntoma busque  
atención médica. **Por contacto ocular:** lavar con  
grandes cantidades de agua y con párpados abiertos  
ocasionalmente. Busque atención médica si es  
necesario. **Por contacto dérmico:** enjuague el área de  
contacto con abundante agua. Busque atención  
médica si es necesario.

**En caso de intoxicación consulte a su médico  
y aporte esta etiqueta.**

 **Teléfono de Centro Nacional de  
Intoxicaciones: 2223-1028**


**REG:**  
**Lote:**  
**Caducidad:**  
3 años a partir de la fecha de empaque.  
**Fecha de empaque:**



# LIMPIADOR DE PIZARRAS







**CIPRONA**

**Contenido Neto:**  
**250 mL**

### 9.3 Etiqueta de jabón líquido para manos

**Jabón líquido para manos**  
Contenido neto: 500 mL

**Ingredientes:**  
Alquilpoliglucósido (1-15)%, Cocoamidopropilbetaína (1-9)%, Glicerina (1-5)%, Ácido Cítrico (0.05-0.9)%, Benzoato de Sodio (0.5-1)%, Goma Xantana (0.5-1)%

**Beneficios:**  
Es un jabón líquido diseñado especialmente para ser amigable con el medio ambiente y no ser agresivos con la piel. Posee tensoactivos efectivos para la limpieza de las manos, biodegradables y de origen natural a la vez que proporcionan una sensación de limpieza. No contiene alcohol.

**Instrucciones de uso:**  
Humedezca las manos, enjabone durante unos 20 segundos y enjuague con abundante agua.

**HECHO EN COSTA RICA**  
Elaborado por:  
**Laboratorios SIWÓ, CIPRONA, UCR.**

**Precauciones:**  
NO DEJE AL ALCANCE DE LOS NIÑOS.  
NO INGERIR, DISCONTINÚE SU USO EN CASO DE OBSERVAR IRRITACIÓN CON LA PIEL


**Riesgos:**  
**Por ingestión:** puede causar irritación estomacal. **\*Por contacto con los ojos:** puede provocar fuerte irritación. **\*Por contacto con la piel:** puede causar irritación a pieles extremadamente sensibles.

**En caso de emergencia:**  
**Por ingestión:** no induzca el vomito, tome bastante agua. **Por contacto ocular:** enjuague con bastante agua y con los párpados abiertos ocasionalmente.


En caso de intoxicación consulte a su médico y aporte esta etiqueta.


Teléfono del Centro Nacional de Intoxicaciones: 2223-1028

REG:  
Lote:  
Caducidad:  
1 año a partir de la fecha de empaque.  
Fecha de empaque:




JABÓN LÍQUIDO  
PARA MANOS





CIPRONA



Contenido Neto:  
500 mL



## 9.4 Hoja de especificaciones de producto terminado extendidas por el fabricante

### Hoja de especificaciones de producto terminado

**Nombre comercial:** Jabón líquido para manos.

**Marca:** Laboratorios SIWÖ.

**Descripción:** Es un jabón líquido que contribuye a la prevención de infecciones y no maltrata la piel, a la vez que es un jabón amigable con el medio ambiente.

**Apariencia:** líquido con leve viscosidad, translucido incoloro, de olor característico al alquilpoliglucósido que lo compone.

**Solubilidad:** Es soluble en agua.

**Composición química:** Tensoactivo alquilpoliglucósido, tensoactivo Cocoamidopropil Betaína, glicerina, benzoato de sodio, ácido cítrico, goma xantana. Este producto no contiene alcohol ni sustancias restringidas.

**Propiedades físicas:**

pH:  $5.65 \pm 0.1$

densidad: 1,012 g/mL

**Pruebas microbiológicas:**

Recuento Total de Mesófilos aerobios.

Recuento Total de Mohos y levaduras.

Staphylococcus aureus.

Escherichia coli.

Pseudomonas aeruginosa.

**Vida útil:** 1 año

**Estabilidad:** Para asegurar la estabilidad del producto no adicione agua ni otras sustancias. Mantenga en cuenta protocolos de limpieza y desinfección.

**Presentación:** botella color blanca de polipropileno de 500 mL con etiqueta correspondiente. Accesorio de bomba dispensadora.

**Almacenamiento:** Mantenga este producto en lugares frescos a temperaturas menores de los 40 °C, manténgalo cerrado, protegido de la luz y lejos del alcance de los niños.

**Instrucciones de uso:** Humedezca las manos, enjabone y restriegue por unos 20 segundos, enjuague con abundante agua.

**Número de Registro.**

### 9.5 Hoja de seguridad de jabón líquido para manos

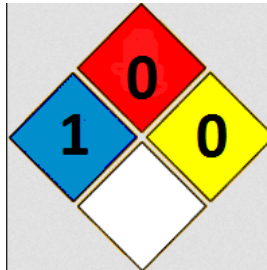
<b>HOJA DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIAL (MSDS)</b>		FECHA EMISIÓN, REVISIÓN MSDS:		Noviembre 2016
<b>SECCIÓN I: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DEL FABRICANTE</b>				
NOMBRE COMERCIAL:		Jabón líquido para manos.		
TIPO DE PRODUCTO:		Jabón líquido para manos.		
MARCA:		Laboratorios Siwó		
NOMBRE FABRICANTE		COMPañÍA	Universidad de Costa Rica (Siwó-CIPRONA)	PAÍS: Costa Rica
DIRECCIÓN FABRICANTE:		DEL San Pedro, San José		
N° DE TELÉFONO:		25112270	N° DE FAX:	-
TELÉFONOS DE EMERGENCIA:		911	CENTRO NACIONAL INTOXICACIONES:	2223-1028
<b>SECCIÓN II: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES PELIGROSOS</b>				
NOMBRE DEL COMPONENTE PELIGROSO		%w/w	CAS No.	
TensoactivoAlquilpoliglucósido		1-15	68515-73-1	
TensoactivoBetaína de coco		1-9	61789-40-0	
Glicerina		1-5	56-81-5	
Benzoato de Sodio		0.5-1	532-32-1	
Ácido cítrico		0.05-0.9	77-92-9	
Goma xantana		0.1-1	11138-66-2	
<b>NA:</b> No Aplica; <b>NE:</b> No Especificado; <b>%w/w:</b> %Peso/Peso.				
<b>SECCIÓN III: IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS Y EFECTOS POR EXPOSICIÓN</b>				
<b>EFECTO POR:</b>		<b>DETALLE:</b>		
INHALACIÓN:		Puede causar irritación de las fosas nasales por inhalación directa prolongada.		

INGESTIÓN:	Puede causar irritación estomacal.		
CONTACTO CON LOS OJOS:	Puede causar irritación ocular o una lesión si se expone de forma prolongada.		
CONTACTO CON LA PIEL:	No ocurren efectos en la mayoría de las pieles.		
CARCINOGENICIDAD:	No se encontró información sobre efectos carcinógenos de los componentes directos de este jabón.		
MUTAGENICIDAD:	N/A.		
TERATOGENICIDAD:	N/A.		
NEUROTOXICIDAD:	N/A.		
SISTEMA REPRODUCTOR:	N/A.		
OTROS:	N/A.		
ÓRGANO BLANCO:	N/A.		
<b>SECCIÓN IV: PRIMEROS AUXILIOS</b>			
CONTACTO OCULAR:	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos con los párpados abiertos ocasionalmente. Busque atención de un oftalmólogo si es necesario.		
CONTACTO DÉRMICO:	No requiere, pero el contacto continuo y sin enjuagar podría irritar la piel sensible, así que lave con abundante agua hasta retirar todo el jabón.		
INHALACIÓN:	Respirar aire fresco.		
INGESTIÓN:	No inducir el vómito, tome bastante agua, aproximadamente unos 200 mililitros, si se presenta algún síntoma busque atención médica.		
ANTÍDOTO RECOMENDADO:	N/A.		
INFORMACIÓN PARA EL MÉDICO:	N/A.		
<b>SECCIÓN V: MEDIDAS CONTRA EL FUEGO</b>			
PUNTO DE INFLAMABILIDAD (°C):	N/A.		
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD LIS:	N/A.	LÍMITES DE INFLAMABILIDAD LII:	N/A

AGENTES EXTINTORES:	Usar polvo químico seco, dióxido de carbono, agua pulverizada y espuma en fuegos pequeños.
EQUIPO PROTECCIÓN COMBATIR FUEGO:	Utilice aparato de respiración autónoma y una pieza completa para la cara operada con demanda de presión u otro modo de presión positiva.
PRODUCTOS PELIGROSOS COMBUSTIÓN:	Vapores nocivos, óxidos de carbono, humo y niebla. No Aplica
OTROS:	No Aplica
<b>SECCIÓN VI: MEDIDAS EN CASO DE DERRAME O FUGA</b>	
<b>Derrames y fugas:</b> Derrame pequeño: absorba el líquido con harapos, vermiculita u otro material absorbente y transfiera a la campana. Derrame grande: Evitar que el producto llegue al alcantarillado, esparcir material absorbente como arena desde la periferia hacia el centro y esperar unos minutos para que el derrame sea absorbido. Recoja el material impregnado con pala y colóquelo en bolsas debidamente identificadas.	
<b>SECCIÓN VII: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO</b>	
TEMPERATURA ALMACENAMIENTO:	Almacenar a temperatura ambiente. Menor a los 40 °C
CONDICIONES ALMACENAMIENTO:	Almacenar el producto en contenedores cerrados, en un área seca y alejada de fuentes de calor y llama abierta.
MANIPULACIÓN RECIPIENTES:	N/A.
EFFECTOS EXPOSICIÓN A LA LUZ SOLAR, CALOR, ATMÓSFERAS, HUMEDAD, ETC.:	Proteger exposición de temperaturas mayores a los 40 °C.
<b>SECCIÓN VIII: CONTROLES A LA EXPOSICIÓN Y EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
CONDICIONES DE VENTILACIÓN:	Mantener en un lugar con buena ventilación, cubierto de la lluvia y otros factores ambientales.
EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA:	No es necesario ningún equipo de protección respiratoria bajo las condiciones normales de uso.
EQUIPO DE PROTECCIÓN OCULAR:	No es necesario ningún equipo de protección ocular bajo las condiciones normales de uso, sin embargo, se recomienda evitar el uso de lentes de contacto ya que pueden absorber sustancias irritantes.

EQUIPO DE PROTECCIÓN DÉRMICA:	No es necesario ningún equipo de protección dérmica bajo las condiciones normales de uso.		
OTROS:	N/A.		
DATOS EXPOSICIÓN (TLV, PEL, STEL):	N/A.		
<b>SECCIÓN IX: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>			
COLOR, OLOR Y APARIENCIA:	Líquido incoloro con leve olor al alquilpoliglucósido que le compone.	SOLUBILIDAD EN AGUA:	Miscible en agua
GRAVEDAD ESPECÍFICA:	1	SOLUBILIDAD EN OTROS DISOLVENTES:	Miscible en alcohol.
DENSIDAD:	1,012 g/mL	VISCOSIDAD:	1,0 cP
pH:	5.65 ± 0.1	ÍNDICE REFRACCIÓN:	No hay información.
PUNTO DE EBULLICIÓN:	Sobre 100 °C	PUNTO DE FUSIÓN:	N/A.
<b>SECCIÓN X: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>			
ESTABILIDAD:	Normalmente estable si se mantienen las indicaciones mencionadas en el documento.		
INCOMPATIBILIDAD:	Evite el contacto con oxidantes fuertes, químicos reactivos, ácidos y bases muy fuertes.		
RIESGOS DE POLIMERIZACIÓN:	No polimeriza.		
PRODUCTO DE DESCOMPOSICIÓN:	No se tiene información de productos peligrosos de descomposición siempre que se mantengan las indicaciones antes mencionadas.		
<b>SECCIÓN XI: INFORMACIÓN SOBRE TOXICOLOGÍA</b>			
DOSIS LETAL MEDIA ORAL (DL <sub>50</sub> ) en ratas:	Sustancia clasificada como no tóxica		
DOSIS LETAL MEDIA DÉRMICA (DL <sub>50</sub> ) en cerdos de guinea:	N/A.		

CONCENTRACIÓN LETAL MEDIA INHALACIÓN (CL <sub>50</sub> ) en ratas:	N/A.
<b>SECCIÓN XII: INFORMACIÓN DE LOS EFECTOS SOBRE LA ECOLOGÍA</b>	
Es biodegradable pero puede ser tóxico para peces y plantas acuáticas.	
<b>SECCIÓN XIII: CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICIÓN FINAL DEL PRODUCTO</b>	
Deben observarse métodos de eliminación y disposición aprobados por las autoridades nacionales y locales. En Costa Rica la descarga, eliminación o tratamiento puede ser regulada por el decreto 27001-MINAE	
<b>SECCIÓN XIV: INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE</b>	
<p><b>US DOT:</b></p> <p>Número UN: N/A Clase: N/A para productos cosméticos Grupo de envase: III</p> <p>Nombre para envío: Jabón líquido para manos.</p> <p>Cantidad reportable: -</p> <p>Contaminante marino: No</p> <p>Riesgo de envenenamiento por inhalación: NO</p> <p><b>IMDG:</b></p> <p>Número UN: No aplica Clase: N/A Grupo de envase: III</p> <p>Nombre para envío: Jabón líquido para manos.</p> <p><b>IATA/ICAO:</b></p> <p>Número UN: No aplica Clase: N/A Grupo de envase: III</p> <p>Nombre para envío: Jabón líquido para manos.</p>	
<b>SECCIÓN XV: INFORMACIÓN REGULATORIA</b>	
Transportar en vehículos ventilados y sin exponer a temperaturas extremas. Mantenerlo en su empaque original. Según decreto N° 28113-s de la Gaceta N° 194 de 1999, clasifica como Clases 9. Líquido misceláneo	

**SECCIÓN XVI: OTRA INFORMACIÓN**



## **9.6 Manual de pruebas de Control de Calidad para la materia prima y producto terminado de la línea de productos de limpieza Siwõ.**

### **Muestreo**

Debe haber un encargado de supervisar el producto que se recibe. Cada muestra debe tener fecha de muestreo, nombre de muestreador, número de sacos muestreados, identificación del lote, masa estimada de muestreo y observaciones necesarias.

El recipiente o contenedor de las muestras de ensayo deben evitar la acumulación de humedad.

El muestreo debe ser efectuado de tal forma que los instrumentos utilizados estén debidamente limpios, secos y sin contaminación.

#### **Materia prima sólida:**

En caso de materia prima que provenga de sacos, se debe obtener una muestra a la que se llamará muestra elemental. Las muestras elementales, deben provenir de tres diferentes partes del saco: la parte inferior, la media y la parte superior.

La muestra elemental que corresponde al ácido cítrico será una punta de espátula, al igual que con metilparabeno y propilparabeno. En el caso de la cera carnauba será 2,5 g por sección del saco aproximadamente o bien 7,5 g del saco (si para el ensayo no se filtra, en caso de que se filtre que sean 15 g).

Al juntar las muestras elementales y mezclarlas perfectamente se tendrá una muestra globalde cada materia prima que llega en sacos. Ésta se rotula y posteriormente se divide para tener 2 muestras de ensayo, una se debe analizar prontamente y la otra quedará sellada durante un tiempo no mayor a 30 días para efectos de dudas y análisis complementarios. Después de este tiempo las muestras serán eliminadas.

En cera de abeja: Debe tomarse un pedazo de la primera lámina, de la lámina de en medio y de la última lámina. Debe tomarse de una esquina, de la esquina opuesta y un pedazo de

en medio. Se debe sacar 2,5 g de cada lámina que provenga de las 3 secciones diferentes ya mencionadas. El conjunto de muestras elementales deben ser mezcladas para formar una muestra global que será dividida en muestra de ensayo y muestra de referencia.

**Para muestreo de líquidos:**

Agitar el envase para obtener una mezcla homogénea y representativa de la población. Posteriormente recolectar lo necesario para una muestra de ensayo y una muestra de almacenamiento.

Para ácido acético recolecte como muestra global entre 13 y 15 mL. Para tween recolecte 150 mL. Para aceite esencial citronela recolecte 4 mL.

### **Control de calidad de materias primas**

***Tween 80: Medida de densidad:***

Equipo necesario: 3 balones aforados 25 ml, balanza analítica.

- Utilice 3 balones aforado de 25 ml, mida su peso limpio y seco a temperatura ambiente.
- Afore cada uno de los balones con Tween 80 despacio pues es muy viscoso, para que:
  - a) mientras llena el balón no se forme una burbuja de aire que impida llenarlo y el líquido se derrame.
  - b) el líquido tenga la menor cantidad de burbujas de aire posible para que no altere la medida de densidad.
- Mida el peso de cada uno de los balones nuevamente esta vez con el Tween 80 y haga los cálculos respectivos para obtener la densidad con el volumen de cada balón.
- Promedie la densidad de estos 3 experimentos y regístrela.
- La densidad teórica del Tween 80 es: Densidad 1.06-1.09 g/ml.

***Etanol 95: Grados alcohólicos:***

- En una probeta de 100 mL, llene ésta con etanol e introduzca el alcoholímetro de modo que no derrame el líquido y mida los grados alcohólicos. Si el alcoholímetro es de grados proof haga la conversión a grados alcohólicos dividiendo la cifra obtenida por dos.
- Los grados medidos deben ser 95 grados o 190 grados proof. Anote el resultado.

***Aceite Esencial citronela: Cromatografía de gases:*** En un vial verter un pequeño volumen de aceite esencial (aproximadamente 3 mL serán suficientes). Coordinar con Doña Lorena una cita para hacer la cromatografía que tomará unos 40 minutos aproximadamente. Use el método cromatográfico que quedó establecido de aceites esenciales HD.

El aceite esencial debe tener dos principales y amplios picos que son limoneno y citronelal, además tendrá otros compuestos aromáticos como citral, linalool, entre otros. No debe encontrar dioles como butilenglicol y propilenglicol.

***Ácido cítrico: Cromatografía de gases:*** Tomar una punta de espátula en un pequeño vial y diluir completamente la muestra en etanol, coordinar con Doña Lorena una cita para hacer la cromatografía que tomará unos 15 minutos aproximadamente. Use el método cromatográfico con el mismo nombre del compuesto.

***Metilparabeno y Propilparabeno: Cromatografía de gases:*** Utilice el método cromatográfico bajo el nombre parabenos, le tomará unos 20 minutos cada uno. Diluya una punta de espátula del polvo blanco en etanol, vuelva a cerrar la materia prima y póngala en un lugar oscuro.

***Ácido Acético Glacial: Titulación:***

Equipo necesario: Pipeta de 10 ml, 3 Erlenmeyer de 250 ml, pera, bureta de 25 ml, gotero, espátula, reactivo NaOH, fenoftaleína, agua destilada.

- 1) Haga una dilución de ácido acético glacial (densidad 1,05 g/mL) que desea valorar: 4,29mL de disolución madre en balón aforado de 150mL, de modo que la disolución quede 0,5 mol/L.

- 2) En un Erlenmeyer de 250 mL ponga una alícuota de 10 ml de ácido acético glacial (con una pipeta de 10 mL), al cual desea saber su composición. Agregue 25 mL de agua destilada y 3 gotas de fenoftaleína.
- 3) Haga una disolución de NaOH 0.5 mol/L con agua destilada en un balón aforado de 250 mL: Ponga 4 g de NaOH en 30 mL de agua destilada y en agitación para que se disuelva, posteriormente pase la disolución a un balón aforado de 250 mL haciendo una transferencia cuantitativa, diluya la disolución hasta aforar con agua destilada.
- 4) Estandarice la disolución de NaOH 0,5 mol/L ya que es un reactivo comercial con un reactivo primario, por ejemplo, ftalato ácido de potasio (204,22 g/mol).
- 5) Titule con la disolución estandarizada de NaOH 0,5 mol/L que hizo en el punto 3 en la bureta. Controle gota a gota el volumen en la bureta, hasta que la disolución de ácido acético en el Erlenmeyer del punto 2, cambie a color rosado pálido muy claro.
- 6) La concentración real que obtendrá en el Erlenmeyer se calcula con la ecuación:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$C_{ACOOH} \times V_{ACOOH} = C_{NaOH} \times V_{NaOH}$$

Donde:

$V_{ACOOH}$  = el volumen del ácido acético, que se mencionó es una alícuota de 10 mL.

$C_{ACOOH}$  = Concentración en unidades de normalidad, el resultado que se quiere conocer.

$C_{NaOH}$  = Concentración real, valor que se conoce una vez estandarizada la disolución de NaOH.

$V_{NaOH}$  = Volumen de NaOH gastado en la bureta tras la titulación.

- 7) Repita la titulación 3 veces y reporte el promedio de los resultados obtenidos.

### **Cera carnauba: Punto de Fusión:**

Equipo: equipo de Fisher –Johns

- 8) Ponga una pequeña cantidad de cera en un coverslip y ponga otro coverslip sobre la muestra. Observe desde la primera formación de la gota hasta que esta se encuentre completamente fundida y anote el intervalo.
- 9) El punto de fusión puro de la cera carnauba debe ser 82-86 °C.

***Cera de carnauba: índice de saponificación:***

Equipo necesario: Erlenmeyer de 250 mL, plantilla, condensador de reflujo, KOH, etanol, agua destilada, fenolftaleína, bureta de 50 mL, HCl, 2 balones aforado de 250mL que corresponderán las disoluciones de NaOH y HCl, Filtros, embudo.

- Funda alrededor de 5 g de cera de modo que quede líquida y pásela por un filtro para evitar impurezas.
- En un erlenmeyer de 250 mL limpio, seco y tarado coloque aproximadamente 2 o 3 g de muestra, escriba esta cantidad de masa exacta pues servirá para el cálculo posterior (la cantidad líquida que se haya obtenido de la filtración).
- Agregue 25 ml de potasa alcohólica 0,5 mol/L (7,01 g de KOH en 40 mL de agua destilada luego complete a 250 mL con alcohol etílico en balón aforado, haga esta disolución el mismo día que va a hacer la prueba de saponificación. Manténgala bien cerrada).
- Cierre el matraz y arregle sobre él un condensador de reflujo para hervir durante 1 aproximadamente hasta que la saponificación sea completa. Agite la disolución con pastilla magnética. Asegúrese que el matraz quedó bien cerrada para que no se evapore el KOH alcohólico.
- Después del tiempo dado agregue 1 mL de fenolftaleína como indicador al Erlenmeyer.
- Inicie su valoración en caliente con HCl 0,5 mol/L previamente estandarizado.
- Anote el gasto de HCl 0,5 mol/L
- Realice paralelamente un ensayo en blanco con los mismos reactivos pero sin la cera (materia grasa)
- Anote el gasto de HCl 0,5 mol/L del ensayo en blanco para el cálculo posterior (25 mL de potasa alcohólica 0.5 mol/L y valore con HCl). Observe la metodología del cálculo para tener el índice de saponificación experimental.
- Índice de saponificación teórico cera carnauba: 78-88 mg KOH/g.
- Repita el procedimiento pues debe tener dos resultados y reportar el promedio de ambos.

***Cera de abeja: Punto de Fusión:***

Equipo: equipo de Fisher –Johns

- Ponga una pequeña cantidad de cera en un coverslip y ponga otro coverslip sobre la muestra. Observe desde la primera formación de la gota hasta que esta se encuentre completamente fundida y anote el intervalo.
- El punto de fusión puro de la cera de abeja debe ser (62 y 65) °C.

***Cera de abeja: Índice de saponificación:***

Equipo necesario: Erlenmeyer de 250 mL, plantilla, condensador de reflujo, KOH, etanol, agua destilada, fenolftaleína, bureta de 50 mL, HCl, 2 balones aforados de 250mL que corresponderán las disoluciones de NaOH y HCl, Filtros, embudo.

- Funda alrededor de 5 g de cera de modo que quede líquida y pásela por un filtro para evitar impurezas.
- En un erlenmeyer de 250 mL limpio, seco y tarado coloque aproximadamente 2 o 3 g de muestra, escriba esta cantidad de masa exacta pues servirá para el cálculo posterior (la cantidad líquida que se haya obtenido de la filtración).
- Agregue 25 ml de potasa alcohólica 0,5 mol/L (7.01 g de KOH en 50 ml de agua destilada y complete a 250 ml con alcohol etílico). Mantenga bien cerrada la disolución.
- Cierre el matraz y arregle sobre él un condensador de reflujo para hervir durante 1 hora aproximadamente hasta que la saponificación sea completa. Use una pastilla magnética para mantener la disolución en constante agitación. Asegúrese que el matraz quedó bien cerrada para que no se evapore el KOH alcohólico.
- Después del tiempo dado agregue 1 mL de fenolftaleína como indicador al Erlenmeyer.
- Inicie su valoración en caliente con HCL 0,5 mol/L previamente estandarizado.
- Anote el gasto de HCl 0,5 mol/L
- Realice paralelamente un ensayo en blanco con los mismos reactivos pero sin cera. (25 mL de potasa alcohólica 0.5 mol/L y valore con HCl).

- Anote el gasto de HCl 0,5 mol/L del ensayo en blanco para el cálculo posterior. (25 mL de potasa alcohólica 0.5 mol/L y valore con HCl). Observe la metodología del cálculo para tener el índice de saponificación experimental.
- El índice teórico para la cera de abejas es entre (87 y 104) mg KOH/g.
- Repita el procedimiento pues debe tener dos resultados y reportar el promedio de ambos.

### **Pruebas de control de calidad de productos terminados**

Los controles de calidad se definen según características físicas y físico-químicas propias de cada producto, estos controles son:

1. Desinfectante: prueba de densidad y verificación de acidez: La densidad debe estar entre 0,98 y 1.00 g/mL y su pH entre 2,8 y 3,1.
2. Limpiador de vidrios: verificación de pH: debe estar entre 2,6 y 2,8. Su densidad debe estar entre 0,995 y 1,020.
3. Cera para pisos: prueba de densidad: debe estar entre 0.98-1 g/mL.
4. Limpiador de pizarra blanca: prueba de densidad: su valor debe estar entre 0,997 y 1,021 g/mL y su pH debe estar entre 5,65 y 5,75.
5. Jabón líquido para manos: revisión de pH entre 5,65 y 5,75 antes de envasar y prueba de densidad, que su valor debe estar entre 1,01 y 1,037 g/mL

### **Estandarización de soluciones Patrón**

#### ***Estandarización de NaOH 0,5 N:***

- Haga una disolución de NaOH de 4 g en 250 mL de agua destilada en un balón aforado. Esta disolución le servirá para 3 valoraciones de estandarización de NaOH.
- Pesar exactamente (en la balanza analítica) 0,4 g de ftalato ácido de potasio (KHP) sobre un vaso de precipitado de 25 ml.
- Pasar la cantidad pesada a un erlenmeyer de 250 mL y disolver con unos 25 mL de agua destilada.

- Lavar con agua destilada el vaso de precipitado y añadir al Erlenmeyer (transferencia cuantitativa).
- Añadir 2 ó 3 gotas de disolución de fenolftaleína.
- Valorar con la disolución de NaOH 0,5 mol/L lentamente y con agitación, hasta que la disolución adquiera una tonalidad rosa pálido claro pero que sea persistente.
- Anote el volumen de NaOH de la bureta cuando eso suceda.
- Repita la valoración 3 veces.

Nota: Use una bureta con un volumen no mayor de 25 mL pues el volumen de NaOH 0.5 mol/L que gastará es pequeño, o bien, puede utilizar una mayor cantidad de ftalato ácido de potasio.

***Estandarización de HCl 0,5 mol/L:***

- Para la disolución HCl 0,5 mol/L debe diluir 6,24 mL de HCl reactivo ACS que es un 37% de concentración, densidad 1,190 g/mL y aforar en un balón de 250 mL.
- Una alícuota de 10 ml de disolución de HCl 0.5 mol/L en Erlenmeyer agregue 25 ml de agua, 3 gotas de fenolftaleína y valore con disolución de NaOH 0,5 mol/L estandarizada anteriormente.
- Valore 3 veces y anote la concentración obtenida.

\*Haga disoluciones que sirvan para una sola prueba, ya sea sólo para índice de saponificación de una cera o sólo para titulación de ácido acético. Pues si usa las mismas disoluciones, con los mismos volúmenes asignados en los párrafos anteriores para todas las pruebas a la vez o una combinación de algunas de ellas, es posible que no sea suficiente cantidad. Además, en ocasiones no llegan materias primas nuevas a la misma vez, de modo, que las pruebas no necesariamente se realizarán en la misma semana.



## Metodología del cálculo

### 1. Índice de saponificación:

$$i = \frac{56,1 \times (V_b - V_m) \times N}{m}$$

Dónde:

m= masa de la muestra (g);

V<sub>b</sub>= volumen de ácido clorhídrico de la valoración realizada con la prueba en blanco.

V<sub>m</sub>= volumen de ácido clorhídrico de la valoración realizada con la prueba con muestra.

56.1= representa la masa molecular de KOH (g/mol);

N= normalidad de la disolución de HCl (N);

i= índice de saponificación (mg/g).

### 2. Disolución de HCl 37 % reactivo GAMMA ACS.

Densidad: 1,190 g/mL de disolución 37% reactivo.

Peso molecular del HCl: 36,5 g/mol

$$100 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mL}}{1.19 \text{ g}} = 84,0336 \text{ mL}$$

$$37\% = \frac{37 \text{ g}}{84,0336 \text{ mL}}$$

$$\frac{1 \text{ mol de HCl}}{36,5 \text{ g}} \times \frac{X \text{ mol}}{37 \text{ g}}$$

1.01 moles de HCl en 37 g.

Para obtener los mililitros necesarios en el volumen deseada:

$$\frac{0,5 \text{ moles}}{1 \text{ L}} = \frac{X \text{ moles}}{0,150 \text{ L}}$$

$$\frac{1,01 \text{ mol}}{84,0336 \text{ mL}} = \frac{X \text{ moles}}{Y \text{ mL}}$$

Ejemplo:

Concentración deseada 0,5 mol/L.

$$\frac{0,5 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = \frac{X \text{ mol}}{0,150 \text{ mL}}$$

X=0,075 moles

$$\frac{1,01 \text{ moles}}{84,033 \text{ mL}} = \frac{0,075 \text{ moles}}{Y \text{ mL}}$$

Y= 6, 24mL de disolución madre para disolver en balón aforado de 150 mL con agua destilada.

### 3. *Disolución ácido acético glacial.*

Densidad: 1,05 g/ mL.

$$100 \times \frac{1 \text{ mL}}{1,05 \text{ g}} = 95,238 \text{ mL}$$

$$\frac{1 \text{ mol ACOOH}}{60 \text{ g}} = \frac{X \text{ mol}}{99,8 \text{ g}}$$

X=1,664 moles en 99,8 g

$$\frac{0,5 \text{ moles}}{1 \text{ L}} = \frac{Y \text{ moles}}{0,150 \text{ L}}$$

Y=0,075 moles

$$\frac{1,664 \text{ moles}}{95,238 \text{ mL}} = \frac{0,075 \text{ moles}}{Z \text{ mL}}$$

Z= 4.29 mL.

### 4. **Cálculo para encontrar la concentración tras la titulación**

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} = C_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}}$$

Donde:

$V_{\text{HCl}}$  = el volumen del ácido clorhídrico, que se mencionó es una alícuota de 25mL.

$C_{\text{HCl}}$  = Concentración en unidades de normalidad, el resultado que se quiere conocer.

$C_{\text{NaOH}}$  = Concentración real, valor que se conoce una vez estandarizada la disolución de NaOH.

$V_{\text{NaOH}}$  = Volumen de NaOH gastado en la bureta tras la titulación.

## 9.7 Encuestas realizadas para pruebas de prototipos de nuevos productos

### Instrucciones de Uso

Use el limpiador de pizarras con spray a unos 15 cm de distancia de la pizarra y posteriormente elimine los residuos del limpiador con un paño mojado.

#### Preguntas:

Fecha:

Nombre del encuestado: *Alejandro Narajo.*

#### Preguntas del inicio:

¿Qué usa usted usualmente para limpiar la pizarra? *No, sólo agua xq suelen dañarle las manos.*

¿Le parece que con el limpiador de pizarras le ha quedado blanca y limpia? *Sí*

¿Le ha costado borrar alguna mancha? *No, rápido se quitó, me gusta que me la deja más blanquita que con el agua*

#### Preguntas a los 3 días de usar

¿Ha notado algún cambio en la superficie de la pizarra? *Más limpias*

Estos días la ha encontrado:

Igual de sucia       Más sucia       Menos sucia

¿Ha notado alguna diferencia con respecto al limpiador que usaba antes?

*Dañaban las manos, este no. El otro era muy seco éste es + fácil de limpiar xq queda + "suavito"*

¿Le parece una forma agradable de limpiar la pizarra o le parece que le toma mucho esfuerzo? *Normal*

#### Preguntas al último día de usar el limpiador de pizarra:

¿Seguiría usando el limpiador de pizarra? *Sí*

¿Le recomendaría a sus compañeros usarlo? *Sí*

Comparado con el limpiador de pizarra que usaba antes, ha notado que éste limpia:

Igual       Mejor       Peor

**Figura 34.** Encuesta sobre el prototipo de limpiador de pizarra blanca formulado a colaborador de limpieza de la Facultad de Ingeniería

### Instrucciones de Uso

Use el limpiador de pizarras con spray a unos 15 cm de distancia de la pizarra y posteriormente elimine los residuos del limpiador con un paño mojado.

#### Preguntas:

Fecha: 21-oct

Nombre del encuestado: Herron Pereira

#### Preguntas del inicio:

¿Qué usa usted usualmente para limpiar la pizarra?

Abrasive

¿Le parece que con el limpiador de pizarras le ha quedado blanca y limpia?

Le queda limpia

¿Le ha costado borrar alguna mancha?

No

#### Preguntas a los 3 días de usar

¿Ha notado algún cambio en la superficie de la pizarra?

No.

Estos días la ha encontrado:

Igual de sucia

Más sucia

Menos sucia

¿Ha notado alguna diferencia con respecto al limpiador que usaba antes? Podría de los bronquios, no puede usar químicos ni vapor. Este no le ha molestado.

¿Le parece una forma agradable de limpiar la pizarra o le parece que le toma mucho esfuerzo?

Normal

#### Preguntas al último día de usar el limpiador de pizarra:

¿Seguiría usando el limpiador de pizarra? Sí

¿Le recomendaría a sus compañeros usarlo? Sí

Comparado con el limpiador de pizarra que usaba antes, ha notado que éste limpia:

Igual

Mejor

Peor

**Figura 35.** Encuesta sobre el prototipo de limpiador de pizarra blanca formulado a colaborador de limpieza de la Facultad de Ingeniería

### Instrucciones de Uso

Use el limpiador de pizarras con spray a unos 15 cm de distancia de la pizarra y posteriormente elimine los residuos del limpiador con un paño mojado.

#### Preguntas:

Fecha: 19 - Oct - 2015

Nombre del encuestado: Jorge Guerrero

#### Preguntas del inicio:

¿Qué usa usted usualmente para limpiar la pizarra? Paño húmedo

¿Le parece que con el limpiador de pizarras le ha quedado blanca y limpia? Se ve que el producto funciona

¿Le ha costado borrar alguna mancha? Sí, pero es por que la pizarra está dañada.

#### Preguntas a los 3 días de usar

¿Ha notado algún cambio en la superficie de la pizarra? Remane + la suciedad + fácil

Estos días la ha encontrado:

Igual de sucia       Más sucia       Menos sucia

¿Ha notado alguna diferencia con respecto al limpiador que usaba antes?

Remane más fácil.

¿Le parece una forma agradable de limpiar la pizarra o le parece que le toma mucho esfuerzo? No. está bien

#### Preguntas al último día de usar el limpiador de pizarra:

¿Seguiría usando el limpiador de pizarra? Sí claro.

¿Le recomendaría a sus compañeros usarlo? Sí,

Comparado con el limpiador de pizarra que usaba antes, ha notado que éste limpia:

Igual       Mejor       Peor

Observación: No tiene olor entonces no perjudica. Es más suave y trabaja mejor

**Figura 36.** Encuesta sobre el prototipo de limpiador de pizarra blanca formulado a colaborador de limpieza de la Facultad de Ingeniería.

Use el limpiador de pizarras con spray a unos 15 cm de distancia de la pizarra y posteriormente elimine los residuos del limpiador con un paño mojado.

**Preguntas:**

Fecha: 9-Nov

Nombre del encuestado: Deilin Mora Brenes

**Preguntas del inicio:**

¿Qué usa usted usualmente para limpiar la pizarra? Alcohol

¿Le parece que con el limpiador de pizarras le ha quedado blanca y limpia? Sí

¿Le ha costado borrar alguna mancha? Nada fuera de lo común.

**Preguntas a los 3 días de usar**

¿Ha notado algún cambio en la superficie de la pizarra? No, normal

Estos días la ha encontrado:

Igual de sucia

Más sucia

Menos sucia

¿Ha notado alguna diferencia con respecto al limpiador que usaba antes? Parecido

¿Le parece una forma agradable de limpiar la pizarra o le parece que le toma mucho esfuerzo? Agradable pero esfuerzo que con alcohol.

**Preguntas al último día de usar el limpiador de pizarra:**

¿Seguiría usando el limpiador de pizarra? Don Deilin usa el alcohol lo prefiere por encima del limpiador, mientras lo sigan dejando el limpiador de vidrios le deja goma.

¿Le recomendaría a sus compañeros usarlo?

Sí pero que ellos se formen su propio criterio.

Comparado con el limpiador de pizarra que usaba antes, ha notado que éste limpia:

Igual

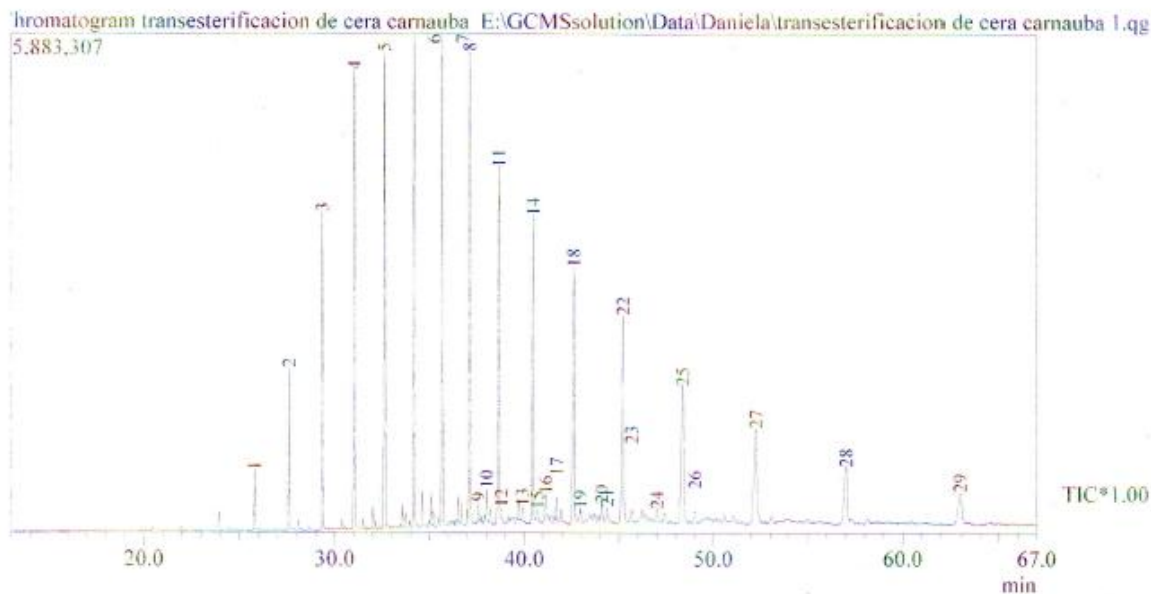
Mejor

Peor

**Figura 37.** Encuesta sobre el prototipo de limpiador de pizarra blanca formulado a colaborador de limpieza de la Escuela de Química.

## 9.8 Espectros de cromatografía de gases-masa realizada a la reacción de transesterificación de las ceras.

Analyzed by : Admin  
 Analyzed : 11/08/2016 12:55:30  
 Sample Name : transesterificacion de cera carnauba  
 Sample ID : transesterificacion de cera car



Peak Report TIC

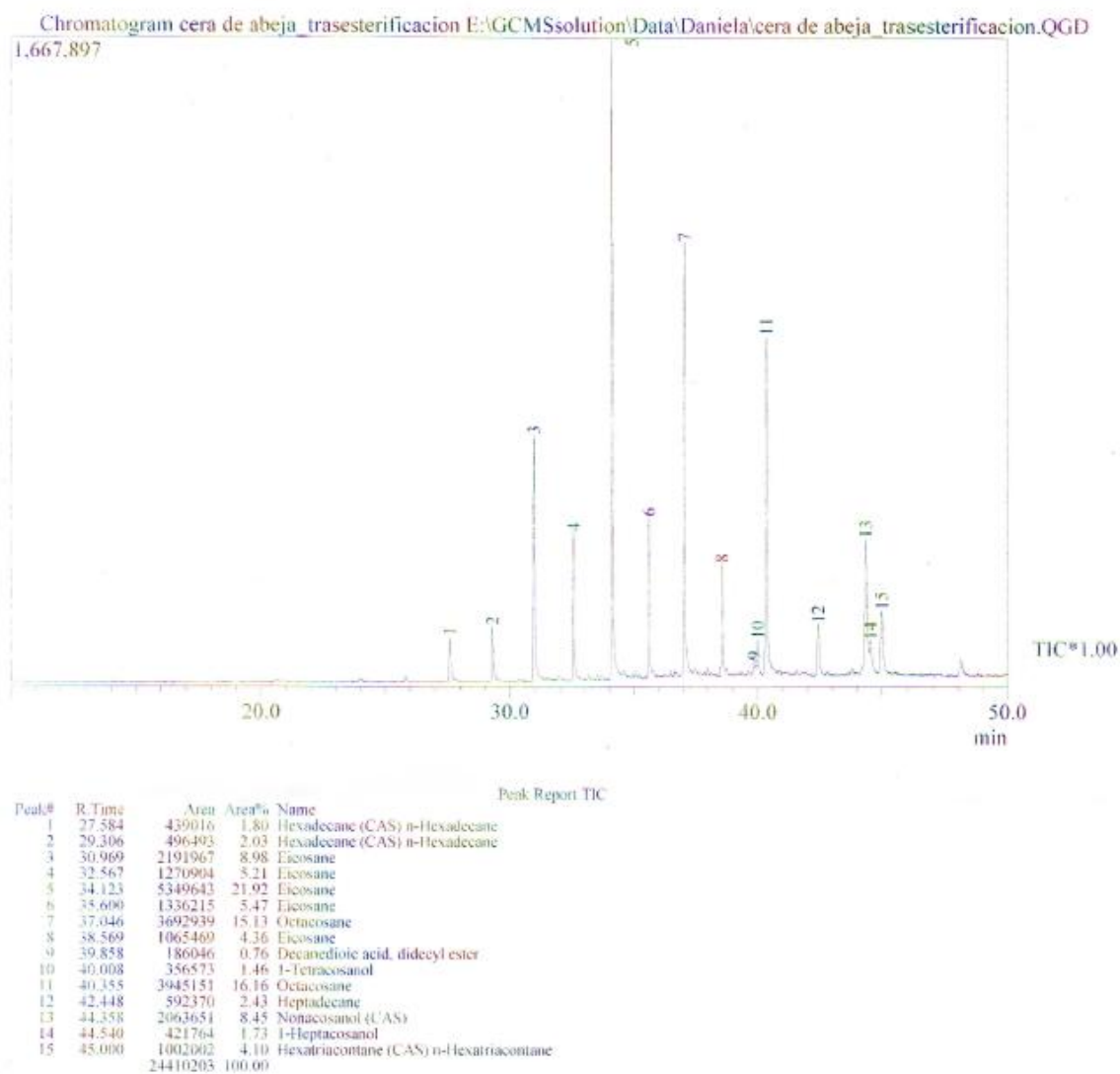
Peak#	R. Time	Area	Area%	Name
1	25.797	1922874	0.77	Eicosane
2	27.611	5209803	2.09	Heptadecane
3	29.365	11833155	4.75	Eicosane
4	31.052	19840485	7.97	Eicosane
5	32.656	20756771	8.34	Eicosane (CAS) n-Eicosane SS
6	34.208	23078517	9.27	Eicosane
7	35.701	21305906	8.56	Eicosane
8	37.141	20958858	8.42	Octacosane
9	37.587	1169043	0.47	Heptacosanoic acid, methyl ester
10	38.029	1752327	0.70	Nonadecane, 2-methyl-
11	38.687	18506983	7.43	Octacosane (CAS) n-Octacosane SS
12	38.825	702739	0.28	n-Heptadecylcyclohexane
13	39.916	612143	0.25	Eicosane
14	40.489	18597750	7.47	Hexatriacontane
15	40.711	770580	0.31	Cyclohexane, eicosyl- (CAS) 1-Cyclohexyleicosane
16	41.131	1156746	0.46	Heptacosanoic acid, methyl ester
17	41.705	1123933	0.45	Hexatriacontane (CAS) n-Hexatriacontane
18	42.634	17841930	7.17	Octacosane
19	42.958	958811	0.39	Cyclohexane, eicosyl-
20	44.093	968496	0.39	Hexatriacontane
21	44.395	1025445	0.41	1-Octanol, 2-butyl- (CAS) 2-Butyl-1-octanol S
22	45.225	17230830	6.92	Octacosane
23	45.687	1140588	0.46	Cyclohexane, eicosyl-
24	47.012	926617	0.37	Eicosane
25	48.381	14351447	5.77	Octacosane
26	49.019	961687	0.39	Cyclohexane, eicosyl-
27	52.269	11875045	4.77	Octacosane
28	57.040	7391727	2.97	Tetratetracontane
29	62.947	4949338	1.99	Tetratetracontane
		248919674	100.00	

**Figura 38.** Cromatografía de gases de la reacción de transesterificación realizada a la cera carnauba.



Sample Information

Analyzed by : Admin  
 Analyzed : 09/06/2016 15:29:32  
 Sample Name : cera de abeja\_trasesterificacion  
 Sample ID : prueba de adulteracion



**Figura 39.** Cromatografía de gases de la reacción de transesterificación realizada a la cera de abejas.

