

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

“DETERMINACION DE FORMALDEHIDO LIBRE EN TELAS DE  
ALGODÓN SOMETIDAS A LA APLICACION DE RESINAS A BASE DE  
FORMALDEHIDO-UREA”



Bárbara Rosario Cruz Cano

Para optar al título de

Químico

Guatemala, abril del 2000.

DL  
06  
T(2037)

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
QUIMICAS Y FARMACIA

DECANA: LICDA HADA MARIETA ALVARADO BETETA

SECRETARIO: LIC. OSCAR FEDERICO NAVE HERRERA

VOCAL I: Dr. OSCAR MANUEL COBAR PINTO

VOCAL II: Dr. RUBEN DARIEL VELASQUEZ MIRANDA

VOCAL III: LIC. RODRIGO HERRERA SAN JOSE

VOCALIV: Br. DAVID ESTUARDO DELGADO GONZALES

VOCAL V: Br. ESTUARDO SOLORZANO LEMUS

DEDICADO A:

DIOS infinita fuente de sabiduria.

A mis hijos Moris Cervantes Cruz

Andres Cruz Cano

A mi madre Licda. Consuelo Cano Valdez.

## AGRADEZCO A:

Departamento Análisis Inorganico, Departamento de Química Organica y Departamento de Fisicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia por facilitarme los recursos para desarrollar la investigación.

Lic. Adolfo León Gross  
Lic. Carlos Humberto Klee Mendóza  
Por su tiempo y sus múltiples consejos y apoyo.

Licda. Nohemi Orosco Godínez  
Licda. Diana Pinagel Cifuentes  
Licda. Flor de María Lara García  
Por su ayuda y apoyo incondicional.

Luis Enrique Sánchez Hernández  
Por su paciencia, apoyo, y ayuda incondicionales.

mi hermana Flor de María Cano  
mi madre Licda. Consuelo Cano Valdez  
Por su confianza, paciencia, y alentarme siempre a seguir adelante.

## INDICE

I.	RESUMEN	1
II.	INTRODUCCIÓN	3
III.	ANTECEDENTES	5
IV.	JUSTIFICACIÓN	21
V.	OBJETIVOS	22
VI.	HIPÓTESIS	23
VII.	MATERIALES Y METODOS	24
VIII.	RESULTADOS	30
IX.	DISCUSIÓN	34
X.	CONCLUSIONES	37
XI.	RECOMENDACIONES	38
XII.	REFERENCIAS	39
XIII.	ANEXOS	41

## I. RESUMEN.

Actualmente la industria textil algodonera con el fin de brindar telas de alta calidad y durables utilizan compuestos químicos en los acabados de las mismas. Uno de esos compuestos químicos son las resinas a base de urea-formaldehído, las cuales siempre dejan residuos de formaldehído en las telas comúnmente denominado formaldehído "libre", el cual puede ocasionar enfermedades de consecuencia más o menos graves en la salud; su liberación afecta en forma negativa la atmósfera de los lugares de trabajo y su presencia sobre los tejidos puede ser causa de alergias en los usuarios. Por estas razones existen Normas Estándar a Nivel Europeo que rigen la cantidad de formaldehído "libre" que puede existir en las telas de algodón que son tratadas con estas resinas dependiendo del uso que a estas se les de.

El principal objetivo de este trabajo fue la cuantificación formaldehído "libre" o residual en telas de algodón fabricadas por la industria textil guatemalteca y de importación, destinadas a la elaboración de pantalones, camisas y/o blusas. El análisis se realizó utilizando un método espectrofotométrico estándar, aplicable a textiles que han sido tratadas con resinas que contienen formaldehído, otro de los objetivos es, establecer si las telas que provienen de estas industrias cumplen con las Normas de los Nuevos Estándares Europeos en cuanto al porcentaje de formaldehído libre.

Se tomaron muestras en cuatro industrias, de las cuales dos son industrias de importación denominadas BC1 y BC2, y dos son industrias nacionales denominadas BC3 y BC4. En cada industria se muestrearon 5 telas destinadas a la elaboración de pantalones y 5 telas destinadas a la elaboración de blusas y/o camisas. Haciendo un total de 40 muestras analizadas. Las muestras fueron analizadas por triplicado y se calculo una media de los valores obtenidos.

Se encontró que la industria textil de importación BC1 no cumple con las Normas Europeas Estándares, presentando en las muestras de telas destinadas a la elaboración de blusas y pantalones arriba de 300 ppm de formaldehído libre.

En cuanto a la industria textil de importación BC2, las muestras destinadas a la elaboración de blusas y pantalones una cumple con la norma, el resto se encuentra arriba de 300 ppm de formaldehído libre.

En las industrias textiles nacionales, las muestras de telas destinadas a la elaboración de blusas de la industria textil BC3, el 40 % de muestras de telas no cumplen con la norma, reportan valores arriba de 300 ppm, el 60 % no evidenció la presencia de formaldehído libre. Las muestras de telas destinadas a la elaboración de pantalones, todas cumplieron con la norma, además no evidenciaron la presencia de formaldehído libre.

En la industria textil BC4, todas las muestras destinadas a la elaboración de blusas y/o camisas no evidenciaron la presencia de formaldehído libre, en las destinadas a la elaboración de pantalones, una no registro la presencia de formaldehído libre, todas las demás se encuentran arriba de 300 ppm.

Se concluye que las industrias textiles de importación muestreadas no cumplen con las normas de los Estándares Europeos en cuanto a la cantidad de formaldehído libre permitido, y en las industrias textiles nacionales estudiadas el 50 % de las muestras presentaron formaldehído libre arriba de las 300 ppm y el otro 50 % no presentaron formaldehído libre, por lo tanto, la hipótesis planteada, se rechaza.

## II. INTRODUCCION

La industria textil es una de las más ampliamente distribuidas en el mundo. De importancia para la vida diaria ya que proporciona al ser humano el abrigo, la protección, la vestimenta, la decoración de hogares y áreas de trabajo, etc. La industria textiles con el fin de brindar telas de alta calidad y durabilidad llevan a cabo procesos de acabado internos y externos por medios físicos y químicos.

Los acabados que utilizan compuestos químicos, modifican tanto las propiedades químicas como las propiedades físicas de las telas y en la mayoría de los casos se altera la estructura química de la fibra. Esta transformación se ve reflejada en la permanencia del acabado mecánico, mejora al tacto y aspecto del material, evita la aparición de arrugas y distorsiones producidas durante el teñido; reduce las imperfecciones del tejido, aumenta la utilidad del textil por medio del aumento de la resistencia a la abrasión por rozamiento y restregado y mejora la fijación de los tintes.

Actualmente en la industria textil con el fin de brindar telas con las cualidades mencionadas anteriormente, se utilizan resinas a base de urea - formaldehído, especialmente para mejorar el acabado por medios químicos en telas de algodón. En nuestro país las telas de algodón son de uso popular para la elaboración de prendas de vestir tanto para adultos como para niños, y en muchos casos se usan para la elaboración de cortinas, sábanas, etc.

En el hogar y en la industria (durante la elaboración de prendas), el formaldehído se libera de la tela en forma de gas, por el uso de productos que contienen espumas y resinas de urea - formaldehído. Las resinas utilizadas habitualmente para el acabado de "fácil cuidado" del algodón y sus mezclas son derivados de compuestos N-metilólicos. Es un hecho conocido que, aún efectuando la aplicación en condiciones óptimas, la aparición de formaldehído libre es un problema difícil de evitar. El formaldehído libre puede ocasionar enfermedades de consecuencias mas o menos graves en la salud (tema del cual existen numerosos trabajos y sobre el que se sigue estudiando) [ 1: 5 ] [ 2 : 1 ], es evidente que la liberación de formaldehído afecta de forma negativa a la atmósfera de los lugares de trabajo, ya sea en la nave de acabado o en el taller de confección. Además la presencia de formaldehído sobre los tejidos, en algunos casos, puede ser causa de alergias para el usuario.



Existen en la actualidad regulaciones sobre el contenido de formaldehído libre en telas de algodón, según el uso para el que se destinen. El presente trabajo pretende comparar los contenidos de formaldehído libre en telas de algodón producidas en Guatemala e importadas, por medio del análisis y cuantificación del mismo, y de esta manera observar si se apegan a las normas de los "Estándares Europeos" de formaldehído libre.

### III. ANTECEDENTES

#### III.I. Algodón:

##### III.I.I Generalidades:

Es una planta del género *Gossypium*, de la familia de las Malvaceae, hoy se cultiva intensamente en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. El nombre se aplica también a la fibra unida a la semilla de esta planta. Los pelos de las semillas del algodón constituyen la materia prima para la mayoría de los textiles de todo el mundo. En realidad el algodón es la principal de las fibras textiles. [ 3 : 909]

El cultivo puede clasificarse sobre las bases de los cromosomas en el cuerpo de las células:

- Tipos Nuevo Mundo con  $n=26$  cromosomas haploides ( $2n=52$ ): *Gossypium hirsutum*, *G. brasiliense*, *G. barbadense*, *G. purpurascens*, *G. peruvianum*.
- Tipos Viejo Mundo con  $n=13$  cromosomas haploides ( $2n=26$ ): *Gossypium arboreum*, *G. nanking*, *G. herbaceum*.

Haploides son células, las cuales contienen solo la mitad del número de cromosomas típicos de estos tipos, Ej: las células del sexo. Lo contrario es diploides que contienen el número completo de cromosomas, por ejemplo: las células del cuerpo.

Los muchos tipos que son cultivados en las diferentes áreas del mundo son derivados de estas especies. Actualmente se cultivan los siguientes tipos en las diferentes proporciones: *G. Hirsutum* 87 %; *G. Barbadense* 8%; *G. Arboreum* 5%, *G. Herbaceum* 5%. En Guatemala se cultiva únicamente *G. Hirsutum*.

El cultivo el algodón en nuestro medio era desconocido en 1950, a instancias del presidente Jacobo Arbenz Guzmán (decidido impulsor del mismo) se inicia su cultivo en forma comercial. Rápidamente, se coloca en segundo lugar como producto de exportación (superado sólo por el café), iniciando así una era de mecanización en la producción agrícola.

El procesamiento de la fibra permitió nuevos usos, tales como la industria textil. La demanda externa también es importante especialmente con destino a los Estados Unidos de América y el Japón. [ 4 : 1 ]

Con respecto a la estructura química, el algodón (textil vegetal), la macromolécula tiene una masa molecular de 2000,000 a 300,000 y comprende el agregado de 1.200 a 2.000 moléculas de glucosa.

Las fibras de algodón son fibras celulósicas naturales; las macromoléculas de la celulosa es el material de apoyo. La fibra vegetal natural del algodón es una estructura biológica compuesta, formada de componentes morfológicos numerosos y consistentes principalmente de celulosa químicamente hablando. En referencia a la celulosa, el algodón contiene otras sustancias naturales. Estas están cimentadas principalmente en la pared primaria. Los componentes químicos más importantes en el algodón en base seca son como sigue: (% peso en seco) celulosa 82-89; agua ligada 7 - 10; pectinas 0.6 - 10.1; proteínas 1.0 - 1.8; ácidos orgánicos 0.5 - 0.9; grasas 0.4 - 0.9; otros residuos 1.0; cenizas 0.6 - 1.5.

De todas las fibras vegetales, el algodón tiene la fracción de celulosa más alta y es libre de componentes de madera. La química orgánica de las fibras textiles consisten de largas cadenas de moléculas. La orientación completa de la molécula es en la forma de una cadena plana con grupos hidroxilo hacia adelante. La superficie de la cadena consiste principalmente en átomos de hidrógeno en línea recta sobre los carbonos, y es por esto que es hidrofóbico.

Estas dos características de la molécula de la celulosa son responsables de la estructura de los cristales.

Estudios de microscopio de la luz, microscopio de electrones, estudios químicos y de rayos X, por décadas han dado como resultado modelos de la fibra de algodón. [ 5 : 5 ]

### III.1.2. *Industria textil:*

Los textiles una vez se les ha sometido al proceso de acabado deben poseer ciertas propiedades las cuales dependen de las fibras y del arreglo geométrico de las fibras en la hilaza y de la hilaza en el tejido. Estas propiedades según Hamburger, Platt y Ross dependen de varios parámetros como son:

- \* Propiedades de los polímeros.
- \* Modificadores geométricos.
  - Orientación de las moléculas en cadena con respecto al eje de la fibra.
  - Área y forma de la sección transversal.
  - Longitud.
  - Rizado. Contorno de la superficie.

Las propiedades de la hilaza son determinados por:

- \* Propiedades de la Fibra
- \* Modificadores geométricos
  - Finura
  - Torsión
  - Sección Transversal (diámetro y compactación)
  - Carácter de la Superficie

Las propiedades del tejido están determinadas por:

- \* Propiedades de la Hilaza<sup>1</sup>
- \* Modificadores geométricos [3 : 233]
  - Tensión en los componentes de la hilaza. (Tensión en los elementos durante el procedimiento de tejido y Compactación del tejido.)
  - Diseño.

Se deduce que cualquier tratamiento físico o químico que altere alguna propiedad de la fibra o de la hilaza , producirá una variación en las propiedades del tejido. Ciertos tratamientos de acabado húmedo modifican los tejidos más profundamente. Está es la razón de que el proceso de acabado de los textiles sea tan importante . [ 3 : 234]

<sup>1</sup> Hilaza : algodón dispuesto para ser hilado. Hilo grueso o desigual. Hilo de una tela.

En la elaboración de las fibras textiles se distinguen las siguientes operaciones:

- \* Carda<sup>2</sup> y Peinado.
- \* Hilado y Torcido.
- \* Tejido y tejedura de punto.
- \* Lavado y otras operaciones de limpieza.
  - lavado de la lana, algodón y fibras sintéticas.
  - carbonización y batado<sup>3</sup> de la lana.
  - desgomado<sup>4</sup> de la seda.
- \* Blanqueado.
  
- \* Tratamientos varios.
  - mercerización<sup>5</sup> del algodón.
  - acrespamiento.
  - endurecimiento del nailon por el calor.
  - tratamientos antiestáticos.
- \* Teñido y estampación<sup>6</sup>.
- \* Acabado<sup>7</sup>.

La sucesión de las operaciones difiere de unas industrias a otras, según el tipo de las fibras empleadas, la clase de hilaza, la tela producida, la edad de las máquinas y la economía general de la competencia. [1:268.]. No se referirá a la producción de tejidos, en su totalidad, pues involucran más carácter mecánico que químico. La etapa química considerada en detalle será el acabado, ya que es importante para comprender el estudio en cuestión.

---

<sup>2</sup> Carda: cardar se refiere a la acción de preparar para el hilado las materias textiles. Carda es el instrumento con púas de hierro que sirve para cardar la lana.

<sup>3</sup> Batado: operación preliminar en el acabado de los tejidos que se efectúa en la máquina de enfurtir o batán, mediante un agente como los jabones alcalinos o los ácidos (según la clase del tejido y tinte) la presión y frotamiento. La operación hace encoger la tela y le da un aspecto fibroso y compacto.

<sup>4</sup> Desgomar: quitar la goma: se desgoman los tejidos de seda para que tomen bien el tinte.

<sup>5</sup> Mercerización: operación que da a los hilos y tejidos de algodón un aspecto brillante.

<sup>6</sup> Estampación: acción y efecto de estampar o imprimir.

<sup>7</sup> Acabado: es la última operación destinada a perfeccionar un tejido.

*Acabado:* Las fibras textiles difieren químicamente unas de otras, pero poseen ciertas semejanzas de estructura. Aunque no existe acuerdo general acerca de la verdadera naturaleza del patrón estructural, es probable que la estructura básica de una fibra consista en largas cadenas orientadas paralelamente al eje longitudinal de la fibra y unidas por enlaces transversales y otras fuerzas químicas. Sin embargo existen excepciones, en el caso del algodón las cuales tienen orientación en espiral más que longitudinal. Cualquiera que sea la disposición de las micelas, los límites externos del algodón y la mayoría de las fibras naturales son porosos y permiten la entrada de moléculas y de pequeños coloides, pero esta capa es impermeable en muchas de las fibras totalmente sintéticas. Esta es la base para la diferenciación de las fibras en dos clases: **hidrófilas** (fibras naturales y semisintéticas) e **hidrófobas** (la mayoría de las fibras totalmente sintéticas).

La mayoría de los acabados usados en la elaboración de los textiles corrientes son del tipo externo. No penetran en el interior de la estructura de la fibra, pero orientan en la periferia de la hilaza y del tejido, ya como formador de película o en otras formas. Generalmente se emplean para dar cuerpo y peso a material textil y para modificar su tacto y su aspecto físico. Los componentes de los acabados externos son: almidones, colas, pigmentos, resinas termoplásticas y aceites. Tales sustancias se adhieren fuertemente a las fibras hidrófilas y no pueden separarse de la fibra por medios físicos. Por el contrario, la adhesión de los acabados externos a las fibras hidrófobas es débil y son pocos los aprestos que poseen la necesaria adhesividad para que sean útiles como acabados en fibras hidrófobas.

Los acabados internos o intrafibrilares, aplicables sólo a fibras hidrófilas y a tejidos compuestos de estas fibras, se usan principalmente como correctivos para encubrir o salvar algunas debilidades de los textiles. Al contrario de los acabados externos, no modifican notablemente el tacto ni el aspecto físico de la tela. Los acabados que se fijan en la estructura de una fibra se llaman acabados internos.

Las operaciones de acabado químico no son sólo las operaciones en que las propiedades químicas y físicas se modifican por la presencia de aditivos químicos. En algunos procesos, se altera la estructura química de la fibra. Esta transformación de un filamento en un nuevo compuesto es una innovación reciente

en la elaboración de textiles y promete adquirir creciente importancia. En muchas tintorerías se usa ya la saponificación parcial de la fibra de acetato en celulosa para facilitar el teñido de los tejidos de rayón de acetato con colores directos.

Los acabados químicos se aplican a los textiles para una o más de las siguientes funciones:

- \* Facilitar el acabado mecánico y hacer sus efectos más permanentes.
- \* Para mejorar el atractivo y presentación de una tela. Esto se consigue mejorando el tacto y el aspecto de un material y encubriendo las arrugas y distorsiones producidas durante el teñido y las imperfecciones del tejido.
- \* Para aumentar la utilidad del textil. Acabados de esta clase son los productos químicos que aumentan la resistencia de una tela a la abrasión por rozamiento y restregado y los que mejoran la fijez de los tintes.
- \* Para modificar las propiedades físicas y químicas de una tela. De esta clase son los acabados que comunican repelencia del agua, acción retardada del fuego y nuevas propiedades del tejido.
- \* Para ayudar a la venta de las telas. Muchos acabados de esta clase son transitorios, no dan beneficio real al último consumidor y generalmente sirven para comunicar a mercancías de inferior calidad el tacto y el aspecto de materiales más costosos. [ 3 : 291]

Los agentes de acabado químico pueden clasificarse como sigue:

- \* Acabados externos.
  - Aprestos formadores de películas: almidones, colas, gomas, resinas termoestables y termoplásticas, ésteres y éteres de la celulosa.
  - Agentes ablandadores y ceras: aceites sulfurados, alcoholes sulfatados, jabones y otros agentes ablandadores catiónicos, no iónicos y aniónicos.
  - Depósitos superficiales: pigmentos, agentes para driles, rellenos, sustancias higroscópicas.
  - Varios: fijadores de colorantes, inhibidores de la polilla.
- \* Acabados externos y acabados internos.
  - Control de dimensiones: resinas termoestables, condensados de urea - formaldehído y de melamina - formaldehído, formaldehído, glioxal.
  - Sustancias de carga: sales metálicas.
  - Acabados correctivos: inhibidores del fuego, agentes de matidez inhibidores de la polilla. [ 3 : 292]

- \* Modificadores químicos de la composición de la tela.
  - Mercerización
  - Fosfatación. [ 3 : 293]

Es importante conocer cuales son los agentes de acabado químico pero para el estudio en cuestión sólo se enfatizará la acción de las resinas termoestables a base de urea - formaldehído.

*Resinas termoestables:* Estas resinas tienen mucho mayor importancia que las termoplásticas en el acabado de tejidos. La mayoría de ellas son condensados de urea - formaldehído o de melamina - formaldehído y son los más versátiles de todos los agentes químicos de acabado.

A diferencia de las resinas termoplásticas, que generalmente se aplican a los textiles en forma de dispersiones de partículas grandemente polimerizadas, las resinas termoestables se usan como monómeros hidrosolubles o como intermedios que se polimerizan sobre la tela por calentamiento con catalizadores a 130 - 160 °C. Las dispersiones de resinas de urea - formaldehído altamente polimerizadas tienen alguna aplicación en el acabado de textiles. Las resinas termoestables se producen por la polimerización escalonada de monómeros que reaccionan mutuamente, y con los productos de condensación para formar intermedios resinosos de creciente complejidad. Los intermedios, en ausencia de catalizadores, son estables y pueden usarse en la industria como agentes de acabado. Así, de los mismos dos precursores pueden obtenerse muchos productos resinosos, todos importantes en la industria de acabados textiles. Los monómeros y los polímeros sencillos son útiles como correctivos para evitar la formación de arrugas y asegurar el control dimensional. Los intermedios formadores de película sirven para proporcionar peso y cuerpo a los textiles. Los altos polímeros usados en dispersión obran como agentes de matizado. Aun los mismos precursores de resinas ( urea, melamina y formaldehído ) se emplean en los acabados de textiles. [ 3:297]

Las resinas de urea - formaldehído son esencialmente agentes de acabado para fibras celulósicas. No tienen color, se fijan fuertemente a las fibras de algodón y de viscosa; sus monómeros y polímeros, de bajo peso moléculas impregnan la pared de las fibras celulósicas y para los fines prácticos se convierten



en parte integrante de la fibra. La celulosa contiene grupos hidroxilo reactivos, los que tiene reacciones usuales de estos grupos, llamadas esterificación y eterificación, las cuales producen excelentes acabados finales sobre los productos de algodón. [ 10 : 617]

Las resinas de urea - formaldehído no tienen mucho poder de adhesión a la fibra de rayón de acetato ni a los textiles hidrófobos. Son inestables y se polimerizan fácilmente por el calor y los catalizadores ácidos o alcalinos para formar polímeros de alto peso molecular, duros, insolubles e infusibles. Los precondensados y los polímeros bajos se emplean generalmente como acabados internos para comunicar a los textiles de algodón y rayón en pieza, resistencia al aplastamiento y constancia dimensional. Los grandes polímeros se usan como agentes de acabado externo. [ 12 : 820]

Aunque las *resinas de urea - formaldehído* se consideran fuertemente como correctivos para salvar defectos de textiles, se emplean mucho para formar películas que aumentan el cuerpo de las telas, para fijar pigmentos y ciertos colorantes, para hacer repelentes del agua en los acabados de almidón y gelatina, para aumentar la duración de los repelentes de agua y para producir efectos de acabado especiales.

Las resinas de *urea - formaldehído* son de estructura variable y pueden ser diseñados para satisfacer los requisitos de casi todos los problemas de acabado. Los monómeros y los bajos polímeros comunican a las telas de rayón y algodón un tacto voluminoso duradero, que puede modificarse a un tacto sedoso por ablandamiento con agentes higroscópicos. Los altos polímeros comunican a las telas un tacto más rígido y más fresco. Los coloides ácidos (polímeros de mayor peso molecular) son buenos para fines de acabado y comunican un grado de firmeza y durabilidad en el lavado que no alcanza a dar ninguna otra clase de resinas.

Las *resinas de urea - formaldehído* raramente se usan solas en acabados de superficie; el tacto que comunican a los textiles es demasiado rígido y crespo para que tengan aceptación comercial, y las telas aprestadas con ellas se desgarran fácilmente. Los defectos de tacto y resistencia se salvan por medio de la plastificación de la película resinosa con agentes de ablandamiento, higroscópicos.

El carácter más sobresaliente de las telas acabadas con resinas termoestables es resistencia y viveza. Las telas sometidas a compresión recuperan su posición original al cesar la fuerza compresora. Esta propiedad es muy estimada en muchos tipos de mercancías y explica la aceptación de los acabados formados con estas resinas.

Aunque las *resinas de urea - formaldehído* y de melamina - formaldehído no modificadas son esencialmente acabados para fibras celulósicas, se usan también frecuentemente para prestar y reforzar redes, encajes, cintas y especialidades hechas con rayón de acetato, nailon y otras fibras artificiales. El enlace entre la resina y estas telas es débil y por ello el acabado tiende a rayarse y a desprenderse en escamas durante el uso. Un enlace más fuerte y más duradero entre la resina y las telas hidrófobas se consigue con las resinas modificadas por alquilación. Los condensados alquilados de melamina formaldehído son más frecuentemente aplicados a las fibras hidrófobas que las urea alquílicas, pues se fijan a los textiles más firmemente y producen mejor efecto de acabado. Las resinas de melamina - formaldehído fuertemente alquiladas acrecientan en gran medida la inflamabilidad e las redes y encajes y por ello son un peligro de incendio. Tales resinas se sustituyen por las de tiourea - formaldehído modificadas para los acabados de fibras hidrófobas cuando se requiere la mayor resistencia posible a las llamas.

### III.1.2.2. *Industria textil en Guatemala.*

La industria de la maquila<sup>8</sup> se inició en Guatemala en los años sesentas. Sin embargo, la inestabilidad, alto costo comparativo e infraestructura legal no permitieron un sustancial desarrollo de la misma. Tuvo su mayor auge en los años

---

<sup>8</sup>Maquila: La maquila actual es aquella actividad orientada a la transformación y/o ensamble de bienes que contengan como mínimo el 80% de insumos extranjeros, y cuyo destino final sea el mercado externo. Es un contacto entre dos personas en el cual una es dueña de la materia prima y la entrega a otra para su ensamblaje, cobrando ésta una maquila de servicios. Se define como un sistema de trabajo entre una empresa en el mercado meta, que tiene gran poder de venta pero un menor de producción, ya sea por falta de capacidad productiva o por alto costo de mano de obra, y un fabricante en el área del Caribe, con mayor poder de producción y menor poder de venta. Con esto, ambas partes se complementan para poder ser competitivas en el mercado.

1985 y 1986, teniendo desde entontes un crecimiento continuo utilizando un 38% de valor agregado nacional y aportando 130 millones de U.S. dólares al país en 1989.

El despegue que tuvo la industria de la maquila se debió al apoyo del decreto ley 21-84. Se espera que con el decreto 29 - 89 se dé un incremento en la producción, y como resultado de ello, la implantación de nuevas empresas como fuentes de empleo.

\* La oferta actual y proyectada: El esfuerzo para aumentar las exportaciones de Guatemala, está a cargo de la Gremial de exportadores de productos no tradicionales, fundada a finales de 1983, la cual está compuesta de empresarios del sector privado, y trabajo a la fábricas locales y fomentar las coinversiones, aunque reconoce que hay mucho por hacer, puesto que Guatemala es un país "recién llegado" al mercado internacional. Hay mucha coordinación entre instituciones privadas y estatales en el país, en parte como fruto de las recomendaciones de un estudio llevado a cabo en el período de febrero a julio de 1997 por Kurt Salmon Associates.

La confección en Guatemala viene a constituir el rubro de exportación que está experimentando el mayor crecimiento, tal es así, que las proyecciones del año 1992 son, en cuanto a productos no tradicionales, U.S \$260,000,000 tan sólo para prendas de vestir maquiladas en el país, U.S. \$ 350,000,000 para otros 250 productos.

Guatemala y otros países en desarrollo, capitalizan en sus costos relativamente bajos de fabricación para convertirse en fuentes de abastecimiento del mercadeo mundial de la confección, con el propósito de crear empleo y obtener divisas.

En 1989, Guatemala alcanzó un 6.06 % del total de importaciones entre sus competidores del Área, y un 0.61 % del total de importaciones textiles en Estados Unidos. (ver anexos 4, 5 y 6) ( 13:28 )

## III. 2. Formaldehído:

### III.2.1. Generalidades:

El formaldehído es un gas incoloro, sumamente pungente, el cual es ampliamente utilizado en aplicaciones industriales y en algunos productos de consumo diario. Es soluble en agua, se comercializa en solución, y se combina rápidamente con otros productos químicos. Se encuentra en algunos adhesivos empleados en paneles de madera, en una amplia gama de plásticos, en algunos desinfectantes. [6 : 9]

También se encuentra en algunas alfombras y en otros productos sintéticos. Además liberado en los gases de desecho de las empresas y de calderas que utilizan combustibles líquidos.

Un aspecto muy notorio del formaldehído, fue su amplio uso en espumas de urea - formaldehído empleadas en el aislamiento de las paredes exteriores de las viviendas durante los años 70. Actualmente existen resinas a base de formaldehído - urea que se usan en la industria textil en el acabado de telas a base de celulosa para mejorar las propiedades de las mismas.

### III.2.2. Métodos de análisis:

Se han empleado una gran cantidad de métodos de análisis de formaldehído, dependiendo de la exactitud deseada, así como el medio en el cual se determinan dicho compuesto.

Los métodos de análisis en polímeros son de dos tipos: Análisis de formaldehído libre, y análisis de formaldehído total.

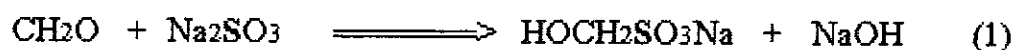
El primero consiste en el formaldehído que no reacciona durante la polimerización, es decir se encuentra en exceso, por lo que se mantiene disperso dentro de la resina.

El formaldehído total involucra tanto al formaldehído libre como el formaldehído ligado, por lo que para proceder a su cuantificación hay que destruir el polímero, o cuantificarlo antes de que ocurra la polimerización. [3 ; 10]

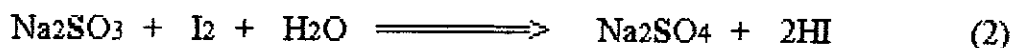
A continuación se dan a conocer los detalles de algunos de los principales métodos para la cuantificación de formaldehído empleados por la industria en Estados Unidos Americanos y en Gran Bretaña. [6 ; 10]

\* *Determinación de Formaldehído Libre en Amino Resinas:* Este método cubre la determinación de formaldehído libre en resinas, tanto en medio acuoso como medio no acuoso. Este método permite la determinación de resinas con cerca del 0.02 hasta el 5 % de formaldehído libre.

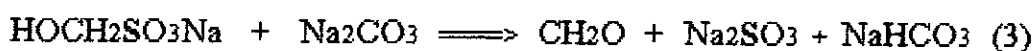
La base del método es que cuando el espécimen es mezclado con solución amortiguadora de borato y mantenida en baño de hielo, y luego se agrega un exceso de sulfito de sodio, se consume el formaldehído libre como sigue:



El exceso de sulfito de sodio es cuantificado por titulación con iodo usando almidón como indicador:



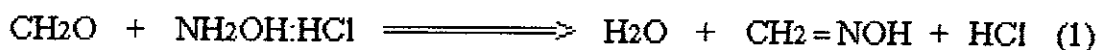
El complejo de sulfito - formaldehído es descompuesto con carbonato de sodio para regenerar cuantitativamente el sulfito de sodio y el formaldehído:



El sulfito de sodio es luego titulado con iodo (Ecuación 2) y el formaldehído libre es calculado de esta segunda titulación. [6 : 1]

\* *Determinación de Formaldehído utilizando clorhidrato de hidroxilamina:*

Este método se basa en de la determinación del ácido clorhídrico formado cuando el formaldehído reacciona con el clorhidrato de hidroxilamina de acuerdo a la siguiente ecuación:



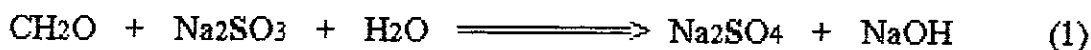
Para la determinación en sistemas no acuosos, tales como en capas de resinas, se emplea dioxano como solvente. El indicador empleado es azul de bromofenol al 0.1 %.

\* *Determinación de Formaldehído mediante el uso de Cloruro Férrico:* Este método se basa en la formación de un complejo de color violeta cuando se hace reaccionar el formaldehído con proteosa peptona con cloruro férrico en ácido sulfúrico, obedeciendo la ley de Beer en el rango de 0 a 3 ppm.

Las lecturas se efectúan en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 550 nm.

Esta reacción es bastante específica, por lo que no interfiere el acetaldehído, butiraldehído, propionaldehído, alcohol etílico.

\* *Método General para la determinación de Formaldehído:* La muestra es mezclada con sulfito de sodio para la liberación de hidróxido de sodio:

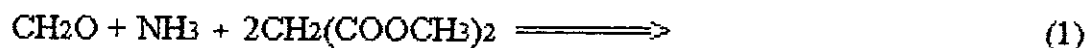


El hidróxido producido es luego titulado con ácido sulfúrico utilizando timolftaleína como indicador.

\* *Método Nash para la cuantificación de formaldehído:* Este método es empleado para la determinación de formaldehído en el rango de 0.2 a 7 mg/l, aunque puede ser empleado hasta un rango de 0.02 mg/l si se emplean celdas de paso largo. Este método es ideal para el análisis de aguas, aunque puede emplearse para el análisis de muestras biológicas. [6 : 12]

El método se fundamenta en la reacción del formaldehído con la acetilacetona en un medio que posee iones amonio, para la formación de un complejo coloreado de color amarillo, el cual es posible cuantificar a una longitud de onda de 412 nm.

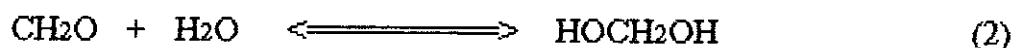
Las reacciones que se llevan a cabo en la formación del complejo coloreado son las siguientes:



El producto formado es el 3,5 diacetil-1,4- dihidrolutidina.

Esta reacción puede ser modificada para evitar la interferencia causada por el bisulfito de sodio al emplear este último como agente de retención.

La modificación consiste en destruir el complejo disulfito - formaldehído mediante el empleo de una solución de yodo, el cual tiene el siguiente efecto:



Esto hace el método ideal para trabajar tanto con formaldehído en solución, como con formaldehído gaseoso. [6 : 13]

\* *Método oficial de AOAC:* Se basa en la reacción del ácido cromotrópico; para dicha reacción, se maceran 100 g de muestra en 100 ml de agua, se acidifican con 1 ml. de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  1 N y se destila en matraz kjeldal 50 ml.

A 1 ml de destilado se agregan 5 ml del reactivo (sol 500 mg / 100 ml del ácido 1-8 dihidroxinaftalen -3,6- disulfónico en ácido sulfúrico al 72%). El color producido es púrpura.

\* *Método alternativo de AOAC:* Es el método de Hecker - Fulton. Este método consiste en el tratamiento del destilado con una solución saturada de Bromo en agua en un medio de ácido sulfúrico. Esto produce una coloración Rosa. [6 : 14]

### *III.2.3. Consideraciones ambientales:*

El formaldehído es un gas incoloro y muy pungente, y a bajos niveles es causante de problemas en el sistema respiratorio y es irritante para los ojos. Las Personas con alergias a productos químicos son altamente susceptibles a concentraciones bajas de este producto. LD<sub>50</sub> oral en ratas 800 mg - kg. El límite de formaldehído permitido en el ambiente es de 2-3 ppm . [7 ; 53], además las áreas de trabajo deben contar con adecuada ventilación, los trabajadores deben usar ropa protectora adecuada como lo son guantes de resistencia química, mascarilla de gases, ropa protectora. Debe existir un examen frecuente de la exposición del personal, especialmente a las personas que presenten irritación de la piel. [8 ; 455]

Debido al uso de resinas que contienen formaldehído, principalmente en la industria, y en algunos productos de consumo diario, el nivel de formaldehído en el aire es el suficiente para causar serias molestias en las vías respiratorias, lo cual es contraproducente para la salud y productividad del personal y los consumidores.

En el hogar, el formaldehído es normalmente liberado en forma de gas por los productos que contienen espumas y resinas formaldehído - urea principalmente. [6: 15]

Las resinas utilizadas habitualmente para el acabado de "fácil cuidado" del algodón y sus mezclas son derivados de compuestos N-metilicos.

Es un hecho conocido que, aún efectuando la aplicación en condiciones óptimas, la aparición de formaldehído libre es un problema difícil de evitar.

Sin entrar en consecuencias más o menos graves que el formaldehído libre puede ocasionar en la salud (tema del cual existen numerosos trabajos y sobre el que se sigue estudiando), es evidente que la formación de formaldehído libre afecta de forma negativa a la atmósfera de los lugares de trabajo, ya sea en la nave de acabado o en el taller de confección. Además la presencia de formaldehído sobre los tejidos en algunos casos puede también ser causa de alergias para el usuario.



La utilización de resinas libres de formaldehído tiene su principal razón en la eliminación de todos estos problemas. Sin embargo a igualdad de concentración, estas resinas suelen conferir efectos de acabado inferiores a las resinas clásicas. [7: 59]

Por ésta razón existen Normas Estándar a nivel Europeo y de otros países industrializados como los Estados Unidos Americanos, que regulan la cantidad de formaldehído libre en ppm presente en telas de algodón acabadas con resinas a base de formaldehído - urea. (Ver anexo 1)

#### IV. JUSTIFICACION

Las resinas dejan un porcentaje de formaldehído libre sobre las telas después de ser aplicadas, actualmente no existe ningún estudio a nivel nacional que indique cuál es ésta cantidad, se hace importante cuantificarlo considerando que el formaldehído es una sustancia tóxica contaminante, así como irritante fuerte a las vías respiratorias al ser liberado al medio ambiente.

Las telas de algodón son utilizadas en la elaboración de camisas, pantalones y blusas. Este tipo de pieza se encuentra en contacto directo con la piel y con el medio ambiente especialmente en lugares como las maquiladoras donde los trabajadores se ven expuestos por largos periodos de tiempo a las telas que usan para elaborar todas estas piezas, produciéndose a la larga un efecto dañino, como la producción de alergias o problemas en las vías respiratorias cuando la cantidad del mismo es superior a 3 ppm (según la Conference of Governmental Industrial ) acumulándose en el medio ambiente de los lugares de trabajo y en forma directa sobre el organismo.

Existen normas internacionales que establecen la cantidad de formaldehído libre que debe existir en cada prenda a base de tela de algodón según el uso que se le de a las mismas; es importante conocer si las telas de algodón producidas en Guatemala y las importadas se apegan a la norma

## V. OBJETIVOS

### V.1. Generales:

- Cuantificar formaldehído libre en telas de algodón producidas en Guatemala e importadas.

### V.2. Específicos:

- Cuantificar formaldehído libre en telas de algodón de la Industria Textil Guatemalteca e importadas destinadas a la elaboración de pantalones, camisas y blusas.

- Establecer si las telas de algodón de Guatemala y las importadas cumplen con las normas internacionales europeas, en cuanto al porcentaje de formaldehído libre.

## **VI. HIPOTESIS**

**Las telas de algodón elaboradas por las Industrias Textiles de Importación y Guatemaltecas para hacer camisas, blusas y pantalones contienen menos de 300 ppm de formaldehído libre.**

## VII. MATERIALES Y METODOS

### VII.1. UNIVERSO DE TRABAJO:

Telas de algodón tratadas con resinas a base de formaldehído-urea de la industria textil guatemalteca.

#### MUESTRA;

Se tomará como muestra telas destinadas a la elaboración de pantalones , blusas y camisas de uso diario.

### VII.2. MEDIOS:

#### \* *RECURSOS HUMANOS:*

- Autor. Br. Barbara Rosario Cano.
- Asesor: MSc. Adolfo León Gross.
- Colaboradores: Personal Técnico y Profesional del Departamento.
- Fisicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

#### \* *RECURSOS INSTITUCIONALES:*

- Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de USAC.
- Biblioteca de Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Centro de Cómputo de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.
- Departamento de Análisis Inorgánico de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la USAC

### VII.3. MATERIALES

#### \* *EQUIPO*

- Espectrofotómetro Hitachi Perkin Elmer.
- Horno termoregulado termoline.

#### \* *CRISTALERIA*

- Cristalería básica de laboratorio.
- Buretas con llave de teflón.
- Pipetas volumétricas de 1, 5, 10, y 25 ml

#### \* *REACTIVOS*

Nombre	Grado
Formaldehído al 37 %	Analítico
Acetilacetona 99 %	Analítico
Sulfito ácido de Sodio 99 %	Reactivo
Acetato de amonio 98 %	Reactivo
Acido acético glacial 99.5%	Analítico
Acido clorhídrico 36 %	Reactivo
Yodo 98 %	Analítico
Tiosulfato de sodio 99%	Analítico
Almidón soluble	Analítico

## VII. 4. METODOS:

### VII.4.1. *Preparación de las Muestras:*

Cortar cada espécimen con un peso aproximado de un gramo y pesarlo con una exactitud aproximada de  $\pm 0.0001$  g. Los análisis deben ser preferiblemente corridos por duplicado o triplicado.

### VII.4.2. *Armado y Calibrado de Equipo*

Para asegurar que el equipo de calentamiento indica la temperatura deseada, y es capaz de mantenerla durante largo tiempo, es necesario efectuar una prueba de la estabilidad del calentador mediante el monitoreo durante 72 horas, comparando las lecturas del medidor interno de temperatura, contra un termómetro certificado en el rango de estudio.

### VII.4.3. *Preparación de Reactivos Especiales:*

\* *Preparación del reactivo de Nash:* Pesar 150 g de acetato de amonio en la menor cantidad de agua destilada posible y transferir cuantitativamente un balón aforado de 1000 ml; adicionar 3 ml de ácido acético glacial y 2 ml de acetilacetona. Agregar agua destilada hasta la maraca de aforo y mezclar. Almacenar en un frasco ámbar a 4 °C. El reactivo así preparado tiene una duración de 6 a 8 semanas.

\* *Preparación de Solución Estándar de formaldehído:* Preparar una solución de formaldehído de aproximadamente 1500  $\mu\text{g}$  / ml por dilución de 3.8 ml de formaldehído grado reactivo ( Aproximadamente 37 %) a un litro con agua destilada.[6 : 183]

La concentración de formaldehído se determina por un método potenciométrico. Calibrar el potenciómetro con solución amortiguadora a pH 7 y 9. Pipetear 50.0 ml de la solución madre en un erlenmeyer de 125 ml y agregar 20 ml de sulfito de ácido de sodio 1.0 M.

Mezclar y se dejar reposar por 5 minutos. Luego agregar un magneto y colocar en agitación constante. Titular hasta el punto final estable de pH 9.5 con ácido clorhídrico 0.1N. Luego efectuar los cálculos.(ver anexo 2 para la formula) [ 4 : 27]

#### *VII.4.4. Preparación de Curva de Calibración.*

Tomar alicuotas de 5, 10, 15 y 20 ml de solución estándar de formaldehído y diluirlos a 500 ml en un balón aforado, estas soluciones contienen aproximadamente 15, 30, 45 y 60 µg / ml de formaldehído respectivamente. Tomar en cuenta que las concentraciones de formaldehído en los análisis realizados a las muestras de telas con el peso de 1 g. y 50 ml de agua, podrían ser 50 veces más el valor de las concentraciones de estas soluciones patrón.

Pipetear 10 ml de reactivo Nash dentro de un tubo de ensayo y pipetear 10 ml del reactivo en un tubo de ensayo extra para usarlo como blanco. Adicionar 1 ml de cada una de las soluciones patrón de formaldehído preparadas, Mezclar y coloque lo tubos en baño de maría a 58°C por 6 minutos. Enfríe a temperatura ambiente. [ 6: 183]

Ajustar con el blanco el 0 de absorbancia del espectrofómeto y medir la absorbancia a 412 nm. Luego se leer la absorbancia de las soluciones estándar. Si se requieren soluciones muy diluidas, se debe utilizar celdas de un paso óptico mayor para garantizar la sensibilidad adecuada. El color es estable durante varias horas. [4 : 28]

#### *VII.4.5. Preparación de Cristalería.*

Toda la cristalería debe ser limpiada lo más rápidamente posible después de utilizarse mediante el empleo del último solvente involucrado, seguido de lavado con detergente con agua caliente, y desaguado luego con agua desmineralizada. Luego se seca a 130 °C por varias horas y se almacena en un ambiente limpio. [ 4 : 28 ]

#### *VII.4.6. Proceso de cuantificación.*

Colocar 50 ml de agua destilada en un frasco el cual debe contener un soporte en su interior para la muestra que se desea evaluar. Suspender la muestra



a evaluar en el soporte, cierre el frasco y colóquelo en un horno a  $49 \pm 1$  °C por 20 horas. Enfriar a temperatura ambiente y remueva la muestra y el soporte de el frasco. Cierre los frascos agitar para mezclar alguna condensación formada.

Cuantificar la cantidad de formaldehído preparando las soluciones obtenidas del tratamiento de las muestras igual que las soluciones patrón de la curva de calibración. Repetir el procedimiento con tres alicuotas diferentes de cada solución tomar en cuenta que estas entren dentro del rango de la curva de calibración. Determinar los  $\mu\text{g}/\text{ml}$  de formaldehído (HCHO) en las muestras de solución usando la curva de calibración preparada. Determinar las ppm de HCHO sobre peso de muestra (utilizar la ecuación presentada en anexo No. 3)

#### *VII 4.7. Diseño de la investigación:*

\* Muestreo: El muestreo no es probabilístico. Se tomarán muestras de tela de diferentes industrias textiles guatemaltecas. Las telas a trabajar serán clasificadas según el tipo de ropa que se fabrica con las mismas, utilizando la misma clasificación que existe a nivel internacional para señalar el porcentaje de formaldehído libre máximo que debe existir en las mismas.

Las telas serán recolectadas en los diferentes centros de distribución de estas.

Luego de recolectadas las muestras se realizará la cuantificación de formaldehído libre, cada determinación se realizará por duplicado y de ser necesario por triplicado.

Las telas a evaluar serán clasificadas como sigue:

- telas para camisas y blusas.
- telas para pantalones.

Se analizará 5 muestras de cada tipo en cada industria a muestrear. Las 4 industrias serán escogidas al azar. El número de muestras totales es  $5 \times 4 \times 2 = 40$  muestras.

\*Investigación: el nivel de la investigación descriptivo. La variable a analizar es la concentración de formaldehído libre determinada por un método espectrofotométrico. Los resultados obtenidos serán tabulados y comparados con el

valor máximo establecido en las regulaciones europeas actualizadas, para lo cual se usará como base los "Nuevos Estándares Europeos de Formaldehído Libre en ppm". Si los resultados muestran concentraciones de formaldehído menores al límite máximo permitido la hipótesis "*Las telas de algodón elaboradas por las industrias textiles guatemaltecas para hacer camisas, blusas y pantalones contienen menos de 300 ppm de formaldehído libre*" queda comprobada. Los resultados obtenidos sólo se pueden aplicar a las muestras analizadas.

## VIII. RESULTADOS

### 8.1. CURVA DE CALIBRACION:

Se realizó una curva de calibración cuya ecuación de la recta es la siguiente:

$$Y = 0.0533X - 0.0499.$$

La cual muestra un coeficiente de correlación de Person ( $r^2$ ) = 0.9998 ; un error estándar de ( $S_{xy}$ ) =  $\pm$  0.1414 y un factor de Exner de 0.02.

### 8.2. MUESTREO:

RESULTADOS ( método de la jarra sellada )

INDUSTRIAS DE IMPORTACION

TABLA No. 1 : Industria BC1.

Muestras de telas destinadas a la elaboración de:	Muestra No.	Contienen menos de 300 ppm	Contienen más de 300 ppm
blusas y / o camisas	0	X	
	1		X
	2		X
	3		X
	4		X
	5		X
Pantalones	0	X	
	1		X
	2		X
	3		X
	4		X
	5		X

TABLA No.2: Industria BC2.

Muestras de telas destinadas a la elaboración de:	Muestra No.	Contienen menos de 300 ppm	Contienen más de 300 ppm
blusas y / o camisas	0	X	
	1		X
	2		X
	3		X
	4		X
	5	X	
Pantalones	0	X	
	1	X	
	2		X
	3		X
	4		X
	5		X

NOTA: La muestra cero equivale a los blancos utilizados al analizar las muestras.

## INDUSTRIAS NACIONALES

TABLA No.3: Industria BC3.

Muestras de telas destinadas a la elaboración de:	Muestra No.	Contienen menos de 300 ppm	Contienen más de 300 ppm
blusas y / o camisas	0	X	
	1		X
	2		X
	3		X
	4	X	
	5	X	
Pantalones	0	X	
	1	X	
	2	X	
	3	X	
	4	X	
	5	X	

TABLA No. 4: Industria BC4

Muestras de telas destinadas a la elaboración de:	Muestra No.	Contienen menos de 300 ppm	Contienen más de 300 ppm
blusas y/o camisas	0	X	
	1	X	
	2	X	
	3	X	
	4	X	
	5	X	
Pantalones	0	X	
	1	X	
	2		X
	3		X
	4		X
	5		X

## IX. DISCUSION

Como puede observarse en los resultados para la curva de calibración, el alto factor de correlación de Person indica que la curva es efectiva para predecir la relación formaldehído "libre" - absorbancia.

El factor de Exner menor de 0.1 indica que hay correlación así mismo el error estándar de estimación aceptable. Los valores predichos mediante esta curva son confiables.

Los valores mostrados en la tabla No.1 muestran que las telas provenientes de una industria textil de importación BC1, no cumplen con el valor establecido en los estándares europeos con respecto a la cantidad máxima de formaldehído libre en telas destinadas a la elaboración de pantalones como las destinadas a la elaboración de blusas, ya que en ambos casos el valor sobrepasa las 300 ppm.

Las telas destinadas a la elaboración de blusas presentan entre 500 - 900 ppm, que excede a más del doble del valor permitido. En cuanto a las telas destinadas a la elaboración de pantalones en general se encuentran arriba de las 1000 ppm.

En la tabla No.2 se muestran los resultados de una industria textil de importación BC2. Como puede observarse en las telas destinadas a la elaboración de blusas, solo una cumple con la norma, y el resto no. En este caso los valores de formaldehído "libre" se encuentran entre 400-500 ppm.

En las muestras de telas destinadas a la elaboración de pantalones se puede observar que sólo una cumple con la norma y el resto no. Los valores de formaldehído "libre" de las muestras de tela que no cumplen con la norma oscilan entre 900 y 1000 ppm;

En cuanto a las industrias textiles nacionales estudiadas, puede observarse en la tabla No.3 para la industria BC3 los resultados obtenidos en las muestras de telas destinadas a la elaboración de blusas que dos no cumplen con la norma y el resto si. El valor de formaldehído " libre" de las muestras se encontró entre 300 - 400ppm. Las muestras de telas destinadas a la elaboración de pantalones cumplieron con la norma; además no evidenciaron presencia de formaldehído libre.

En el caso de la industria textil nacional BC4, no presentaron formaldehído "libre" las muestras de telas destinadas a la elaboración de blusas, todas las muestras cumplieron con la norma. En cuanto a las muestras de telas destinadas a la elaboración de pantalones, una cumplió con la norma. El valor de formaldehído "libre" en las muestras que no cumplen con la norma es arriba de las 300 ppm.

Se concluye que las industrias textiles de importación estudiadas no cumplen con las normas de los Estándares Europeos en cuanto a la cantidad de formaldehído libre permitido, y en las industrias textiles nacionales estudiadas, el 50% de las muestras presentaron formaldehído libre arriba de 300 ppm y el otro 50 % no presentaron formaldehído libre, por lo tanto, la hipótesis planteada, se rechaza.

Es importante mencionar que todas las muestras fueron adquiridas en diferentes centros de distribución a nivel nacional, desconociéndose la fecha de elaboración por no tenerlo estampado lo que indica que las muestras provenientes de las industrias de importación que presentaron una alta cantidad de formaldehído "libre" deben de presentar una cantidad mucho más alta en el momento de ser acabadas. Una buena parte del formaldehído "libre" debió ser liberada durante el almacenamiento, lo que se ve reflejado en altos valores de formaldehído "libre" que reportan al ser analizadas.

Los valores de formaldehído "libre" en telas pueden variar dependiendo del tipo y tiempo de almacenamiento; [ 6 ; 56 ] a esto se debe que los valores que las muestras presentan se encuentren en un rango de valores de formaldehído "libre" alto , ya que fueron adquiridas en los diferentes centros de distribución de las industrias textiles por lo tanto sometidas a diferentes tiempos y tipos de almacenamiento.

Las muestras de la Industria textil de importación BC1son ampliamente distribuidas a nivel nacional y se caracterizan por ser de buena calidad, especialmente en cuanto a la capacidad de fijar el teñido. Esto se vio reflejado en el proceso de análisis ya que durante el proceso de incubación ninguna de las telas de esta industria perdió color. Se debe mencionar que todas las telas fueron de colores lisos y no estampados. En el caso de las muestras de telas destinadas a la elaboración de blusas los colores eran claros y en las muestras de telas destinadas a la elaboración de pantalón fueron oscuros, lo que podría indicar que para fijar estos últimos se esta usando un exceso de resina a base de formaldehído-urea para



obtener mejores resultados, no teniendo cuidado de retirar el exceso al finalizar el proceso de acabado de la tela.

Los colores de las telas evaluadas en Industria textil de importación BC2 eran desde oscuros hasta claros; los resultados obtenidos podría reflejar que las telas son tratadas de una forma adecuada después de aplicada la resina, ya que no se presentó exceso de formaldehído libre en las telas de colores oscuros.

Las muestras de telas destinadas a la elaboración de pantalones de la industria textil nacional BC2 fueron de colores su mayoría oscuros, lo que podría confirmar que se usa resina en exceso para obtener mejores resultados al fijar los colores oscuros y las telas no son tratadas debidamente para retirar este exceso.

Las muestras de telas destinadas a la elaboración de blusas de la industria textil nacional BC3 son de colores claros. Las que no cumplen son muestras de telas estampadas, además, fueron las únicas que evidenciaron la presencia de formaldehído. Las muestras de telas destinadas a la elaboración de pantalones fueron de colores claros y oscuros, y no evidenciaron la presencia de formaldehído libre lo que podría indicar que esta industria solo esta utilizando la resina a base de formaldehído-urea para mejorar la calidad en telas estampadas. Esto podría ser confirmado con el hecho de que al ser incubadas en el método de análisis, no presentaron ningún rasgo de pérdida de color.

En cuanto a las muestras de tela destinada a la elaboración de pantalones de la industria textil nacional BC4 ; la muestra que cumplió con la norma no esta teñida, además no presentó evidencia de formaldehído "libre". En cuanto a las demás muestras que se salen de la norma, todas son teñidas y con colores oscuros lisos, no presentan estampado, lo que podría indicar que esta industria utiliza la resinas de formaldehído-urea para mejorar la fijación del color y hacer durable el mismo.

## X. CONCLUSIONES

10.1 Las industrias textiles de importación estudiadas no cumplen con las normas de los Estándares Europeos en cuanto a la cantidad de formaldehído libre permitido, y en las industrias textiles nacionales estudiadas, el 50 % de las muestras presentaron formaldehído libre arriba de 300 ppm y el otro 50 % no presentaron formaldehído libre, por lo tanto, la hipótesis planteada, se rechaza.

10.2. Las muestras de telas destinadas a la elaboración de pantalones, blusas y/o camisas de la *industria textil de importación* BC1 tienen más de 300 ppm, por lo tanto no cumplen con las normas de los "Nuevos Estándares Europeos" de Formaldehído "libre".

10.3. Las muestras de telas destinadas a la elaboración de pantalones de la *industria textil de importación* de BC2 y de la *industria textil nacional* BC4 tienen más de 300 ppm .

10.4. Las muestras de telas destinadas a la elaboración de y blusas de la *industria textil nacional* BC4, cumplieron con las normas de los "Nuevos Estándares Europeos" de Formaldehído "libre"

## XI. RECOMENDACIONES

1. Realizar la cuantificación de formaldehído "libre" en telas de algodón de la industria textil guatemalteca, destinadas a otros usos para corroborar si cumplen o no con los parámetros establecidos en las normas de los "Estándares Europeos" .
2. Implantar este tipo de análisis en las industrias textiles de algodón guatemaltecas para que certifiquen sus productos.
3. A las industrias que elaboran prendas con telas tratadas con resinas a base de urea - formaldehído, deben especificar en las etiquetas que portan las prendas que deben ser lavadas antes de usarlas.
4. A las industrias textiles: deben implementar medidas de seguridad a sus trabajadores, y el seguro social un control de equipo.
5. Realizar futuras investigaciones de la relación existente color - formaldehído "libre".

## IX. REFERENCIAS

1. Padilla Reyes, Rubén Eduardo. Determinación de Formaldehído, acetaldehído y fenol en el humo de cigarrillos de fabricación nacional por cromatografía gas-liquido. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala (tesis de graduación de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia)
2. Hoja de seguridad de un producto con formol al 37%. Hoja de seguridad fecha actualizada 31-07-94. URL [www.complicad.com/formol 37 htm](http://www.complicad.com/formol37.htm).
3. Kirk, Raymond: Enciclopedia de Tecnología Química. 2da edición. Edit. Hispano-Americana: México. 1965. Vols 16. Vol 15.
4. Rozzoto Herrera, Luis Felipe. El algodón. Su importancia económica para el desarrollo del país. Guatemala: Universidad Mariano Galvez. (tesis de graduación de la Facultad de Ingeniería). 1976. 90 p.
5. Santos Tejeda, Sergio Eduardo. Estudio Cinético de La Degradación por Hidrólisis de la Resina de Formaldehído Empleada en la Fabricación de Paneles de Madera. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. (tesis de graduación de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 1998. 60p.
6. Plunket, E. R. Handbook of Industrial Toxicology. 2<sup>nd</sup> edition. Chemical Publishing Co. USA. 1984. 552p.
7. Handbook of Laboratori Safety. 2<sup>nd</sup> edition. Edit. Norman V. Steere. 1982. 854p
8. Riva, Colom y Cañavate. Aplicación de una Resina Libre de Formaldehído en el acabado de facil cuidado del Algodón. Edit. Venezuela Textil. 1988. 56-66.
9. Formaldehyde Odor in Resin Treated Fabric, Determination of Sealed Jar Method. AATCC. D - 6230.
10. Snel, Foster Dee y Leslie S. Etter. Enciclopedia of Industrial Chemical Analysis. Intercience Publishier: USA. Vols 20, Vol 9 y 20. 1971. 617 p.

11. Austin, George T. Manual de Procesos Químicos en la Industria. 5ta edi. MacGraw-Hill: México. 1988. 962p.
12. Enciclopedia of Science and Technology. 1th edition. Edit. MacGraw-Hill; USA. 1960. Vols. 20. Vol 15.

## ANEXO 1

### NUEVOS ESTANDARES EUROPEOS

#### FORMALDEHIDO LIBRE PPM

- Playeras, blusas, camisas	300 ppm
- Ropa para dormir, ropa interior, calcetines	75 ppm
- Textiles para bebes y niños pequeños	20 ppm
- Telas para manteles	300 ppm
- Telas para cortinas y decoración	800 ppm.
- Telas para ropa de cama, cobertores y toallas	300 ppm
- Telas para ropa de trabajo diario	300 ppm

Proporcionados por Industrias Hoecht - Marion .

## ANEXO 2

FORMULA PARA EL CALCULO DE LA CONCENTRACION DE LA  
SOLUCION ESTANDAR DE FORMALDEHIDO.

$$\text{HCHO libre (mg/ml)} = \frac{(\text{ml de HCl gastado}) \times (\text{N HCl}) \times (\text{factor 30.3})}{\text{ml de solución titulada}}$$

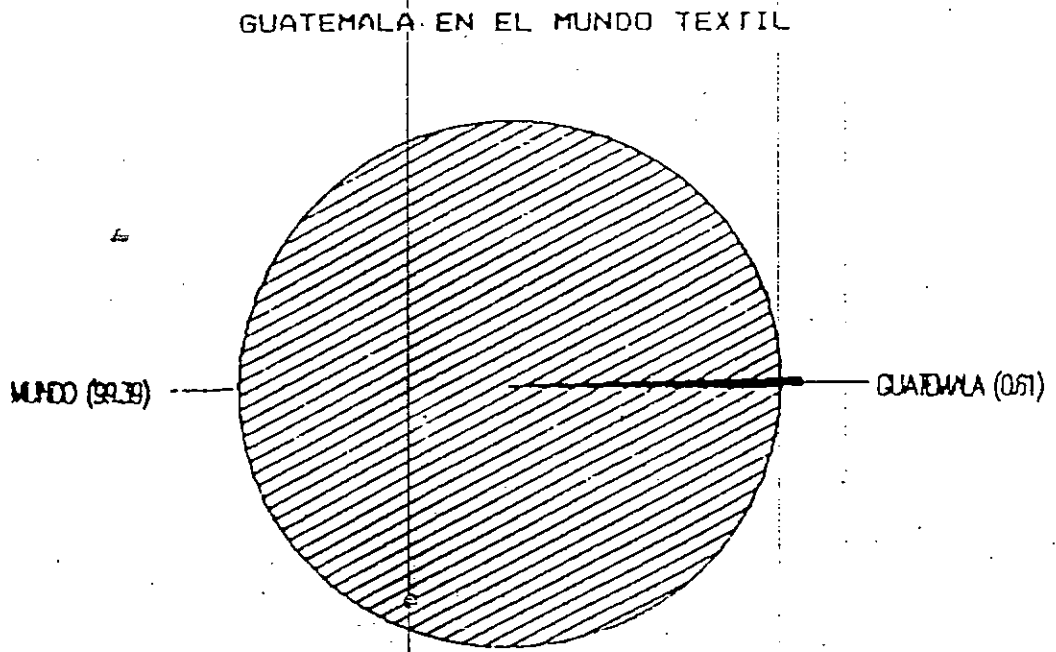
### ANEXO 3

ECUACION PARA DETERMINAR FORMALDEHIDO LIBRE EN PPM POR  
PESO DE MUESTRA DE TELA DE ALGODON ANALIZADA.

$$\text{ppm } (\mu\text{g /ml}) \text{ HCHO} \text{ en peso de muestra} = \frac{\text{ppm}(\mu\text{g /ml}) \text{ HCHO en solución} \times 50}{\text{peso de la muestra en g.}}$$



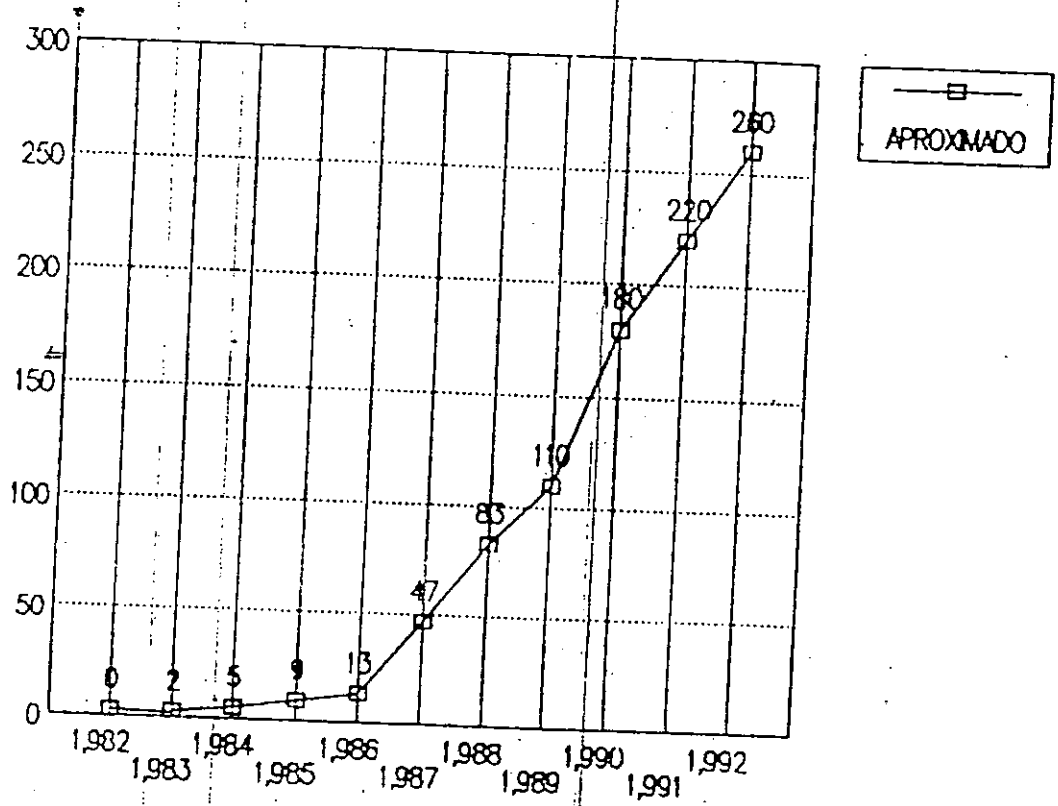
# ANEXO 4



# ANEXO 5

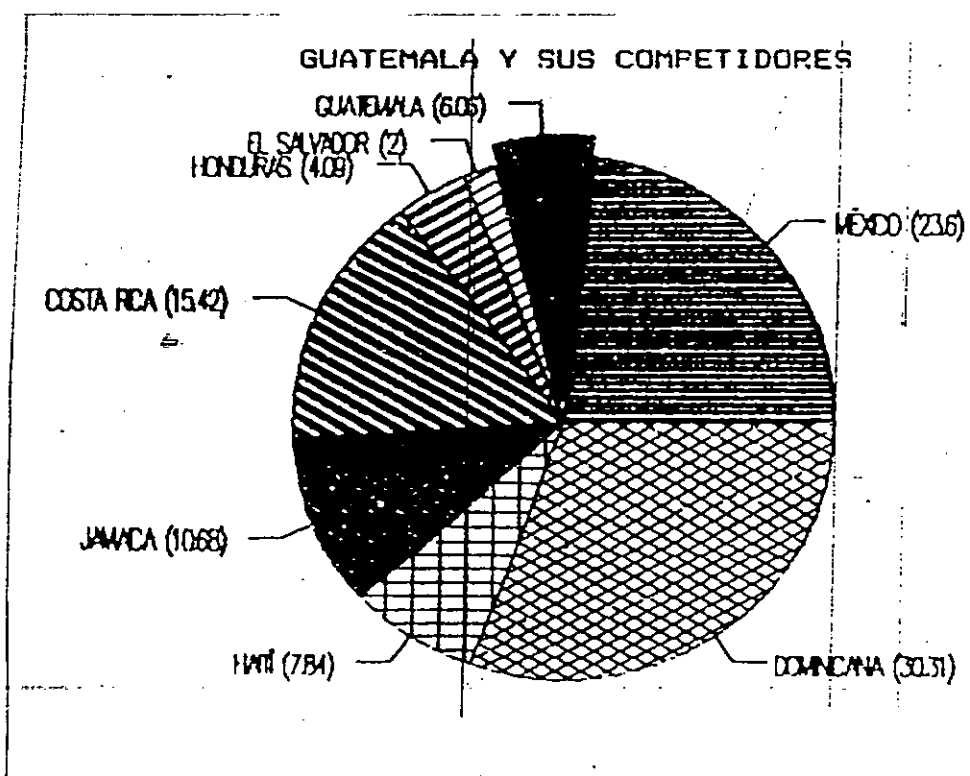
## EXPORTACIONES Y PROYECCIÓN DE MAQUILA

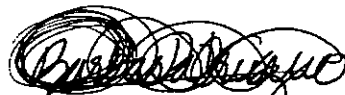
MILLONES DE U.S. DÓLARES



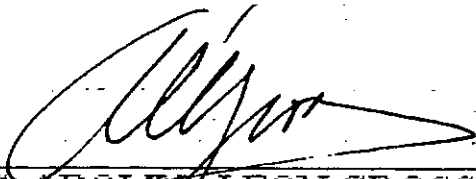
Fuente: GEXPRONT

## ANEXO 6

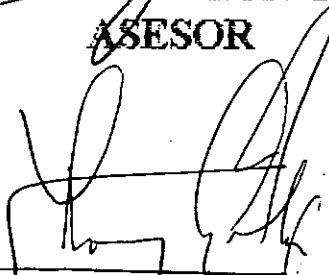




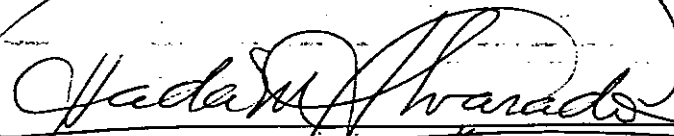
Br. BARBARA ROSARIO CRUZ CANO  
**AUTOR**



LIC. ADOLFO LEON GROSS  
**ASESOR**



LIC. RONY ESTUARDO AYALA JIMENEZ  
**DIRECTOR**



LIC. HADA MARIETA ALVARADO BETETA  
**DECANA**