

67



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

EVALUACION DE ABRILLANTADORES OPTICOS  
PARA DETERGENTES EN POLVO

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA

P R E S E N T A :

TLALLA ISLAS PATIÑO



MEXICO, D.F.



EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUIMICA

294723

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente	Federico Galdeano Bienzobas
Vocal	María del Socorro Alpízar Ramos
Secretario	Ernestina Hernández García
1er. Suplente	Liliana Aguilar Contreras
2o. Suplente	Rolando Javier Bernal Pérez

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Procter & Gamble Manufactura  
Product Development Department

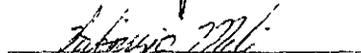
ASESOR DEL TEMA:



---

Federico Galdeano Bienzobas

ASESOR TÉCNICO:



---

Fabrizio Meli Thompson

SUSTENTANTE:



---

Tialla Istas Patiño

## DEDICATORIAS

*A mis padres, Reynaldo y Martha, por darme la vida, una familia y un hogar. Por ser fuente de amor y apoyo incondicional, por enseñarme a vivir como ellos saben hacerlo: con determinación, alegría y fuerza.*

*A mi papá, porque siempre me ha motivado a hacer todo lo mejor posible, por enseñarme tantas cosas que ahora me hacen enfrentar la vida sin miedo. Gracias por darme esa libertad y confianza.*

*A mi mamá, por ser un gran ejemplo de trabajo y superación. "No hay nada que lleve más a un niño a la experiencia de lo que son la felicidad, el amor y la alegría, que el amor de una madre que se ama a sí misma".*

*A mi hermano Oscar, por enseñarme a no tomarme las cosas tan en serio. "No tenía la seguridad de estar actuando correctamente, pero tenía la seguridad de estar actuando tal y como quería actuar".*

*A mi hermana Erendira por su paciencia y alegría, por todos los consejos y buenos momentos. "Tienes el pincel y los colores, pinta el paraíso y entra en él".*

*A Iliwen, por todo lo que hemos compartido en 10 años de amistad y por lo que nos falta.*

*A Paola, por su alegría y fuerza para hacer las cosas. "La libertad de decir lo que se siente y se piensa, en lugar de lo que se debería sentir y pensar".*

*A Sonia, porque siempre tuvo el carácter para salir adelante.*  
*A Diana, porque nuestra amistad surgió desde antes de nacer.*  
*A Erwin, por su paciencia y por ser una excelente persona.*  
*A Jazmín, por las risas y todos los buenos momentos.*  
*A Angel, por ser un amigo tan sincero y entusiasta.*  
*A Carlos, porque las acciones trascienden las palabras.*  
*A Charbel, por todas las bromas y el apoyo cuando lo necesité.*  
*A Memo, porque nunca se le pasa mi cumpleaños.*  
*A Barbarita y Gaboña por el apoyo y las porras.*  
*A Itzel, Vero y Gerardo por coincidir y estar conmigo.*  
*A Bego, por saber escuchar y por las pláticas que van más allá de lo superficial.*  
*A Luis, por sus bromas, porras y apoyo para la beca.*  
*A Nayeli, por enseñarme a buscar siempre lo mejor, a tener mayor número de alternativas,  
pero sobre todo por su amistad.*  
*A Lalo, por tener un corazón tan grande y compartirlo con los demás.*

*Es difícil nombrar a todas las personas que han sido, de algún modo o de otro, parte importante de mi vida. Sin embargo, para no omitir a nadie, me gustaría dedicar este trabajo de la siguiente forma:*

*A TODAS LAS PERSONAS QUE QUIERO  
YA LAS QUE QUISE,  
A LOS QUE ME QUISIERON  
YA LOS QUE ME QUIEREN.*

*A todos ustedes...*

*MUCHAS GRACIAS POR HACERME TAN FELIZ.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Procter & Gamble Manufactura (Planta Vallejo) por la autorización y las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto.*

*Al I.Q. Federico Galdeano por el apoyo y la confianza que depositó en mí para poder concretar este trabajo.*

*A la gente de P&G que hizo posible este logro:*

*A Fabrizio Meli por todo el apoyo técnico, sugerencias y correcciones a este trabajo.*

*A Nayeli Reza, por las enseñanzas y experiencias.*

*A toda la gente del laboratorio con quienes compartí momentos muy agradables: Begoña, Nayeli, Luis, Jordi, Elena, Lucy, Susana, Roberto, Fabrizio, Lalo, César, Patricia, Edgar, Florencia y Rodolfo.*

*A la Facultad de Química.*

*Retir es correr el riesgo de parecer tonto.*

*Llorar es correr el riesgo de parecer sentimental.*

*Acercarse a los demás es correr el riesgo de verse comprometido.*

*Comunicar tus sueños e ideas a la gente es arriesgarse a perderlos.*

*Amar es correr el riesgo de no ser correspondido.*

*Esperar es correr el riesgo de sentir dolor.*

*Intentar algo es correr el riesgo de fracasar.*

*Pero debe asumirse el riesgo, porque el mayor peligro que hay en la vida  
es no arriesgarse a nada.*

*La persona que no arriesga nada no hace nada, no tiene nada y nada es.*

*Tal vez evite así el sufrimiento y la pena, pero tampoco podrá aprender, sentir,  
cambiar, madurar, vivir ni amar.*

*Solo quien se arriesga es libre.*

# INDICE

	Página
<b>Capítulo 1.</b>	
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 2.</b>	
<b>Objetivos</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo 3.</b>	
<b>Detergentes</b>	<b>5</b>
3.1 Ingredientes principales	5
3.2 Detergentes tradicionales vs. Detergentes compactos	8
3.3 El proceso de lavado	10
3.4 Métodos de evaluación de los detergentes	11
3.5 Evaluación de remoción de manchas por un detergente	12
3.6 Textiles	14
<b>Capítulo 4.</b>	
<b>Abrillantadores ópticos</b>	<b>18</b>
4.1 Clasificación	19
4.2 Modo de acción	20
4.3 Identificación	22
4.4 Actividad	23
4.5 Los abrillantadores como un componente de los detergentes	24
4.6 Degradación	27
4.7 Proceso del abrillantador en el lavado	28
4.8 Propiedades de un abrillantador en solución	29
4.9 Evaluación de la blancura	31
4.9.1 Evaluación visual de la blancura	34
4.9.2 Evaluación instrumental de la blancura	36
4.10 Seguridad del producto	37

<b>Capítulo 5.</b>		
	<b>Desarrollo experimental</b>	<b>38</b>
<b>Capítulo 6.</b>		
	<b>Resultados y análisis de resultados</b>	<b>46</b>
<b>Capítulo 7.</b>		
	<b>Conclusiones</b>	<b>67</b>
<b>Bibliografía</b>		<b>70</b>

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

Las prendas de vestir son lavadas por razones de higiene, salud, limpieza y apariencia. Para este fin han sido desarrollados detergentes que cubren dichas necesidades ya que son productos que ayudan a la tarea diaria de cuidado personal, permitiendo la remoción de manchas de las telas. El desempeño de un detergente debe ser evaluado con su efecto en un sustrato en el cual la presencia de manchas sea fácilmente observable; por ello dicha evaluación se realiza principalmente en telas de color blanco. (13)

El blanco es el más brillante de todos los colores, asociado fuertemente en nuestras mentes con limpieza y pureza, ya que refleja el 100% de la luz que incide sobre el objeto y esta reflectancia es obtenida por muy pocos sustratos tales como el sulfato de bario y el óxido de magnesio. Por el contrario el negro ideal se refiere al color de un objeto o material que absorbe toda la luz que recibe. (5)

El color blanco es particularmente sensible a las influencias relacionadas con el sustrato, especialmente con las manchas ya que éstas dependiendo su composición absorben parte de la luz que incide sobre los textiles evitando así que toda sea reflejada y dando un aspecto de suciedad a los mismos. (7) Esta reducción en la blancura puede ser parcial o totalmente compensada por medio de lavados, blanqueo con agentes como el hipoclorito de sodio o bien con técnicas coloridas. (5, 7)

Una de las técnicas coloridas usadas anteriormente era el método de "azulado", utilizando para ello un colorante azul o bien un azul-violeta, los cuales cubrían el tono amarillento encontrado sobre todo en aquellas fibras de origen natural como el algodón. La desventaja de este método es que el tono azulado obtenido ocasiona una pérdida en la reflectancia final, ya que el colorante absorbe parte de la luz que incide sobre el textil. (7)

Otro método que ha sido más ampliamente utilizado es el blanqueo con hipoclorito de sodio ya que esta técnica permite, por procesos de oxidación, decolorar las manchas de

los textiles. Esto indica que el blanqueo con agentes como el hipoclorito pueden reducir en gran medida las impurezas coloridas de una tela, sin embargo aunque esta remoción sea tan eficientemente llevada a cabo como sea posible, es un método que daña y debilita las fibras además de que no se puede eliminar el color totalmente. Por lo anterior se deduce que el blanqueo químico utilizado no es por si solo capaz de obtener el blanco brillante deseado por las personas que utilizan los detergentes en la actualidad. (8) Por esta razón, la introducción de los abrillantadores ópticos en el proceso de lavado ha representado un considerable avance en la industria de los detergentes, ya que el blanqueo que proporcionan es de tipo físico y no químico por lo que no se dañan los textiles involucrados. (7) El blanqueo químico logrado con agentes como el hipoclorito es diferente al blanqueo físico obtenido por los abrillantadores ópticos, sin embargo pueden complementarse si son correctamente utilizados. (8)

Los abrillantadores ópticos son moléculas orgánicas que absorben la invisible porción ultravioleta de la luz y la emiten, por un proceso de fluorescencia, en forma de luz visible aumentando la reflectancia obtenida en la tela y dando la impresión de una mayor blancura. (1, 39) Los abrillantadores tienen la propiedad de compensar la baja reflectancia de los textiles sin la pérdida del brillo obtenida antiguamente por el uso de colorantes azules. (7)

El porcentaje de los abrillantadores ópticos en un detergente es pequeño (0.02%-0.2%), sin embargo su contribución a la blancura de las telas no ha podido ser igualada por ningún otro ingrediente presente en el producto y se han convertido en un material indispensable en los detergentes actuales. Debido a esto, la importancia económica de los abrillantadores ópticos también ha ido en aumento: en 1992 el consumo mundial ascendió a 60,000 toneladas de las cuales 50 % fue destinada para el consumo de la industria de los detergentes, 33% para la industria del papel y 17% para la industria textil. (30)

Existen en todo el mundo muchas diferencias en las condiciones de lavado (presencia de agentes blanqueadores, cambios de temperatura, etc), por lo que se hace evidente la necesidad de contar con métodos de evaluación del desempeño de los

abrillantadores que permitan conocer su estabilidad a estos cambios. Los métodos no se encuentran estandarizados para toda la industria de los detergentes ya que cada compañía, en base a sus necesidades y posibilidades, puede obtener menor o mayor información dependiendo de la profundidad de la investigación. Con base a los resultados obtenidos en el laboratorio podremos definir cuáles abrillantadores se utilizarán en determinada formulación para evaluar, finalmente, su desempeño en el producto final.

## CAPÍTULO 2

### OBJETIVOS

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar tres abrillantadores ópticos para detergentes en polvo en base a sus propiedades espectrofotométricas y determinar cuál de ellos se utilizará en una formulación, tomando en cuenta su estabilidad en presencia de agentes blanqueadores en condiciones de lavado determinadas.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Desarrollar la metodología que permita evaluar la presencia y actividad de un abrillantador en solución mediante el uso del espectrofotómetro.
- Determinar espectrofotométricamente si existe un comportamiento lineal entre la absorbancia obtenida por un abrillantador óptico en solución y su concentración.
- Determinar si las mediciones en el espectrofotómetro no se ven alteradas cuando los abrillantadores se evalúan en una solución de detergente.
- Evaluar la estabilidad de los abrillantadores ante agentes blanqueadores y cuantificar su impacto en la actividad de los mismos
- Recomendar un sistema de abrillantadores ópticos para detergentes.

# CAPÍTULO 3

## DETERGENTES

Un detergente es un producto o formulación cuya función es participar en el proceso de lavado para promover la remoción de manchas y grasa corporal de un sustrato determinado, en este caso textiles, gracias a que contiene ingredientes con funciones diferentes pero complementarias tales como surfactantes, “builders”, agentes controladores de espuma, agentes antiredepositantes, abrillantadores ópticos, enzimas, blanqueadores, suavizantes de telas, agentes antibacteriales, perfumes, entre otros. (13)

### 3.1 INGREDIENTES PRINCIPALES

#### SURFACTANTES:

Los surfactantes son el componente básico de un detergente (pueden constituir hasta un 40% del mismo) y presentan una parte hidrofílica y otra lipofílica. Su función es disminuir la tensión superficial e interfacial haciendo que las manchas puedan ser más fácilmente removidas. (13, 27)

Existen cuatro tipos de surfactantes: aniónicos, no iónicos, catiónicos y anfotéricos.

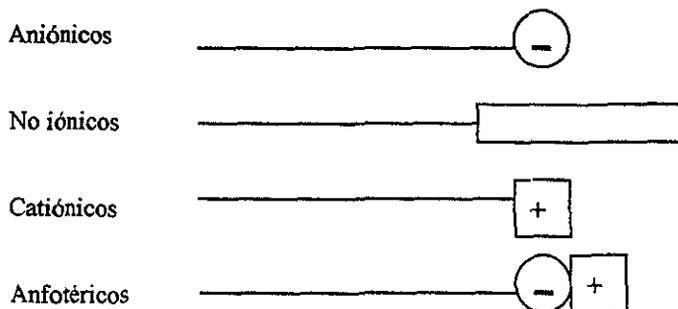


Fig 3.1: Esquema ilustrativo de los 4 tipos de surfactantes. (40)

Los surfactantes aniónicos tienen un carácter hidrofílico debido a la presencia de una cabeza iónica que puede ser un grupo sulfato o sulfonato. Éstos conforman, en volumen, el grupo más importante de surfactantes. Este grupo de surfactantes son utilizados en casi todos los productos en los que se desea un efecto de detergencia y la espuma no es un factor indeseable.

Los surfactantes no iónicos no tienen carga en la molécula, pero deben su carácter hidrofílico a la presencia de oxígenos en la molécula en forma de éteres o de grupos hidroxilo.

Los surfactantes catiónicos tienen generalmente como grupo hidrofílico una sal cuaternaria de amonio y como parte hidrofóbica una o dos colas hidrocarbonadas. Estos surfactantes no son típicamente utilizados por su detergencia, sino porque tienen propiedades antiestáticas, suavizantes de telas y efectos bactericidas. En este caso la carga positiva neutraliza las cargas estáticas de la tela y las colas de la molécula proporcionan una sensación de suavidad en la misma.

Los surfactantes anfotéricos pueden tener, bajo ciertas condiciones de pH, carga negativa o positiva en la molécula. En general, el volumen utilizado a nivel mundial es relativamente bajo y debido a sus propiedades (buena formación de espuma, solubilidad y cuidado de la piel) se usan principalmente en los líquidos para lavar vajillas y en shampoos. (23, 38, 40)

#### BUILDERS:

Estos componentes mejoran el desempeño del detergente debido a que facilitan la función del surfactante por diversos mecanismos. Su función principal es atrapar los iones (calcio y magnesio) que se encuentran en la solución de lavado ya que pueden interferir la acción del surfactante. Otra de las funciones de los builders es mantener la alcalinidad del agua de lavado, neutralizar los ácidos grasos contenidos en las telas y actuar como agentes antirredepositantes. (13)

#### AGENTES CONTROLADORES DE ESPUMA:

Son útiles para la estabilización de la espuma en el caso de detergentes “tradicionales” y también para disminuir la espuma en los productos de “baja espuma”, muchos de los cuales son utilizados para lavadoras automáticas.

#### AGENTES ANTIRREDEPOSITANTES:

Son agentes agregados a las formulaciones de detergentes para ayudar a mantener en suspensión las partículas resultantes de la remoción de manchas y grasa, evitando así que vuelvan a depositarse en las telas.

#### ENZIMAS:

Las enzimas, son ampliamente utilizadas porque son capaces de atacar sustratos específicos, por lo que la remoción de manchas en una tela es mucho más eficiente. En un detergente se utilizan proteasas, amilasas, lipasas y celulasas. Las proteasas apoyan en la remoción de manchas constituidas principalmente por proteínas como sangre, pasto y algunos tipos de comida. Las amilasas actúan en las manchas de productos alimenticios que contienen almidón y, por su parte, las lipasas actúan en el caso de manchas de aceite o grasas provenientes del sebo natural del cuerpo humano o de comida grasosa. Las celulasas son enzimas cuya función principal consiste en remover las microfibras de las telas, formadas durante el lavado y el uso de las prendas, haciendo que los colores se vean más brillantes.

Las enzimas pueden causar reacciones alérgicas, por lo que actualmente se han desarrollado granulados que evitan el contacto directo de las enzimas con la piel gracias a una cubierta inerte que las rodea. (24)

#### ABRILLANTADORES:

Los abrillantadores mejoran la apariencia de las prendas de vestir ya que las hacen verse más limpias y dan una mejor percepción de la eficacia del detergente (4b, 4c). Estas moléculas compensan el color amarillento de las telas causado por el uso y otros factores tal como la utilización de blanqueadores en el lavado. Los abrillantadores ópticos tienen la propiedad de absorber luz UV y emitirla como luz visible (azul), fenómeno mejor conocido como fluorescencia. (32)

### **3.2 DETERGENTES TRADICIONALES VS. DETERGENTES COMPACTOS**

Desde la introducción de los detergentes, la presentación en polvo ha sido adoptada como la que tiene más ventajas, ya que su forma física cumple con los requerimientos de los fabricantes y los usuarios finales que son:

- Buen desempeño en general (cantidad de espuma, protección de las telas, remoción de manchas, entre otras).
- Alta solubilidad y dispersabilidad.
- Fragancia y aspecto agradable.
- Ausencia de efectos negativos en la piel y las telas. (26)

Existe una amplia gama de detergentes en polvo disponibles en todo el mundo, sin embargo pueden agruparse en dos grupos principales: Los detergentes tradicionales y los concentrados. Los detergentes tradicionales son los más conocidos y muy bien aceptados; los detergentes compactos tienen una densidad y un total de ingredientes activos mayor por lo que su desempeño también es más eficiente. Algunas de las ventajas de los detergentes compactos son: menores costos de formulación, manufactura, empaque y distribución así como menor espacio de almacenamiento. (40) Ver tabla 3.1

Debido a la gran cantidad de ingredientes utilizados en un detergente se ha hecho necesario establecer ciertos parámetros que garanticen la calidad del mismo, entre ellos tenemos:

- **Densidad y distribución del tamaño de partícula:** La segregación del producto así como sus propiedades de flujo están determinadas en gran parte por la densidad y el tamaño de las partículas sólidas.
- **Friabilidad:** Se llama así a la tendencia de un sólido a fracturarse o pulverizarse. Esta propiedad afecta la distribución del tamaño de partícula en el producto final y las propiedades de flujo.
- **Hidratación:** El agua está involucrada en una gran cantidad de productos incluyendo a los detergentes en polvo. Es común que los ingredientes sólidos puedan absorber agua para formar hidratos y el grado de hidratación afecta la estabilidad del producto, así como las propiedades de flujo.
- **Estabilidad química:** Los ingredientes contenidos en el detergente deben de ser compatibles entre sí, para garantizar la estabilidad del producto, así como un adecuado desempeño del mismo. Esto es especialmente crítico en el caso de los detergentes ya que se utilizan materiales como enzimas y agentes blanqueadores que pueden ser inactivados. (40)

Ingrediente	Detergente convencional (baja densidad)	Detergente compacto (alta densidad)
Surfactantes	15% - 25%	25% - 40%
Zeolitas	10% - 20%	25% - 35%
Carbonatos	15% - 25%	20% - 30%
Silicatos	2% - 10%	2% - 10%
Sulfatos	20% - 30%	0% - 5%
Agentes blanqueadores	0% - 5%	0% - 5%
Otros ingredientes (agentes antirredepositantes, enzimas, abri- llantadores ópticos, perfume).	1% - 3%	1% - 3%
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0.3 - 0.4	0.5 - 0.9

Tabla 3.1: Comparación entre los porcentajes de los componentes de un detergente convencional y uno compacto. (26, 40)

### 3.3 EL PROCESO DE LAVADO

El proceso de lavado tiene como finalidad restaurar la condición inicial de las prendas de vestir, por un tratamiento con detergente y agua, para desacelerar su envejecimiento y prolongar su vida útil. La blancura inicial de la prenda nueva se ve reducida debido al uso, pero ésta puede compensarse durante el lavado gracias a ingredientes como los abrillantadores ópticos. (7)

Una definición del proceso de detergencia (lavado) sería: La remoción de grasa y manchas de un sustrato inmerso en un medio, generalmente con la ayuda de una acción mecánica, en presencia de una sustancia química que pueda disminuir la adhesión de estas manchas al sustrato. (13)

El deterioro de la blancura de una prenda es resultado de varios factores, uno de los más importantes es el manchado de las mismas con material orgánico e inorgánico. El uso de la prenda le causa ciertas deformaciones, por lo que el efecto de blancura también se ve reducido al igual que con el uso de diferentes productos tales como: blanqueadores, detergentes, etc. Debido a todo esto es natural que la apariencia de las prendas nuevas de color blanco cambie y presente gradualmente un tono amarillento. (7)

El proceso de lavado es mundialmente utilizado para el cuidado y mantenimiento de la ropa, sin embargo tiene características diferentes en los países, por ejemplo la temperatura del agua de lavado (ver tabla anexa):

Región	Temperatura de lavado (°C)
América del Norte	10 – 50
Europa	30 – 95 (preferentemente 60)
Lejano Este (China)	15 – 25
Australia	15 – 25
Africa	15 – 25

Tabla 3.2: Temperaturas de lavado más utilizadas por región geográfica. (36)

### 3.4 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LOS DETERGENTES

Después de muchos métodos diferentes para evaluar la eficacia de un detergente, se llegó a la conclusión de que el único método aceptable es aquél que se conduce bajo condiciones reales de lavado. Los estudios de laboratorio pueden constituir una buena aproximación del desempeño final de los detergentes, sin embargo, es preferible que antes de sacar conclusiones, se realicen pruebas de lavado lo más cercanas posibles al uso normal. (13) Una diferencia entre estos dos métodos de evaluación del desempeño del detergente es que en el caso de la evaluación de laboratorio se utilizan manchas generalmente de mayor intensidad que aquellas que se tienen bajo condiciones de uso normal de la prenda, por lo que el detergente en la mayoría de los casos no es capaz de remover la mancha al 100%; en cambio en una evaluación bajo condiciones reales las prendas lavadas tienen manchas mucho menos intensas por lo que el detergente es capaz de removerlas totalmente.

Muchas organizaciones han intentado estandarizar los métodos de evaluación, como por ejemplo: The American Society for Testing and Materials, The American Association of Textile Chemists and Colorists, The American Home Laundry Manufacturers Association, The Association of Home Appliance Manufacturers, entre otras; sin embargo no han tenido éxito, pero han estimulado la investigación en este sentido. (13)

Una medida del desempeño de un detergente puede ser desde una estimación de la cantidad de mancha presente en el sustrato antes y después del lavado hasta el uso de instrumentos más caros y especializados.

El propósito principal de estandarizar una metodología para evaluar el desempeño de un detergente es: proveer una evaluación objetiva (idealmente numérica) y eliminar de este modo todas aquellas variables subjetivas. La evaluación puede llevarse a cabo en diferentes etapas del desarrollo de un producto y la información puede ser utilizada para diversos fines:

- En producto terminado para establecer el desempeño del detergente comparado con otros productos (esta información puede usarse para fines de mercadotecnia).

- En formulaciones preliminares durante el desarrollo, para evaluar su desempeño.

Un protocolo para evaluar el desempeño de un producto debe de ser: reproducible, exacto, y rápido para poder asegurarnos que los resultados podrán ser obtenidos en otros laboratorios si se controlan las variables adecuadas. Esto nos garantiza tener datos confiables y una mayor certidumbre de que si una formulación nueva se desempeña bien en estas condiciones, lo mismo sucederá en evaluaciones subsecuentes.

En el caso del desempeño de los detergentes se tienen tantas variables (manchas, cantidad de ropa (kg), concentración del detergente, tiempo de lavado, temperatura, tipo de sustrato o tela, entre otras) que se hace difícil predecir los resultados que se obtendrán en evaluaciones a mayor escala antes de lanzar un producto al mercado. Sin embargo, las evaluaciones a nivel laboratorio siguen siendo una buena referencia para predecir el comportamiento del producto si se incluye un estándar de referencia en la evaluación. (40)

### **3.5 EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE MANCHAS POR UN DETERGENTE:**

En el caso de un detergente se puede conocer su desempeño por evaluación de la blancura obtenida (se ampliará este punto en el siguiente capítulo de abrillantadores) y/o el porcentaje de remoción de las manchas en una tela. (40)

La remoción de manchas se determina por el incremento obtenido en la reflectancia de una prenda manchada después de ser lavada. No existe una relación lineal entre los valores de reflectancia y la concentración de la mancha presente en las telas; esto es debido a que existe una diferencia en la reflectancia entre las manchas ya que la luz puede ser desviada por éstas en diferentes proporciones de acuerdo a su arreglo en la tela y al tamaño de partícula que posean. (40)

Existe un procedimiento general especificado por la ASTM (The American Society for Testing and Materials) Clave D-3050 en el que se detalla un lavado de prendas

manchadas artificialmente en una lavadora miniatura, para después medir el incremento en la reflectancia obtenido. (15)

Las telas manchadas de manera artificial pueden ser preparadas por las mismas personas que las utilizarán o bien pueden ser adquiridas con algún proveedor calificado. Se deben de tener como mínimo dos tipos de manchas diferentes, una de ellas de grasa corporal y la otra de tipo “particulada”, por ejemplo tierra. En el caso de EUA 3 tipos de telas son los más usados: algodón, algodón/poliéster y poliéster. La lavadora miniatura más comúnmente utilizada en los EUA es el Terg-O-Tometer (tergotómetro) el cual consiste en una serie de contenedores de acero inoxidable que se encuentran en un baño de agua con regulación de temperatura en los cuales se introducen unas palas agitadoras. En general este método es relativamente simple y proporciona resultados reproducibles, además de que es especialmente útil para medir la contribución de un nuevo material o para investigar el efecto de una variable experimental, como la concentración de un ingrediente específico. Sin embargo, este método tiene las variables experimentales bajo un riguroso control lo cual no coincide con las condiciones presentadas en una utilización real del detergente, esto puede observarse mejor en la siguiente tabla:

Condición	Tergotómetro	Vida Real
Manchas	Sintéticas, uniformes	Naturales, variables
Tipo de telas	Tres	Múltiple/variable
Distribución de las telas	Uniforme	Variable
Carga de lavado (kg. Ropa)	Controlada	Variable
Temperatura de lavado	Controlada	Variable
Agitación	Controlada	Variable
Radio kg.ropa/agua de lavado	Alrededor de 1:65	1:15 a 1:20
Concentración del detergente	Controlada	Variable
Evaluación	Instrumental/objetiva	Subjetiva/variable

Tabla 3.3: Comparación de las condiciones de lavado presentes entre el tergotómetro contra las del uso normal del detergente. (40)

A pesar de las diferencias observadas en la tabla anterior, es indispensable seguir realizando la evaluación del detergente primero en el laboratorio bajo condiciones controladas para saber si hay diferencias consistentes y significativas entre prototipos de las nuevas formulaciones para después observar si también son significativas al ser utilizadas en condiciones normales de uso. Por ello la información de ambos estudios es, aunque muy diferente, complementaria.

### **3.6 TEXTILES**

La ciencia textil se dedica al estudio de la estructura y el desempeño de las telas. Abarca desde la constitución de las fibras –que son la unidad fundamental de todas los textiles– pasando por los hilos hasta llegar a las telas para todo tipo de uso. (25) De acuerdo a “The American Society for Testing and Materials”, se entiende como material textil a aquellas fibras, hilos intermedio y terminados, telas y productos hechos a base de telas que tienen aproximadamente la misma fuerza, flexibilidad y otras propiedades típicas de las fibras que les dieron origen. (14)

Todo este conocimiento es fundamental en la industria de los detergentes porque se utilizan sobre todo tres tipos de textiles para realizar pruebas de desempeño en los detergentes: algodón, algodón/poliéster y poliéster.

#### **Algodón:**

Son fibras naturales obtenidas de la planta de algodón y son las más utilizadas en la fabricación de prendas de vestir ya que constituyen prácticamente el 50% del total de las fibras utilizadas mundialmente. Su gran versatilidad les permite tener más de 100 aplicaciones diferentes y se consideran las fibras más usadas en todo el mundo.

Su estructura básica consta de un polímero de celulosa de gran tamaño con numerosos puentes de hidrógeno que lo estabilizan y dan a las fibras gran fortaleza haciéndolas al mismo tiempo hidrofílicas.

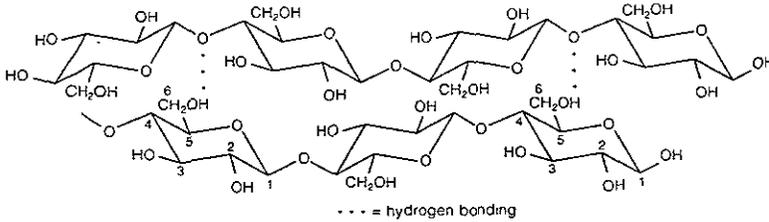


Fig 3.2: Estructura química de una fibra de algodón. Los puentes de hidrógeno se forman entre cadenas de polímero adyacentes entre sí. (25)

Las fibras de algodón pueden ser lavadas incluso bajo tratamientos extremos sin ser dañadas, como por ejemplo cuando se utilizan altas temperaturas y velocidades de agitación. Su resistencia incluye la presencia de blanqueadores durante el lavado, así como diferentes productos para la limpieza de las prendas, incluyendo los detergentes. (25)



Fig 3.3: Microfotografía longitudinal y transversal de las fibras de algodón. (25)

## Poliéster:

Estas son fibras sintéticas formadas por un polímero lineal cuyos principales grupos químicos presentes son los metilenos, carbonilos, anillos bencénicos y uniones ésteres. En las fibras de poliéster no se forman los puentes de hidrógeno como en el caso del algodón debido a la baja polaridad del oxígeno del carbonilo y a la no polaridad de los hidrógenos de los grupos metileno. Sin embargo hay fuerzas de atracción fuertes entre los polímeros debido a la nube electrónica por arriba y por debajo de cada uno de los anillos bencénicos presentes. La baja polaridad de los grupos de las fibras de poliéster lo hacen un textil de tipo hidrofóbico.

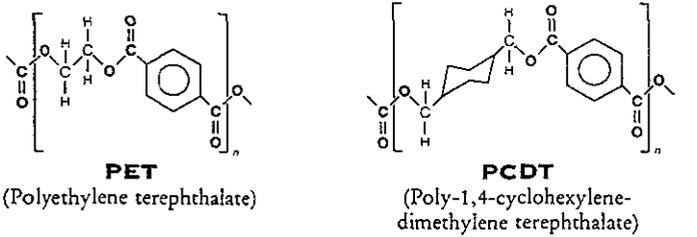


Fig 3.4: Fragmentos de los polímeros más comúnmente utilizados en las fibras de poliéster. El PET constituye alrededor del 95% de todas las fibras de poliéster manufacturadas en la actualidad. (25)

El poliéster es la fibra más usada en los Estados Unidos de Norteamérica y la segunda del mundo, esto debido en parte a que estas fibras tienen una versatilidad tan grande que pueden ser mezcladas con algodón, lana o incluso rayón confiriéndole diferentes propiedades. Son resistentes a agentes blanqueadores como el hipoclorito aunque esto no es siempre necesario ya que el detergente por sí solo puede, generalmente, remover todas las manchas de estas fibras.

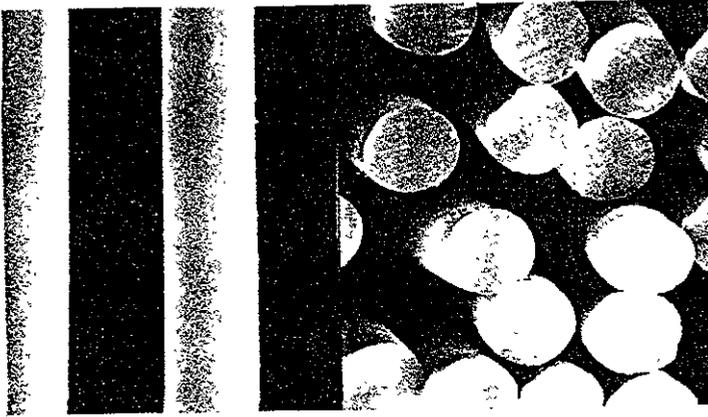


Fig 3.5: Microfotografía de una fibra de poliéster en la que se observa su estructura regular así como un corte transversal en el que se observa su forma redonda y superficie lisa. (25).

## CAPÍTULO 4

### ABRILLANTADORES ÓPTICOS

Artículos tales como papel, plásticos y textiles pueden contener impurezas coloridas que absorben parte de la luz del día (400-480 nm) lo que ocasiona que tengan una apariencia amarillenta. Este efecto puede ser reducido, aunque no eliminado, por blanqueo químico. En el caso de los textiles puede enmascarse la apariencia amarillenta por el uso de tinta azul, este color absorbe el exceso de amarillo para producir un incremento relativo en la reflectancia del color azul haciendo que el objeto parezca más blanco. Este método ha caído en desuso para dar paso a los abrillantadores ópticos, sustancias capaces de proporcionar el tono azulado necesario para compensar el amarillamiento, sin absorber luz visible. (4)

Los abrillantadores ópticos -también conocidos como Fluorescent Whitening Agents (FWAs)- son compuestos orgánico insaturados con dobles enlaces conjugados empleados desde 1929 en la industria textil y del papel. Sin embargo, fue hasta 1970 que los abrillantadores ópticos se consolidaron como uno de los componentes más importantes en la industria de productos para el lavado de la ropa (detergentes en polvo, líquidos y barras de jabón) ya que su utilización no solamente restaura la blancura inicial de las telas, sino que la mejora dando como resultado una impresión de mejor limpieza a pesar de que el contenido de abrillantadores ópticos en un detergente es muy pequeño (varía de 0.02 a 0.2%). (1) Cuando se trata el textil con un detergente que no contiene abrillantador óptico, el tejido se amarillenta rápidamente y se produce una apariencia sucia. Los abrillantadores ópticos apropiados son capaces de compensar -muchas veces en exceso- la disminución del efecto de blanco producidas por el uso. En cambio, cuando se tiene un abrillantador no adecuado solamente se retrasa un poco el proceso de amarillamiento pero no de manera tan eficiente. (43)

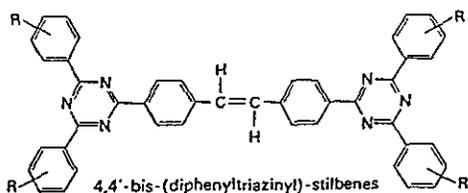


Figura 4.1: Ejemplo de la estructura de un abrillantador con los dobles enlaces conjugados.

## 4.1 CLASIFICACIÓN

Existe una gran diversidad de abrillantadores ópticos con estructuras químicas que les confieren mayor o menor afinidad por telas de algodón, lana, etc., así como resistencia a agentes blanqueadores comúnmente utilizados en el lavado de la ropa como el hipoclorito. Los abrillantadores utilizados en los detergentes se eligen no tanto en base a su estructura química, sino al desempeño que tienen en condiciones de lavado cercanas a las esperadas bajo uso normal. La clasificación utilizada para los detergentes no se realiza en base a sus relaciones químicas sino a su desempeño, es decir, se pueden tener abrillantadores para telas de algodón, nylon, lana, poliéster, resistentes a blanqueadores, etc. (13)

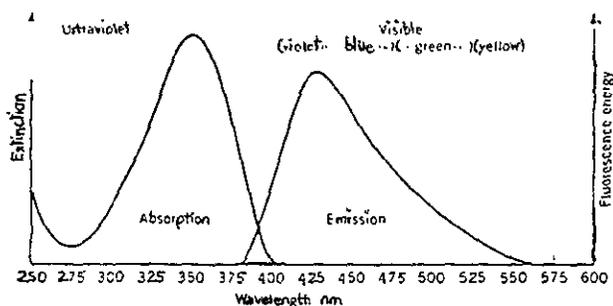
Algunas de las propiedades que se deben de tomar en cuenta al evaluar y clasificar los abrillantadores son: solubilidad, afinidad con las telas, estabilidad a blanqueadores, desempeño bajo diferentes sistemas surfactantes, estabilidad a diferentes temperaturas, etc. Todas estas propiedades, junto con otros factores, son las que determinan el tipo de abrillantador recomendado para cada producto de lavado (detergente). También deben de tomarse en consideración:

- *Pureza*: Depende del proveedor, es importante porque si se tiene un gran número de impurezas es posible causar un cambio de color tanto en el detergente como en la tela.

- *Forma física:* Los abrillantadores pueden encontrarse en forma cristalina o predisoluertos (“slurry”), esto puede afectar el tiempo requerido para disolverse totalmente en el agua de lavado, la blancura final obtenida, el color del detergente y/o el desempeño final del abrillantador en presencia de un agente blanqueador. (13)

## 4.2 MODO DE ACCIÓN

La luz del día contiene una zona de luz UV (ultravioleta) en el rango de 300 a 400 nm del espectro que es invisible para el ojo humano. Los abrillantadores poseen propiedades ópticas que les permiten mejorar la blancura en las telas y los plásticos ya que absorben el componente UV del espectro y la energía absorbida la emiten después en forma de luz visible (rango de 400-500 nm). (4)



Absorption and emission spectra in solution of a compound of structure (1).

Fig 4.2 : Espectro de absorción y de emisión de un abrillantador en solución. (30)

Como resultado de este efecto el objeto refleja más luz visible de la que originalmente incidió sobre él, haciendo que el objeto parezca no solo más blanco, sino más brillante. Este proceso físico involucrado es llamado fluorescencia y se lleva a cabo gracias a los dobles enlaces conjugados de las moléculas. (4)

## Espectro de absorción

La identificación de la presencia de abrillantadores se hace con un espectrofotómetro buscando su pico característico correspondiente a los 350 nm. Los picos obtenidos en longitudes de 300 nm y menores son los que nos sirven para identificar los diferentes sustituyentes de los abrillantadores, es decir, estas señales son las que nos pueden ayudar a diferenciar de qué abrillantador se trata en la solución que estamos evaluando. (13)

## Excitación y espectro de emisión

Los abrillantadores son capaces de absorber luz y convertir esta energía radiante en energía interna que es utilizada en la vibración de átomos y cambio en el movimiento de los electrones. Cuando los abrillantadores no cuentan con esta energía radiante adicional se dice que están en un “estado basal”, esto es, un estado energético en el cual los movimientos de los electrones son mínimos, pero cuando la molécula absorbe esta energía ocurre una transferencia de electrones a “estados excitados”, que no son otra cosa que estados energéticos mayores. Los abrillantadores son excitados por absorción de radiación UV, por lo que ésta es necesaria para poder obtener el máximo beneficio de estas moléculas en un detergente. (13)

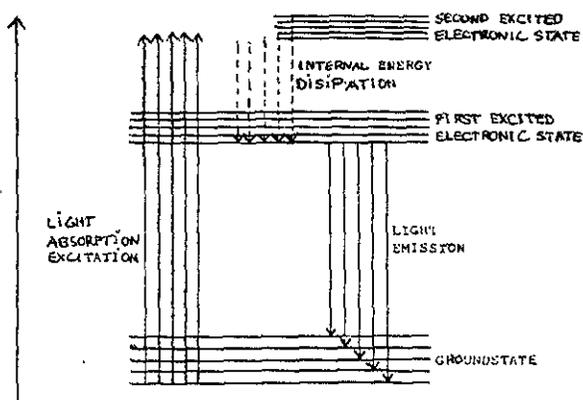


Fig 4.3: Diagrama de la excitación de los electrones a estados energéticos mayores. (13)

La excitación de los electrones ocurre desde el estado basal, haciendo que éstos lleguen a niveles energéticos mayores. No toda la energía absorbida sirve para este cambio de niveles energéticos ya que parte de ella se pierde en forma de calor y los electrones regresan al estado basal. Sin embargo, cuando la energía absorbida ha sido suficiente para que los electrones lleguen a un estado energético mayor, éstos buscarán regresar al estado basal y en este camino de regreso los electrones disiparán la energía absorbida emitiendo luz visible. (13)

Se debe tener muy en cuenta que el espectro de emisión de un abrillantador representa una medida física del mismo y no está directamente relacionado con la respuesta que tendrá en un detergente y en un sustrato determinado. Esto quiere decir, que el espectro de absorción de un abrillantador disuelto en agua será diferente al espectro que presente el mismo abrillantador en un textil. (1)

#### **4.3 IDENTIFICACIÓN**

Como ocurre con muchos compuestos en la industria química, algunos abrillantadores químicamente equivalentes son vendidos con nombres distintos. Además, los abrillantadores pueden ser ofrecidos en diferentes formas (polvos, pastas, líquidos, etc) y contar con diferentes porcentajes de actividad. Esto hace indispensable contar con métodos de identificación suficientemente confiables para poder determinar si un nuevo abrillantador es idéntico a alguno ya conocido para poder decidir si se realizarán pruebas para incluirlo en la formulación del detergente o no.

Algunos métodos físicos que nos pueden determinar con un alto grado de certeza la familia química de un abrillantador son los siguientes:

- **Cromatografía en capa delgada (Thin-Layer Chromatography: TLC).** Este es un método de identificación y separación rápido y barato. Se utilizan diferentes

combinaciones de fase móvil. Se deben de correr placas utilizando simultáneamente el producto conocido y el desconocido por separado y en mezclas así como bajo diferentes sistemas de solventes para incrementar la certeza de una correcta identificación.

- **Espectro UV:** Si se compara el espectro UV de un abrillantador conocido en solución entre 200 y 400 nm con el espectro de un abrillantador cuya identidad no se conoce a una misma concentración, puede obtenerse suficiente información junto con la cromatografía en capa delgada para establecer su identidad.
- **Evaluación durante el lavado:** Esta evaluación nos indica el comportamiento del abrillantador en el agua de lavado o su efecto final en el sustrato. Los abrillantadores pueden identificarse por sus diferencias en estabilidad a agentes blanqueadores, afinidad a diferentes fibras, resistencia a cambios de pH y/o temperatura, durabilidad en los sustratos, entre otras. (13)

#### 4.4 ACTIVIDAD

La actividad o el contenido activo de un abrillantador se puede determinar por comparación entre una muestra conocida con otra desconocida, pero que sea de idéntica estructura química.

Para conocer esta actividad se realizan comparaciones basadas en espectros de absorción de soluciones muy diluidas (1 ppm), también se puede comparar indirectamente la actividad de un abrillantador mediante fluorescencia en las telas (no es muy buen método).

Es posible determinar la actividad por un análisis químico (cromatografía de líquidos), pero esto es menos común y mas costoso.

- **Absorbancia en solución:** Las soluciones de abrillantador utilizadas pueden variar de 2 a 10 ppm de acuerdo a la actividad del mismo; pueden ser soluciones en agua, mezclas de agua con algún solvente o de solventes solos. Estas soluciones deben de prepararse

en ausencia de luz UV y se miden en un rango de 340-370 nm.. La absorción es solamente una medida de la concentración del material que absorbe radiación en ese rango del espectro pero no indica la concentración del material fluorescente que se encuentra ahí, ni es un indicativo de la cantidad que será útil al ser depositada en un sustrato apropiado (textil). Por todo esto la determinación de la actividad de un abrillantador en solución por la medición de la absorbancia debe ser tomada únicamente como una primera aproximación.

- **Fluorescencia en tela:** El abrillantador debe de ser aplicado en solución a un sustrato (tela) por el que tenga una cierta afinidad. Para tener la seguridad de que el abrillantador tenga la máxima solubilidad y deposición en la tela, se puede adicionar al líquido de lavado en forma prediseñada, además de que se deben de tener en cuenta factores tales como la concentración del detergente y del abrillantador, temperatura, agitación, entre otros. Las telas obtenidas pueden ser evaluadas por métodos instrumentales o de manera visual. La actividad de abrillantadores con diferentes estructuras químicas no podrá ser determinada por este método debido a sus diferentes características de excitación y emisión.

El desempeño de dos abrillantadores químicamente diferentes no puede ser establecido por los métodos anteriores (absorción, fluorescencia en solución). Además, estos métodos no proporcionan información del desempeño final de los abrillantadores en un sustrato determinado, esto puede obtenerse únicamente mediante el uso de pruebas de lavado simulando, en la medida de lo posible, las condiciones normales de uso. (13)

#### **4.5 LOS ABRILLANTADORES COMO UN COMPONENTE DE LOS DETERGENTES**

Las telas son lavadas desde hace muchos años con diversos fines: limpieza, salud, higiene y apariencia. La suciedad en las telas blancas o de colores tenues absorben luz haciendo que la apariencia de las mismas se vea modificada debido a que estas superficies reflejan prácticamente toda la luz que reciben. Cuando se utiliza un detergente que no contiene

abrillantadores se puede obtener un aumento en la reflectancia de las telas únicamente equivalente a la obtenida antes de que existiera la suciedad, sin embargo el uso de abrillantadores permite que la reflectancia final obtenida sea incluso mayor que la obtenida inicialmente por la tela. Los abrillantadores son capaces de compensar el amarillamiento normal de las telas debido a que son capaces de emitir luz visible al ser excitados con luz UV, por ello contribuyen con una reflectancia adicional dando la impresión de una mayor blancura.

La selección de un abrillantador se realiza en base a varios factores debido a que su desempeño no depende solamente de su estructura química y actividad, sino también de su forma física, pureza y a numerosas variables en el transcurso del lavado (agitación, temperatura, pH, etc.).

Algunas de las variables que influyen en la selección del abrillantador son:

- Facilidad y estabilidad de la incorporación del abrillantador en la formulación final del detergente, compatibilidad con otros componentes, toxicidad.
- Estabilidad de almacenamiento.
- Factores relativos a la solución de lavado:
  - *Solubilidad*, estabilidad en solución, concentración.
  - *Condiciones de lavado*: surfactantes, pH, temperatura, tiempo y velocidad de agitación, estabilidad al hipoclorito, relación cantidad de detergente/tela.
  - *pH*: Los cambios de pH pueden alterar la distribución del abrillantador en el líquido de lavado y en las fibras e incluso cambiar la solubilidad del mismo.
  - *Temperatura*: En el caso de algunos abrillantadores poco solubles, el aumento de temperatura puede favorecer este proceso, sin embargo en el caso de que el abrillantador sea lo suficientemente soluble por sí mismo, no se verá afectado por estos cambios. Es deseable utilizar abrillantadores con resistencia a cambios de temperatura para evitar que sean inactivados y que puedan ser útiles bajo los diferentes hábitos de lavado existentes
  - *Agitación*: Es deseable que la velocidad de agitación sea relativamente alta para favorecer la solubilidad de los diferentes componentes del detergente (entre ellos

del abrillantador) y lograr una adecuada distribución en el agua de lavado y en las fibras. Además se sugiere que la duración del ciclo de lavado sea de 15 minutos aproximadamente para permitir al máximo el desempeño de los abrillantadores involucrados.

- *Estabilidad al hipoclorito de sodio:* La resistencia de un abrillantador al hipoclorito de sodio se debe a su estructura química, solubilidad, concentración del hipoclorito utilizado y temperatura. Mientras mayor sea el tiempo que el abrillantador permanezca en el agua de lavado conteniendo hipoclorito, mayor será la cantidad de abrillantador destruido. Por ello es preferible retardar la adición del hipoclorito hasta que la mayoría del abrillantador se haya depositado en el sustrato ya que éste lo protege y no se ve afectado significativamente. Dos abrillantadores químicamente equivalentes pueden reaccionar de forma diferente a la presencia de hipoclorito, dependiendo de la rapidez de solubilización en el líquido de lavado, el tiempo que permanezcan en éste, y el tiempo que les tome depositarse en las fibras. La solubilidad del abrillantador también juega un papel importante en la estabilidad al hipoclorito: cuando se trata de abrillantadores muy solubles la estabilidad a este blanqueador disminuye con un aumento de temperatura, sin embargo, si el abrillantador es poco soluble, se vuelve más resistente debido a que el hipoclorito reacciona con otros componentes en el agua de lavado y se desactiva antes de que el abrillantador se encuentre en solución por lo que no alcanza a dañarlo; de este modo el abrillantador se alcanza a depositar en la tela al final del ciclo de lavado y mantiene su funcionalidad. (1)

➤ Factores relacionados con los textiles:

- *Blancura:* Inicial, con un abrillantador o con varios de ellos.

El objetivo final de incluir el abrillantador en los detergentes es mejorar la blancura de las telas sometidas a un proceso de lavado. Sin embargo la contribución del abrillantador depende en gran medida de la blancura inicial del sustrato la cual es variable entre textiles y también se ve influenciada por el pretratamiento de las telas al fabricarlas, el grado de amarillamiento, manchas y del tipo de abrillantador previamente usado en el sustrato.

- **Solidez:** Se refiere a la resistencia del abrillantador a factores como luz, suavizantes de telas, transpiración, humedad, envejecimiento de la tela, entre otros.

Los efectos de blanco producidos por los abrillantadores ópticos incorporados a los detergentes han de ser sólidos principalmente frente a aquellas condiciones presentes durante la serie de operaciones de lavado, secado y planchado. (43)

#### 4.6 DEGRADACIÓN

La degradación de los abrillantadores puede deberse a factores presentes en el agua de lavado como los blanqueadores (ej: hipoclorito), por inestabilidad del abrillantador al encontrarse en solución o por fotodegradación del mismo al encontrarse depositado en la tela y exponerse al sol. (29)

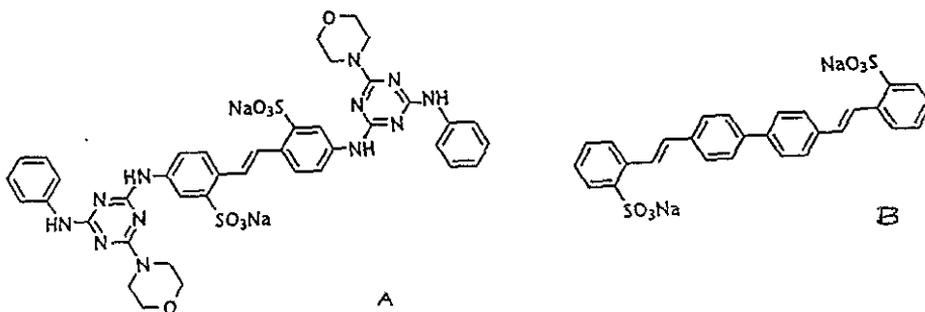


Fig 4.4 : Ejemplo de dos abrillantadores con diferente estructura química. La molécula A (diaminostilbeno) presenta una menor estabilidad a la luz y la fotodegradación origina un gran número de compuestos de degradación haciendo que la tela donde se encuentre depositada se vea amarilla. Esto no sucede con la molécula B (distirilbifenilo) la cual es más estable. (29)

La presencia de los productos de degradación de los abrillantadores causa amarillamiento en las telas por lo que no es deseable que esto ocurra y se deben de buscar aquellos cuya estructura química les permita mayor estabilidad. Como se puede apreciar en la figura (Fig 4.4 ) la molécula A se rompe más fácilmente dando origen a un mayor número de productos de degradación que la molécula B por lo que esta última no causa amarillamiento en las telas permitiendo que el abrillantador tenga un mejor desempeño debido a su solidez a la luz. (29)

Los abrillantadores ópticos para detergentes deben permanecer estables durante el lavado: ciclo de agitación, enjuague, secado, centrifugado y exposición a la luz. (30)

#### 4.7 PROCESO DEL ABRILLANTADOR EN EL LAVADO

El abrillantador sigue una serie de pasos que le permiten realizar su función óptimamente en el proceso de lavado. El primero de ellos es la disolución del abrillantador en la solución de lavado (paso 1) para posteriormente depositarse en la superficie de la tela (paso 2) y finalmente ocurre una “migración” del abrillantador hacia el interior de las fibras (paso 3).

(1)

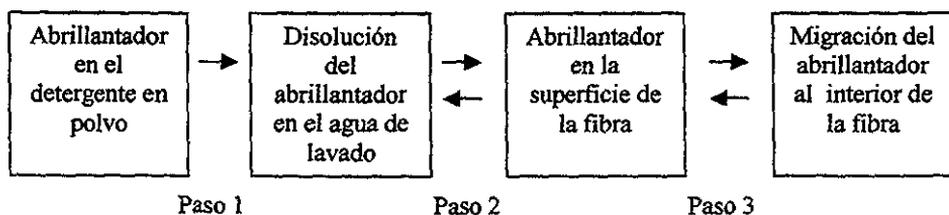


Fig 4.5: Proceso del abrillantador en el lavado. (13)

El paso 1 es en realidad el paso limitante, ya que de él depende totalmente que el abrillantador pueda finalmente depositarse en las telas y cumplir su función. Este paso depende no solamente de la estructura química del abrillantador, sino de su forma física,

temperatura de lavado y agitación. Una vez disuelto el abrillantador se puede depositar en la tela con mayor o menor facilidad dependiendo de su afinidad con la misma. El paso 3, o sea la difusión o migración del abrillantador en las fibras es un paso lento debido a las obstrucciones de tipo mecánico existentes por la fuerza de unión entre las mismas. La interacción abrillantador-fibra depende tanto de la estructura química del abrillantador como del tipo de fibra.

Las fibras que componen una “carga” de ropa constituyen otro de los factores determinantes en la selección de un abrillantador para un detergente. Sin embargo la ropa que se mete en un ciclo de lavado puede tener diversos tipos de fibras, es por ello que puede realizarse una estimación promedio para conocer qué tipos de fibras son los más comunes y en qué proporción. A pesar de que podría pensarse que esta información es equivalente a la producción de fibras no hay una relación directa debido a que:

- Solamente una fracción de las fibras textiles producidas será utilizada en la producción de ropa que se lava normalmente en casa, el resto podrá ser parte de textiles para tapicerías, cortinas, etc.
- Algunas prendas de ropa se lavan más frecuentemente que otras.
- Algunos artículos tienen una duración mayor y se encuentran en las cargas de lavado incluso 5 o 10 años después de su producción.

#### **4.8 PROPIEDADES DE UN ABRILLANTADOR EN SOLUCIÓN**

Un abrillantador debe de ser estable en solución. Al igual que la solidez a la luz en la tela, la estabilidad a la luz de un abrillantador óptico en una solución (por ejemplo, agua de lavado) puede influir de manera esencial en el efecto de blanco final en un textil que se somete a operaciones de conservación y cuidado (lavado y secado). (43)

Algunas de las propiedades de un abrillantador en solución que deben de cuidarse son:

- **Solubilidad:** A pesar de que la solubilidad de los abrillantadores comúnmente usados en un detergente es relativamente baja, es suficiente para permitir que se lleve a cabo el paso 1 del abrillantador en el proceso de lavado (solución). La solubilidad del abrillantador es muy importante ya que si éste tarda más tiempo en disolverse y depositarse en las fibras que la duración del ciclo de lavado, se perderá una gran parte sin haber cumplido su función.
- **Afinidad y deposición en las telas:** El grado de deposición del abrillantador en las telas depende básicamente de las condiciones del líquido del lavado. Si estas condiciones son las adecuadas y el tiempo es suficiente, se alcanzará un equilibrio en la deposición lo cual permitirá que alrededor de un 90-95% del abrillantador se quede en las fibras (en el caso de tela sin abrillantar) y el resto en la solución de lavado. Los detergentes usualmente contienen una combinación de abrillantadores con afinidad por diferentes fibras debido a que en las cargas de lavado éstas se encuentran mezcladas en diferentes proporciones.
- **Nivel:** Este es un término asociado a la cantidad de abrillantador necesaria para obtener una distribución uniforme en las fibras. Esta distribución en “monocapa” necesaria para que el abrillantador pueda cumplir óptimamente con su función, se obtiene debido a que la deposición y la migración en las fibras son procesos reversibles (agua de lavado / superficie de las fibras / migración al interior de las fibras). El equilibrio que se logra debido a estos procesos en dos sentidos permite que el exceso de abrillantador se elimine de las fibras y que la distribución del mismo sea uniforme. El nivel de abrillantador no debe de ser más elevado del necesario ya que podría formar agregados o microcristales con nuevas y diferentes propiedades ópticas que podrían ocasionar el amarillamiento de las telas. (13)

## 4.9 EVALUACIÓN DE LA BLANCURA

La evaluación de la blancura está influida por fenómenos psicológicos y fisiológicos en el ser humano. Esto se refiere a que pueden existir diferentes tendencias de agrado por una gran variedad de "blancos", que pueden ir desde un ligero tono azul hasta tonos verdes o rojizos, y que además encontramos diferencias fisiológicas entre los individuos.

La valoración de un abrillantador óptico debe realizarse después de un proceso de lavado y secado ya que solo hasta este momento el consumidor hace una comparación entre la blancura de las diferentes telas, por ello es fundamental la solidez del abrillantador a la luz ya que de ésta dependerá la blancura final obtenida con el uso del detergente y, por consiguiente, la evaluación del mismo. La elección de las condiciones de lavado para la evaluación del desempeño de un detergente presenta algunos problemas, entre ellos el hecho de que estas condiciones sean diferentes en los distintos países del mundo y que incluso haya variaciones de consumidor a consumidor en un mismo país. (43)

La valoración del desempeño de un abrillantador después de una aplicación repetida del ciclo de lavado y secado es muy importante ya que permite obtener conclusiones sobre la eliminación por lavado de los productos de degradación de los abrillantadores ópticos expuestos a la luz, así como inferir el efecto del abrillantador óptico incorporado al detergente, en comparación con el efecto que confiere al textil el blanqueador óptico ya incorporado al mismo cuando era nuevo. (43)

Es importante establecer un tiempo de secado al sol estandarizado ya que se han hecho estudios con 5 tipos de algodón representativos de diferentes áreas geográficas y se encontró una disminución similar de los efectos de blanqueo óptico al ir aumentando la duración de la exposición a la luz. De igual modo se comprobó con este ensayo que las afinidades de los abrillantadores por las 5 clases de fibras, en condiciones de aplicación constantes, presentan valores similares. (43)

La blancura puede evaluarse por comparación visual de un sustrato con otro o bien por comparación de un sustrato con un estándar imaginario o “almacenado” en la memoria del observador. Estas opiniones pueden sumarse a las de otros individuos para poder llegar a un promedio y establecer el blanco preferido por ellos.

Lo anterior hace evidente que una evaluación visual de la blancura no es suficiente para poder obtener los resultados más confiables por lo que también se hace necesaria una evaluación instrumental de la misma.

Actualmente lo que se busca es encontrar la relación entre las medidas obtenidas instrumentalmente con las preferencias del observador acerca de la blancura deseada, sin embargo esto es difícil debido a que la blancura depende en mucho de la percepción del observador y de las diferentes tonalidades de blanco existentes.

En estudios realizados se ha encontrado que según la clase de fibra es diferente la afinidad del blanqueador óptico, así como la solidez a la luz de sus efectos. Sin embargo el grado de reducción de los efectos no es muy diferente en todas las fibras blanqueadas ópticamente. La pérdida de intensidad de los blanqueadores ópticos aplicados a los sustratos textiles y la explicación del proceso de degradación por la acción de la luz también se han estudiado últimamente. (22, 37)

Existen algunos factores que afectan la medición instrumental y visual de la blancura obtenida, entre ellos tenemos:

### **Factores físicos**

- **Fuente de Luz:** Es importante al evaluar sustratos (fibras) contar con una luz estandarizada con una emisión de energía relativamente constante en la región de lo visible y del UV para tener resultados reproducibles y confiables entre sí. Se recomienda contar con una fuente de luz que tenga una emisión constante entre los 300 y 750 nm para poder utilizarla en la evaluación de fibras de color blanco tratadas con abrillantadores

ópticos. También puede utilizarse una luz tipo D<sub>65</sub> la cual emite un espectro similar al sol.

- **Geometría:** Una superficie blanca “ideal” es capaz de reflejar la luz en todas direcciones por lo que en este caso el ángulo de observación no es un punto crítico en la evaluación de la blancura. Sin embargo, no todos los sustratos reflejan la luz de esta forma y se hace necesario establecer un ángulo de observación que sea constante entre las diferentes comparaciones. Se recomienda, en caso de evaluación visual, un ángulo de 45 grados con respecto al sustrato a evaluar.
- **Sustratos:** Las fibras “sucias” o “manchadas” son sustratos que absorben luz cercana al rango del ultravioleta y que por lo tanto compiten con el abrillantador en la absorción de la energía necesaria para poder cumplir su función. Dependiendo de su tipo las manchas pueden incluso absorber no solamente en el rango de lo visible, sino también del UV. Si las fibras y las manchas absorben de este modo, entonces la reflectancia obtenida será baja y la contribución del abrillantador no será suficiente para producir un blanco satisfactorio. Esto quiere decir que el abrillantador solamente tendrá un desempeño adecuado cuando el detergente en el agua de lavado ha realizado un buen trabajo removiendo las manchas de las telas.

### **Factores psicológicos/fisiológicos**

Mientras los factores físicos involucrados en la evaluación de un abrillantador pueden ser definidos y establecerse condiciones estandarizadas, la preferencia de las personas por un blanco sobre otro solamente pueden ser conocidas por la realización de una comparación de blancos en un gran número de observadores para establecer un “promedio”. Sin embargo en estas comparaciones se deben de considerar las variaciones fisiológicas entre los individuos así como los factores (muchas veces culturales) que les hacen preferir un tono de blanco específico. Se ha visto que los tonos de blanco preferidos pueden ser muy similares dentro de una misma zona geográfica, sin embargo difieren con otras zonas por lo que no se puede decir que una sola tonalidad de blanco sea la preferida para el género humano. (13)

#### 4.9.1 EVALUACIÓN VISUAL DE LA BLANCURA

La evaluación visual de un objeto se basa en la comparación de la muestra de prueba con un estándar establecido. Sin embargo, debido a que las diferencias existentes entre ambas pueden ser demasiado pequeñas, se hace indispensable estandarizar y controlar factores que influyen estas comparaciones tales como: fibras utilizadas, iluminación del cuarto, fondo del sitio de evaluación, ángulo de evaluación y factores humanos. (6)

La evaluación visual de la blancura se hace para saber si los cambios en tonalidades de blanco obtenidas son perceptibles para el ojo humano. En este tipo de evaluaciones es de vital importancia contar con una fuente de luz estandarizada que incluya una región de emisión en la zona de lo visible y del UV para poder proporcionar a los abrillantadores la energía necesaria para actuar y hacerlos evidentes en las telas a evaluar.

Cuando se comparan dos telas/materiales de color blanco con diferentes matices siempre será evaluada como más blanca aquella tela cuyo matiz sea de color azul y no la de matiz amarillento. Esto es sin duda resultado de una asociación humana inconsciente: amarillo=sucio; azul=limpio. (5)

Las evaluaciones visuales pueden realizarse por personas entrenadas para ello (jueces) o bien por consumidoras, sin embargo las primeras son preferidas sobre las segundas porque son capaces de proporcionar resultados más consistentes e independientes a su preferencia ya que responden a una escala previamente establecida. Por ello también pueden compararse sus resultados en diferentes días y para diferentes tratamientos en las telas. La única desventaja de utilizar jueces entrenadas es que, a pesar de que los resultados son más consistentes, no siempre coinciden con los gustos de las consumidoras, por lo que tienen que hacerse estudios más profundos para poder establecer las relaciones existentes y poder obtener más información a partir de los mismos resultados.

Algunos de los factores que deben controlarse durante la evaluación visual de la blancura son:

- **Muestras (telas):** El tamaño de la muestra debe de permitir un fácil manejo de la misma por lo que no deberá ser muy grande ni muy pequeña, se considera que 6X5 cm. es el tamaño mínimo adecuado ya que en telas menores el manejo se hace difícil; además el tamaño de las telas a comparar deberá ser el mismo así como el sustrato (algodón, poliéster, etc.).
- **Iluminación:** Los abrillantadores ópticos necesitan luz UV para poder llevar a cabo su función adecuadamente, por lo que la fuente de iluminación utilizada para la evaluación de los sustratos debe de tener este rango y evitar de este modo que el efecto de los abrillantadores se vea reducido.
- **Fondo de evaluación y alrededores (sitio de evaluación):** Las paredes del sitio de evaluación no deben ser muy brillantes ya que ocasionan que la vista de los evaluadores se cansa rápidamente. De igual forma tampoco deben de ser muy oscuras debido a que el efecto de blanco de las muestras se vería erróneamente acrecentado; es por esto que se sugiera un color gris, no brillante, para evitar estas interferencias.
- **Angulo de evaluación:** Se recomienda un ángulo de observación de 45 grados. El orden de las muestras debe de variarse para evitar que una determinada posición favorezca una muestra sobre otra. (6)

El objetivo de la evaluación visual no es solamente establecer qué muestra tiene una mejor blancura, sino poder medir las diferencias entre ellas numéricamente para saber si son muy parecidas o no. Para ello es necesaria la utilización de escalas que nos permitan cuantificar las diferencias y poder establecer comparaciones no solamente entre dos muestras, sino entre muchas de ellas e incluso entre muestras de diferentes días y tratamientos de lavado. (6)

## 4.9.2 EVALUACIÓN INSTRUMENTAL DE LA BLANCURA

La evaluación instrumental de la blancura tiene como ventaja evitar todas aquellas variables subjetivas que se incluyen en una evaluación visual, además de que provee resultados reproducibles en cualquier momento. (2)

La medición de la blancura se puede realizar con 2 tipos diferentes de instrumentos: colorímetros y espectrofotómetros. La exactitud y la reproducibilidad generalmente se van incrementando con el costo del instrumento, es por ello que será necesario establecer desde el principio las necesidades para poder elegir aquél que nos pueda brindar mayor información.

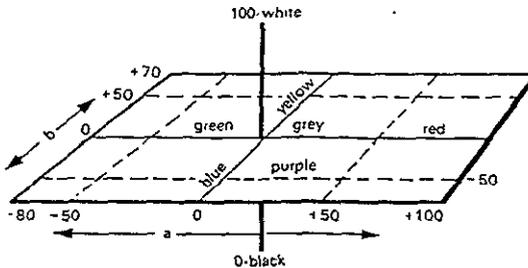


Fig 4.6: Representación gráfica del sistema de coordenadas utilizado por Hunter. (2)

El colorímetro es un instrumento que permite una mejor evaluación de la blancura ya que divide a los colores en 3 dimensiones (ejes). Una de las escalas más utilizados es la de "Hunter" que utiliza los ejes L, a, b. Con este instrumento el blanco físico ideal tendría las coordenadas  $L=100, a=b=0$

Con el espectrofotómetro podemos medir la reflectancia de las telas, esto es una medida relativa del blanco ideal ya que éste tendría (teóricamente) una reflectancia del 100% de toda la luz en la región visible del espectro (380 – 700 nm) (2)

#### **4.10 SEGURIDAD DEL PRODUCTO**

Los abrillantadores, al igual que todos los ingredientes de formulaciones para productos que tengan contacto con los humanos, deben de probar que no dañan el ambiente, a las personas ni a los animales. La seguridad de los abrillantadores ópticos ha sido ampliamente investigada y se ha llegado a la conclusión de que las concentraciones encontradas en el ambiente son muy pequeñas comparadas con las concentraciones tóxicas. (11, 21)

A las concentraciones incorporadas en los detergentes los abrillantadores ópticos no constituyen ningún riesgo de daño a los organismos acuáticos. (10) Tampoco se bioacumulan en los tejidos de éstos ya que de acuerdo a estudios realizados los abrillantadores ópticos se absorben y se excretan por los organismos acuáticos sin quedarse almacenados en órganos ni tejidos (9, 41) Tampoco existen evidencias de toxicidad de los abrillantadores hacia los organismos terrestres (42)

No existe evidencia de carcinogenicidad ni mutagenicidad de los abrillantadores ni de sus metabolitos por lo que se puede decir que no existe evidencia de que estas moléculas representen riesgo para la salud. (20)

Los abrillantadores ópticos también pueden ser eliminados por plantas tratadoras de aguas, pero la mayoría de estos compuestos son antes degradados por procesos abióticos tales como fotólisis y después son eliminados por adsorción en sólidos. (10)

Los productos de degradación de los abrillantadores por reacciones de oxidación y procesos inducidos por la luz son biodegradados rápidamente por lo que tampoco existe evidencia alguna de riesgo para la salud humana así como en los animales terrestres y acuáticos. (10, 32)

## CAPÍTULO 5

### DESARROLLO EXPERIMENTAL

La metodología que se utilizará se basa en las propiedades espectrofotométricas de los abrillantadores, es decir, se buscará su pico característico de absorción correspondiente a los 350 nm. (1) En este caso en particular no se utilizarán las señales obtenidas en longitudes menores a los 300 nm ya que corresponden a los diferentes sustituyentes de los abrillantadores y no son del interés específico de este estudio.

Los abrillantadores ópticos que se utilizarán serán dos (inicialmente) los cuales pertenecen a las dos familias más importantes de abrillantadores para la industria de los detergentes: Diaminoestilbenos y distirilbifenilos

La familia de los *diaminoestilbenos* (fig. 5a) está constituida por abrillantadores de un tamaño relativamente mayor que otras familias. Posee en su estructura 12 nitrógenos los cuales, en caso de que el abrillantador sea degradado, pueden generar productos coloridos haciendo que la ropa se vea amarillenta. No son muy estables a altas temperaturas ni a la presencia de agentes blanqueadores. Su gran ventaja reside en su gran afinidad con el algodón y su bajo costo.

La familia de los *distirilbifenilos* (fig. 5b) incluye abrillantadores con tamaño relativamente chico y son menos susceptibles a sufrir fotodegradación. Los abrillantadores de esta familia son bastante estables a agentes blanqueadores y altas temperaturas además de que son muy solubles. Su gran desventaja es que el costo es aproximadamente tres veces mayor que el de un abrillantador de la familia de los diaminoestilbenos.

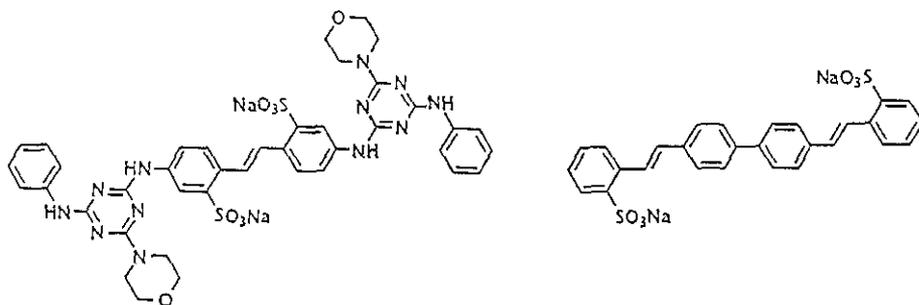


Figura 5: a) Abrillantador diaminoestilbeno. b) Abrillantador distirilbifenilo. (29)

## Experimento 1:

**Preparar 4 soluciones de abrillantador óptico en agua destilada para medir su absorbancia espectrofotométricamente y determinar si es posible detectar su presencia con el método y las concentraciones utilizadas.**

Se utilizarán soluciones en agua destilada de los abrillantadores ópticos a diferentes concentraciones para poder observarlos en la celda espectrofotométrica.

En una solución de lavado normalmente las concentraciones de abrillantadores ópticos pueden fluctuar entre 1 y 4 ppm, por ello a partir de la solución más concentrada se harán las diluciones 1:1 correspondientes para poder medir sus absorbancias.

Ejemplo de los cálculos realizados para el abrillantador diaminoestilbeno:

Se partirá de una solución de 4.4 ppm de abrillantador debido a que se busca tener un tope máximo y a partir de ahí obtener las soluciones más diluidas. Se debe considerar también la actividad reportada del material (esta información se puede obtener del proveedor del producto) En este caso la actividad reportada para el abrillantador diaminoestilbeno es de 95.7%

$$4.4 \text{ ppm} = 4.4 \text{ mg Abrillantador diaminoestilbeno / Litro}$$

Corrigiendo la cantidad de abrillantador de acuerdo a la actividad reportada de éste:

$$\begin{aligned} 4.4 \text{ mg Abrillantador diaminoestilbeno} &\times (100 / 95.7) = \\ &= 4.5977 \text{ mg Abrillantador diaminoestilbeno} \end{aligned}$$

Para el experimento 1B preparar las mismas soluciones ilustradas en el diagrama 6.1 para el abrillantador distirilbifenilo tomando en consideración una actividad del 30%.

Los espectros obtenidos para los dos abrillantadores se encuentran en el capítulo de resultados y análisis de resultados: Espectros 1A y 1B.

Diagrama de flujo:

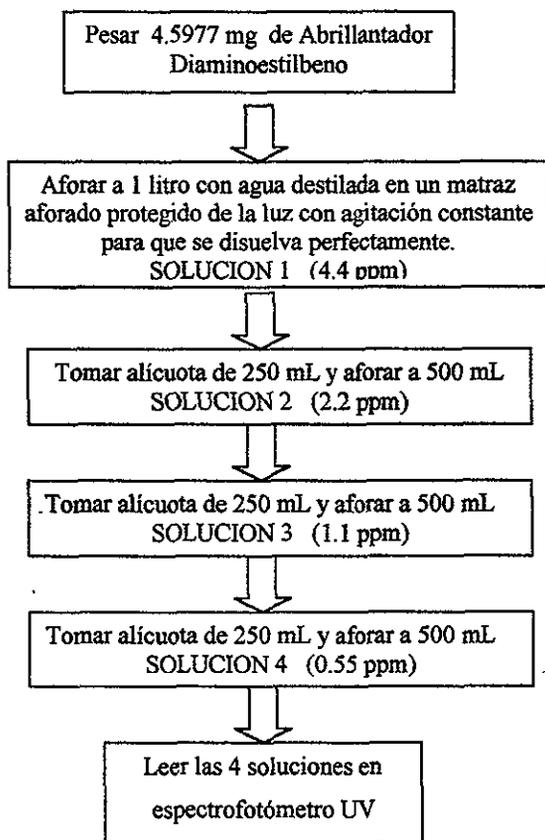


Diagrama 5.1: Preparación de las 4 soluciones de abrillantador en agua destilada.

NOTAS:

- ❖ TODAS LAS SOLUCIONES DE ABRILLANTADORES ÓPTICOS DEBEN PROTEGERSE DE LA LUZ.
- ❖ Pueden prepararse en matraces aforados color ámbar o bien cubrir los matraces con papel aluminio.
- ❖ De preferencia preparar y utilizar las soluciones el mismo día debido a la inestabilidad de los abrillantadores en solución.

## Experimento 2:

**Hacer curva patrón para los abrillantadores ópticos en solución de detergente utilizando las mismas concentraciones que en el experimento 1.**

Al igual que el experimento 1 se preparará solución de 4.4 ppm de los respectivos abrillantadores (ver solución 1 del experimento 1) pero en este caso se aforará a 1 litro con solución de detergente a 5500 ppm (ver cálculos).

### Cálculos:

Si se trabaja con una solución de abrillantador de 4.4 ppm y se considera que esto representa un 0.08% aproximadamente de la formulación final se obtienen los gramos por litro de detergente necesarios para preparar la solución de aforo.

$$4.4 \text{ ppm} = 4.4 \text{ mg Abrillantador/Litro} = 0.0044 \text{g Abrillantador/Litro}$$

$$0.0044 \text{ g/L} - 0.08\%$$

$$X - 100\%$$

$$X = 5.5 \text{ g/Litro}$$

Se necesitan 5.5 g de detergente/Litro para obtener la solución de detergente necesaria para aforar.

El detergente a utilizarse debe de contener todos los ingredientes de una formulación promedio. En este caso se utilizó un gránulo base SIN abrillantadores ópticos ni agentes blanqueadores para poder manejar estos dos factores de acuerdo a las necesidades del estudio.

- Importante: Seguir las mismas precauciones en la preparación de las soluciones de los abrillantadores ópticos del experimento 1.
- **Experimento 2B:** Realizar el mismo procedimiento que el experimento 2A pero cambiando el abrillantador (en este caso se usará el distirilbifenilo).
- Los espectros obtenidos para los dos abrillantadores se encuentran en el capítulo de resultados y análisis de resultados: Espectros 2A y 2B.

Diagrama de Flujo:

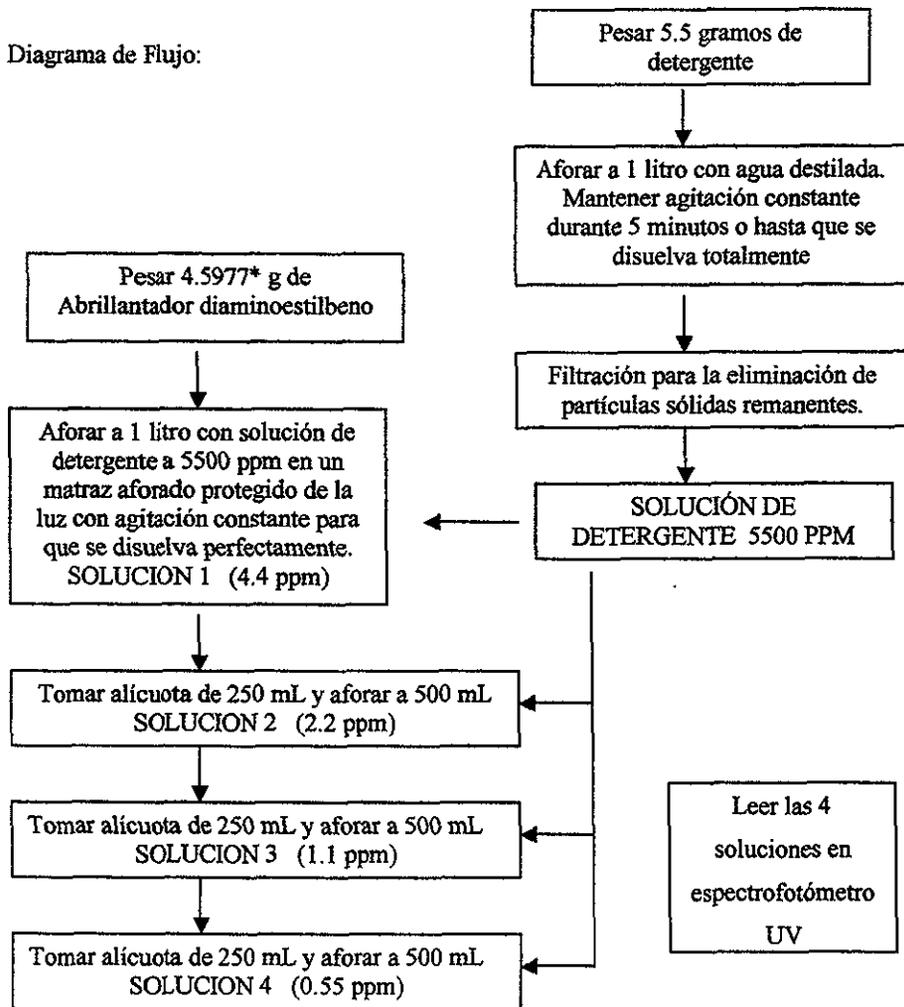


Diagrama 5.2 : Obtención de la solución de detergente a 5500 ppm necesaria para preparar las soluciones de abrillantadores de la curva patrón.

\* El cálculo de estos gramos es el mismo que en el caso del experimento 1A.

### Experimento 3:

Comparación de las absorbancias obtenidas por un abrillantador óptico en solución de detergente en presencia y ausencia de agentes blanqueadores.

Se prepara la solución de detergente a 5500 ppm de acuerdo al protocolo desarrollado en el experimento 2.

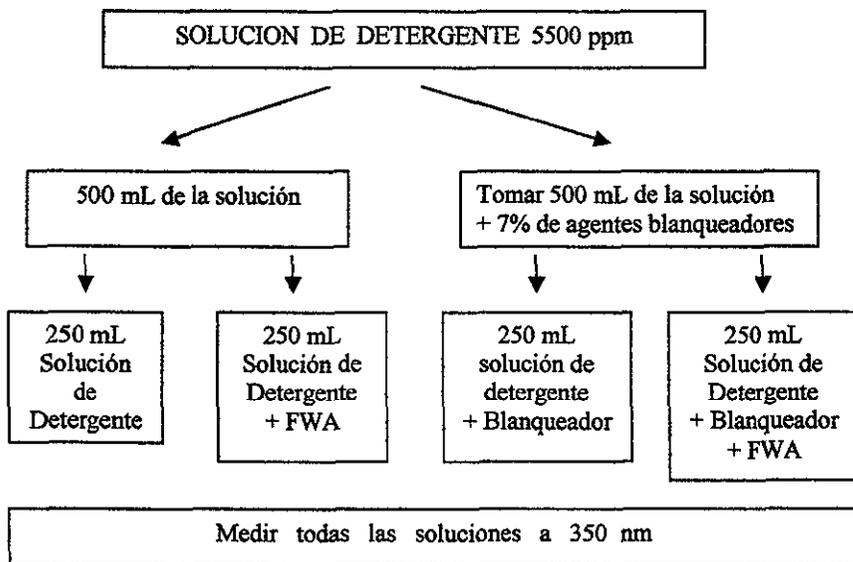


Diagrama de Flujo 5.3: Preparación de las soluciones con y sin agentes blanqueadores.

Nota: Además de los cuidados que se deben de tener con los abrillantadores en este caso se deben de adicionar los agentes blanqueadores justo antes de hacer las mediciones de absorbancia correspondientes. No deben de transcurrir más de 5 minutos entre la adición de los blanqueadores y la medida en el espectrofotómetro ya que éstos degradan a los abrillantadores durante los primeros 10 minutos por lo cual debe de ser una adición y medición rápidas para poder observar los cambios que se presenten.

Los espectros obtenidos se encuentran en el capítulo de resultados y análisis de resultados: Espectros 3A y 3B.

#### **Experimento 4:**

**Medición espectrofotométrica de soluciones de detergente con dos abrillantadores distintos (diaminoestilbeno y distirilbifenilo) a una temperatura de 40°C**

En este experimento se utiliza la misma metodología que en el experimento 3 pero para el experimento 4A no se usan agentes blanqueadores mientras que en el experimento 4B sí se adicionan a la solución de detergente. La solución se encontrará durante 60 minutos en un baño maría a 40°C y se tomarán las medidas espectrofotométricas cada 10 minutos.

Los espectros obtenidos se encuentran en el capítulo de resultados y análisis de resultados: Espectros 4A y 4B.

#### **Experimento 5:**

**Medición espectrofotométrica de soluciones de detergente con tres abrillantadores ópticos distintos en presencia de agentes blanqueadores a una temperatura de 40°C.**

Se realiza igual que el experimento 4B pero utilizando tres abrillantadores diferentes.

El espectro obtenido se encuentra en el capítulo de resultados y análisis de resultados: Espectro 5.

#### **Experimento 6:**

**Evaluación de la blancura de las telas con diferentes sistemas de abrillantadores.**

En esta evaluación se estandarizan las condiciones de lavado tales como: tiempo de lavado, volumen de agua utilizado, cantidad de detergente, temperatura, carga de ropa (kg), número de enjuagues, etc. Se utilizarán 3 tipos de tela diferentes: algodón, poliéster y una combinación de ellos (algodón/poliéster).

Posteriormente se determinan las diferentes combinaciones entre los abrillantadores evaluados en base a su estabilidad a la presencia de agentes blanqueadores y a determinadas condiciones de lavado para probar su desempeño en una prueba lo más cercana posible a las condiciones reales.

Los sistemas de abrillantadores se probarán en proporciones 1:1 y representarán el 0.2% de la formulación total de un detergente con agentes blanqueadores. Deben de agregarse en solución cuando se ejecute el lavado para asegurarse de que todo el abrillantador va totalmente disuelto y evitar así cambios en los resultados debido a la diferencia en solubilidades.

Se utilizará una temperatura de lavado alrededor de los 20°C (temp. ambiente) ya que es la temperatura a la que usualmente se lavan las prendas

Se realizarán 4 ciclos completos de lavado y secado al sol para cada combinación de detergente y poder, finalmente, evaluar su desempeño en el mejoramiento de la blancura en las telas.

La evaluación de la blancura se realiza por un método colorimétrico (Hunter).

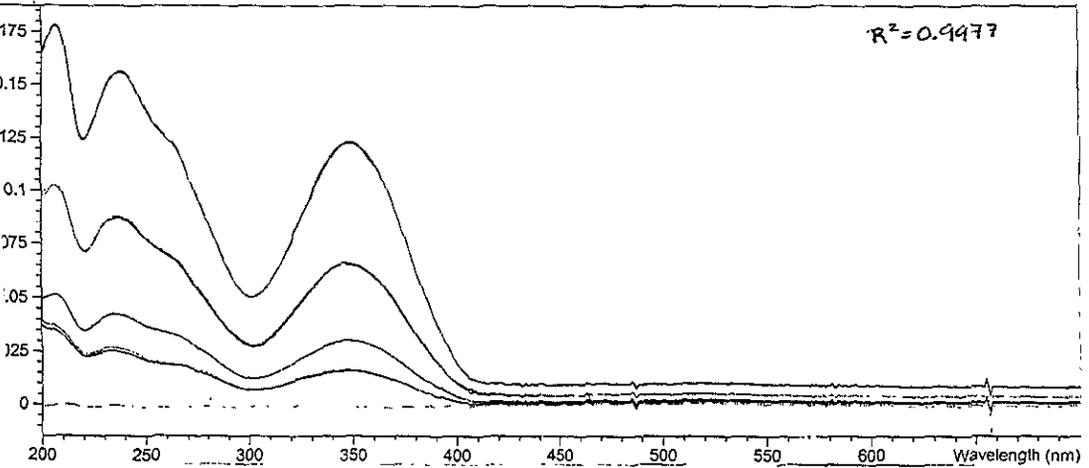
# CAPÍTULO 6

## RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

### Experimento 1A:

Medición espectrofotométrica de las 4 soluciones del abrillantador óptico diaminoestilbena para determinar si es posible detectar su presencia con el método y las concentraciones utilizadas.

### Espectro 1A:



Conc. (ppm)	Abs <sup>350 nm</sup>
0.55	1.6249 E-2
0.55	1.6851 E-2
1.1	3.0182 E-2
1.1	3.1216 E-2

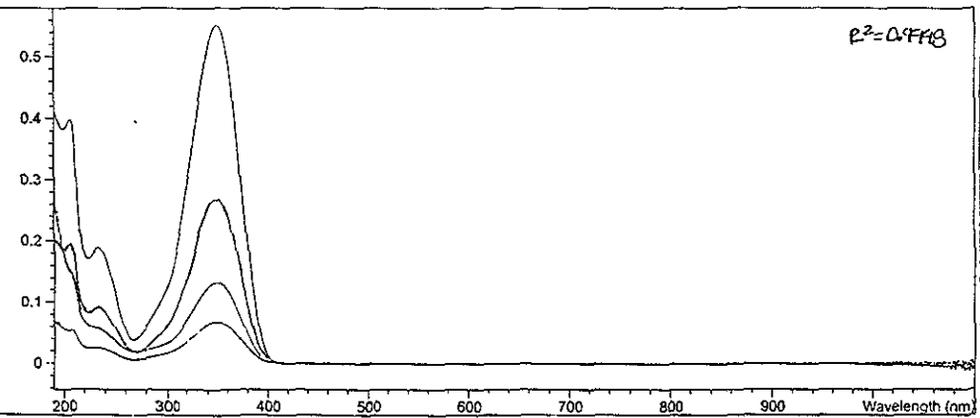
Conc. (ppm)	Abs <sup>350 nm</sup>
2.2	6.6169 E-2
2.2	6.6397 E-2
4.4	0.12275
4.4	0.12330

Se realizó la regresión lineal de los datos de absorbancia obteniéndose  $r^2 = 0.9977$

## Experimento 1B:

Medición espectrofotométrica de las 4 soluciones del abrillantador óptico distirilbifenilo para determinar si es posible detectar su presencia con el método y las concentraciones utilizadas.

Espectro 1B.



Conc. (ppm)	Abs <sup>350 nm</sup>
0.55	6.7447 E-2
0.55	6.7561 E-2
1.1	0.13251
1.1	0.13609

Conc. (ppm)	Abs <sup>350 nm</sup>
2.2	0.26861
2.2	0.27046
4.4	0.55184
4.4	0.55197

Se realizó la regresión lineal de los datos de absorbancia obteniéndose  $r^2 = 0.9998$

Con los espectros obtenidos en los experimentos 1A y 2A resultantes de las mediciones espectrofotométricas de los abrillantadores ópticos diáminoestilbeno y distirilbifenilo se puede deducir que el método desarrollado para observar la presencia de estas moléculas en solución es el adecuado. Las absorbancias obtenidas en cada concentración fueron tomadas por duplicado ya que, al estar en una etapa en la que el método está siendo probado, se debe de tener la certeza de que los datos obtenidos son los correctos y por eso es que las medidas deben ser corroboradas. Prácticamente no existió diferencia entre las dos medidas de absorbancias obtenidas para cada concentración, de este modo las réplicas fueron de gran ayuda para saber que el camino era el adecuado.

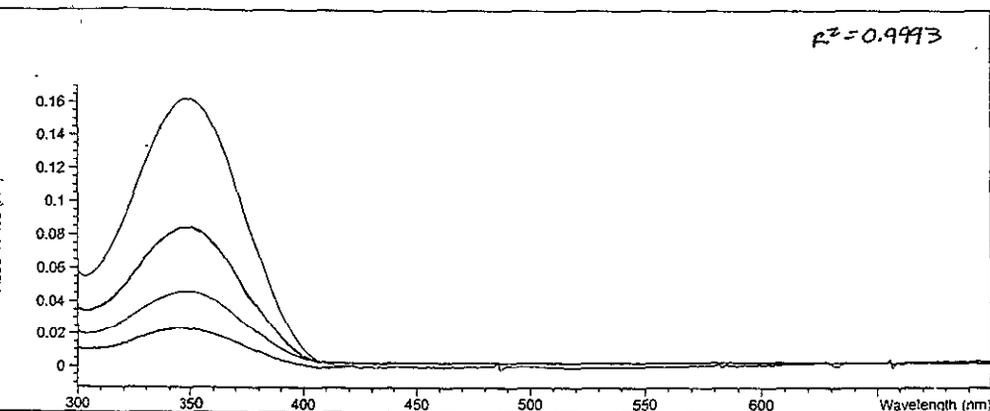
Las señales obtenidas en los espectros son, en ambos casos, proporcionales a la concentración de las soluciones de abrillantadores ópticos medidas. Esto quiere decir que a mayor concentración del abrillantador en solución la señal observada es también proporcionalmente mayor. Por lo anterior se puede deducir que es posible detectar la presencia de un abrillantador aún en soluciones muy diluidas del mismo cuando el disolvente utilizado sea agua destilada, sin embargo sería preferible utilizar las concentraciones más altas en los casos en que el abrillantador se evalúe en soluciones que contengan otras moléculas que pudieran absorber cerca de los 350 nm para evitar que haya confusión en las señales resultantes.

Se observa una diferencia considerable entre el tamaño de las señales de los dos abrillantadores: las obtenidas en el espectro del abrillantador distirilbifenilo son de mayor tamaño que las del abrillantador diáminoestilbeno. Esto puede deberse a la diferencia en el tamaño de las moléculas de los dos abrillantadores: la molécula del diáminoestilbeno es muy grande e inestable, por lo que podría no ser tan eficiente. En cambio, las moléculas de distirilbifenilo son de menor tamaño y peso molecular, por lo que habría un mayor número de éstas en solución haciendo que la señal obtenida sea de mayor tamaño.

## Experimento 2A:

Curva patrón del Abrillantador óptico diaminoestilbeno en solución de detergente .

Espectro 2A:



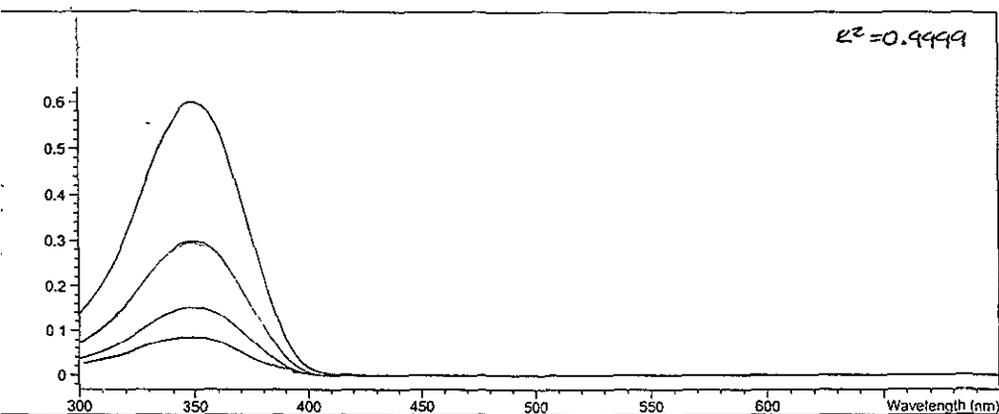
Conc. (ppm)	Abs <sup>350 nm</sup>
0.55	2.2674 E-2
1.1	4.6072 E-2
2.2	8.4580 E-2
4.4	0.16232

Se realizó la regresión lineal de los datos de absorbancia obteniéndose  $r^2 = 0.9993$

## Experimento 2B:

Curva patrón del Abrillantador óptico Distirilbifenilo en solución de detergente

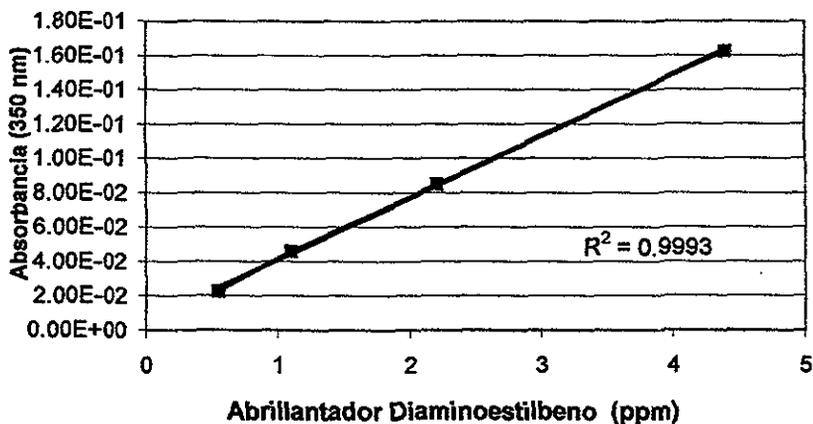
Espectro 2B:



Conc. (ppm)	Abs <sup>350 nm</sup>
0.55	8.2464 E-2
1.1	0.15254
2.2	0.30005
4.4	0.60093

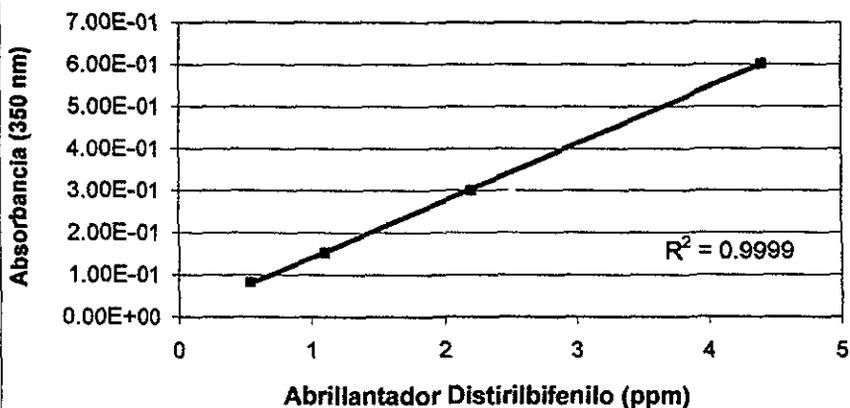
Se realizó la regresión lineal de los datos de absorbancia obteniéndose  $r^2 = 0.9999$

### Curva patrón del abrillantador Diaminoestilbeno en solución de detergente



Gráfica 6.1: Datos provenientes del espectro 2A.

### Curva patrón del abrillantador Distirilbifenilo en solución de detergente



Gráfica 6.2: Datos provenientes del espectro 2B.

Los experimentos 1A y 1B demostraron que era posible observar la señal de absorbancia debida a la presencia de abrillantadores ópticos en solución, sin embargo las soluciones fueron preparadas con agua destilada por lo que no existía nada que pudiera obstaculizar las mediciones. Por el contrario, en situaciones donde los abrillantadores actúan normalmente, una solución de detergente es el soluto utilizado por lo que en los experimentos 2A y 2B se realizó esta modificación.

Los cálculos para obtener los gramos de detergente necesarios por Litro se realizaron a partir de la concentración más elevada de abrillantador utilizada en el experimento 1 (referencia: cálculos del experimento 2). Se tomó esta decisión porque, en base a los resultados de los primeros experimentos, se observó que a mayor concentración se ven señales de mayor tamaño, que son más fáciles de detectar.

El detergente utilizado fue un gránulo base que contenía todos los ingredientes de un detergente común en las proporciones correspondientes (surfactantes, enzimas, builders, etc.) EXCEPTO agentes blanqueadores y abrillantadores ópticos.

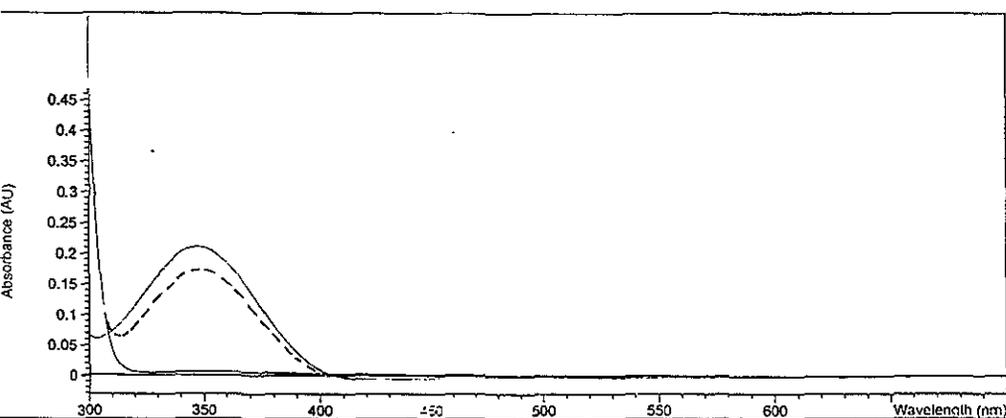
En el caso de los experimentos 2A y 2B no se adicionaron los agentes blanqueadores debido a que solamente se quería observar si era posible la detección de las señales de absorbancia del abrillantador en la solución de detergente.

Los resultados obtenidos fueron similares a los del experimento 1 para ambos abrillantadores, lo cual indica que en el detergente no hay ningún ingrediente que esté obstaculizando la señal de absorbancia característica a los 350 nm por lo que también podrían analizarse soluciones de lavado para evaluar la presencia de éstas moléculas. Además en los dos abrillantadores hay una relación lineal entre la concentración y el tamaño de la señal observada (ver gráficas 6.1 y 6.2), al igual que en el experimento 1.

## Experimento 3A:

Comparación de las absorbancias obtenidas por el Abrillantador Diaminoestilbena en solución de detergente en presencia y ausencia de agentes blanqueadores.

### Espectro 3A:

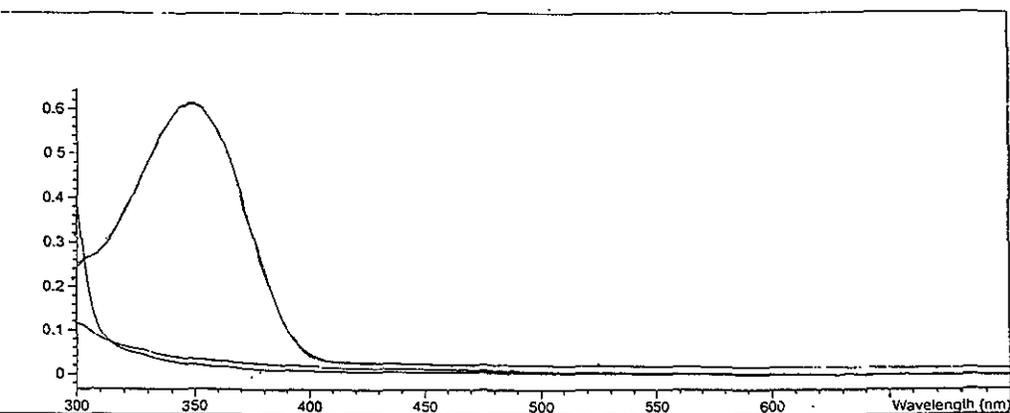


Solución de detergente	Abs <sup>350 nm</sup>
Sin blanqueador	1.0490 E-5
Sin blanqueador + Abrill. diaminoestilbena	0.20990
Con blanqueador	5.6963 E-3
Con blanqueador + Abrill. diaminoestilbena	0.17293

### Experimento 3B:

Comparación de las absorbancias obtenidas por el abrillantador óptico Distirilbifenilo en solución de detergente en presencia y ausencia de agentes blanqueadores.

Espectro 3B:



Solución de detergente	Abs <sup>350 nm</sup>
Sin blanqueador	3.4754 E-2
Sin blanqueador + Abrill. distirilbifenilo	0.61322
Con blanqueador	2.2068 E-2
Con blanqueador + Abrill. distirilbifenilo	0.61437

El experimento 3 fue realizado como una evaluación preliminar del efecto de los agentes blanqueadores en los abrillantadores bajo estudio. Como agentes blanqueadores se utilizaron los dos más comunes en la industria de los detergentes los cuales constituyen alrededor del 7% de la formulación final.

En los dos abrillantadores se obtuvo un espectro relativamente parecido: las soluciones de detergente con y sin blanqueador en las que no se adicionó abrillantador no presentaron ninguna señal de absorbancia a los 350 nm –como era de esperarse- lo cual indica que no hay abrillantadores presentes así como ninguna otra molécula que absorba en ese rango.

Cuando a las soluciones antes mencionadas se les agregaron los abrillantadores se observó claramente la señal en los 350 nm correspondientes a los mismos pero con algunas diferencias entre ellos. El abrillantador distirilbifenilo es el más resistente a los blanqueadores ya que la absorbancia obtenida en la presencia y ausencia de los mismos es prácticamente la misma (Espectro 3B). El abrillantador diaminoestilbeno, en cambio, sí es sensible a de estos ingredientes ya que la absorbancia obtenida disminuye alrededor de un 25% cuando se encuentran presentes (Espectro 3A).

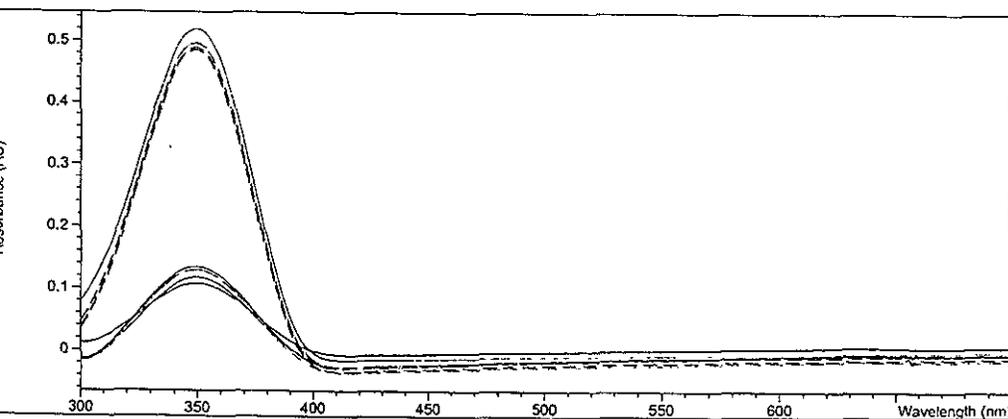
Con este experimento se puede observar que los agentes blanqueadores sí tienen efecto en la estabilidad de los abrillantadores, en este caso solamente en uno de ellos, el abrillantador diaminoestilbeno.

En esta ocasión los abrillantadores se evaluaron por separado. En el siguiente experimento se leen en el espectrofotómetro las dos soluciones de lavado con los diferentes abrillantadores y se evalúa el efecto que tienen los agentes blanqueadores en ellos a lo largo de una hora tomando mediciones cada 10 minutos.

## Experimento 4A

Medición espectrofotométrica de dos soluciones de detergente conteniendo cada una un abrillantador diferente (diaminoestilbeno y distirilbifenilo) sin agentes blanqueadores. Temperatura: 40°C.

Espectro 4A:



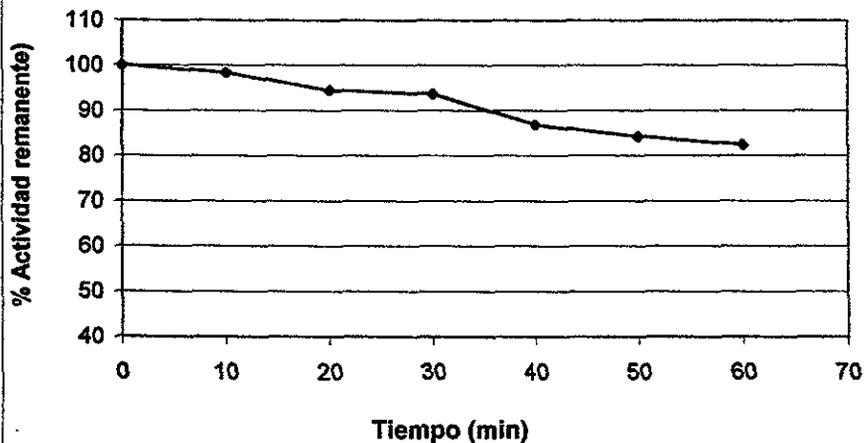
Diaminoestilbeno

Tiempo (min)	Abs <sup>350 nm</sup>
0	0.10699
10	0.10523
20	0.10108
30	0.10021
40	0.09293
50	0.09014
60	0.08821

Distirilbifenilo

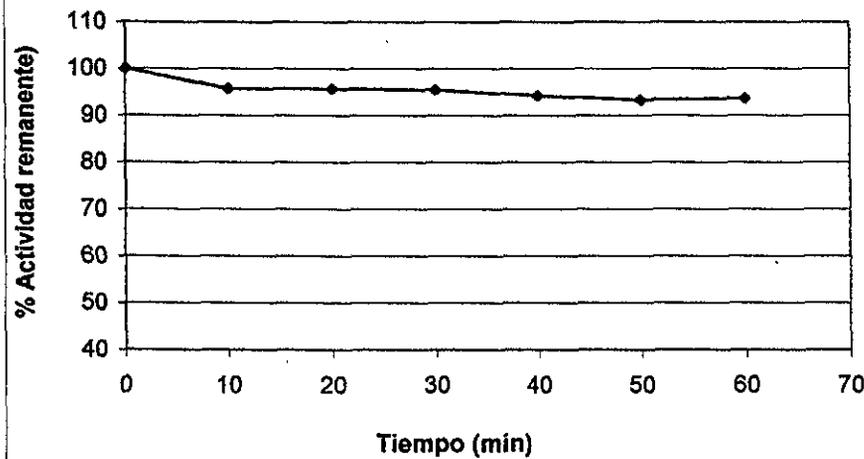
Tiempo (min)	Abs <sup>350 nm</sup>
0	0.51873
10	0.49637
20	0.49628
30	0.49512
40	0.48865
50	0.48407
60	0.48556

**Estabilidad del abrillantador Diaminoestilbeno en solución de detergente sin blanqueadores Temp 40°C**



Gráfica 6.3: Datos provenientes del espectro 4A.

**Estabilidad del abrillantador Distirilbifenilo en solución de detergente sin blanqueadores Temp 40°C**



Gráfica 6.4: Datos provenientes del espectro 4A.

En el experimento 4A se evaluaron soluciones separadas de abrillantadores ópticos al mismo tiempo en solución de detergente, sin agentes blanqueadores a una temperatura de 40°C.

El principal objetivo de este experimento fue conocer la estabilidad de los dos abrillantadores a las condiciones de lavado establecidas y se trazaron dos gráficas donde se veía el porcentaje de actividad remanente en el que se tomó como 100% la lectura inicial al tiempo cero.

En las gráficas obtenidas se observa que el abrillantador diaminoestilbena resultó ser el más susceptible a estas condiciones de lavado ya que su porcentaje de actividad bajó de 100 hasta prácticamente 80% (gráfica 6.3). En cambio el abrillantador distirilbifenilo no se vio afectado ya que mantuvo su actividad por arriba del 90 % (gráfica 6.4).

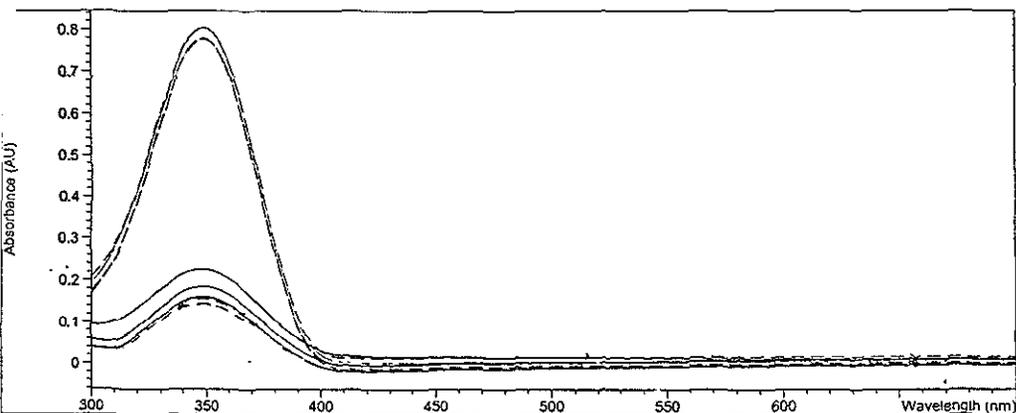
A pesar de que el abrillantador diaminoestilbena fue el menos estable en el experimento, se puede considerar que un 80% de actividad remanente después de una hora de permanecer a 40°C es bastante aceptable considerando la situación extrema a la que ha sido sometido este material. Además, durante la primera media hora, el abrillantador mantuvo su actividad por arriba del 90%, esto indica que si un periodo de lavado dura alrededor de 20 minutos se podría utilizar este abrillantador en una formulación de detergente a pesar de las altas temperaturas.

El abrillantador distirilbifenilo –como era de esperarse debido a la familia a la que pertenece- permaneció prácticamente con su actividad inicial durante todo el experimento.

## Experimento 4B:

Medición espectrofotométrica de dos soluciones de detergente conteniendo cada una un abrillantador diferente (diaminoestilbeno y distirilbifenilo) con agentes blanqueadores. Temperatura: 40°C.

Espectro 4B:



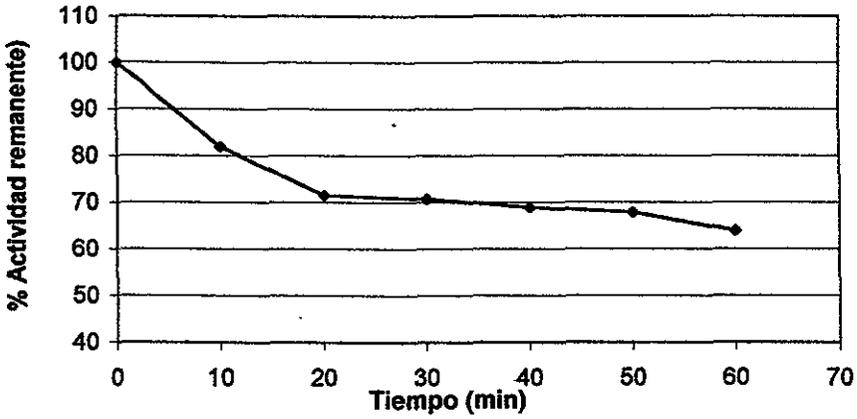
Diaminoestilbeno

Tiempo (min)	Abs <sup>350 nm</sup>
0	0.22579
10	0.18492
20	0.16163
30	0.15971
40	0.15575
50	0.15339
60	0.14435

Distirilbifenilo

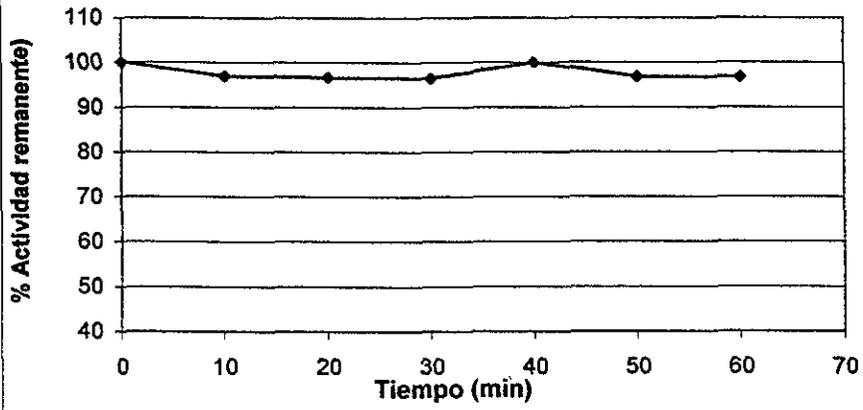
Tiempo (min)	Abs <sup>350 nm</sup>
0	0.80417
10	0.77943
20	0.77713
30	0.77586
40	0.80407
50	0.77903
60	0.77833

**Estabilidad del abrillantador Diaminoestilbeno en solución de detergente con blanqueadores Temp 40°C**



Gráfica 6.5: Datos provenientes del espectro 4B.

**Estabilidad del abrillantador Distirilbifenilo en solución de detergente con blanqueadores Temp 40°C**



Gráfica 6.6: Datos provenientes del espectro 4B.

En el experimento 4B no solamente se utilizó una temperatura de 40°C –como en el experimento 4A, sino que además se agregaron los agentes blanqueadores para ver la estabilidad de los abrillantadores a estas nuevas condiciones de lavado.

Los resultados muestran que, mientras la actividad remanente del distirilbifenilo se mantiene por arriba del 90% (gráfica 6.6), la actividad del diaminoestilbeno cae prácticamente hasta el 60% (gráfica 6.5).

El distirilbifenilo muestra que no es susceptible a las condiciones experimentales utilizadas (incluyendo la presencia de blanqueadores) lo cual lo hace un abrillantador bastante confiable y eficiente durante el lavado debido a que su actividad se mantiene por arriba del 90% sin importar las condiciones en las que se utilice.

El abrillantador diaminoestilbeno ya había mostrado una baja en el porcentaje de actividad remanente aún en la ausencia de agentes blanqueadores (experimento 4A) ya que su actividad disminuía hasta llegar al 80% de la actividad inicial. Sin embargo, al tener en la solución de detergente también la presencia de agentes blanqueadores, su actividad disminuyó todavía 20% más, llegando hasta una actividad remanente final del 60% (gráfica 6.5). Esto indica que el diaminoestilbeno es sensible a las condiciones de lavado establecidas (presencia de agentes blanqueadores).

Con los resultados de los 4 experimentos realizados se podría deducir que el mejor abrillantador para utilizarse en una solución de lavado sería el DISTIRILBIFENILO ya que el diaminoestilbeno tiene baja estabilidad en la presencia de agentes blanqueadores. Sin embargo, el abrillantador distirilbifenilo es, por sí solo, demasiado caro para utilizarlo solo en una formulación de detergente. Por ello se busca combinarlo con abrillantadores de la familia de los diaminoestilbenos para potenciar su acción, bajar el costo e introducirlos en la formulación final.

Se plantea entonces una nueva interrogante: ¿Qué otro abrillantador de la familia de los diaminoestilbeno se podría utilizar? Se encontró otro abrillantador de esta familia

*diaminoestilbena B*) con propiedades que lo sitúan como una muy buena opción para utilizar en un sistema conjunto de abrillantadores. Según el fabricante, el abrillantador tiene las siguientes propiedades:

- Resistencia a altas temperaturas
- Alta solubilidad
- Resistencia a agentes blanqueadores

Todas estas características son muy diferentes a las presentadas por el abrillantador *diaminoestilbena* que había sido utilizado en los experimentos anteriores.

Por todo lo anterior se realizarán pruebas de la estabilidad del abrillantador *diaminoestilbena B* utilizando las condiciones de lavado más extremas durante los experimentos realizados, esto es, las correspondientes al experimento 4B.

Se utilizarán los 2 abrillantadores evaluados previamente junto con el *diaminoestilbena B* para evitar que algún cambio de condición favorezca a alguno en particular. Con todo se está garantizando que los tres abrillantadores se probarán en igualdad de condiciones y su estabilidad será evaluada en el experimento 5.

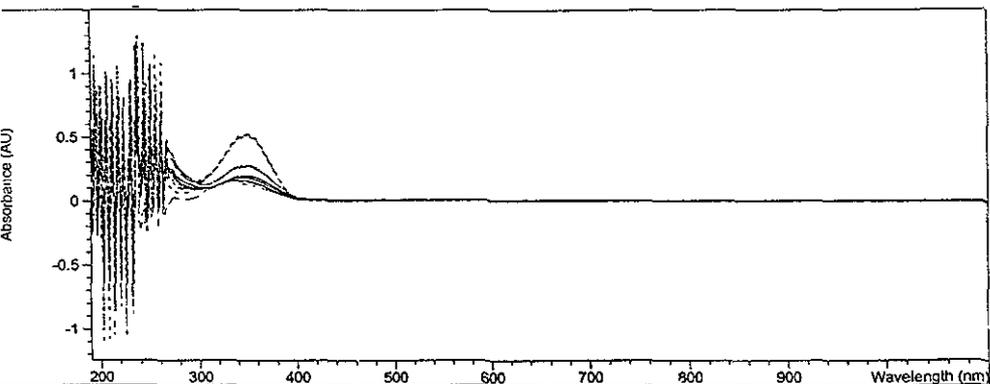
De acuerdo a la gráfica del porcentaje de actividad remanente del espectro obtenido en el experimento 5 se observa que el abrillantador *diaminoestilbena* vuelve nuevamente a reducir su actividad hasta prácticamente un 60%. Por otro lado se observa que el abrillantador *diaminoestilbena B* tuvo una gran estabilidad a las condiciones de lavado utilizadas ya que su actividad no se redujo como en el caso del otro abrillantador de su misma familia. (gráfica 6.7)

El abrillantador *diaminoestilbena B* y el *distirilbifenilo* observaron prácticamente el mismo comportamiento demostrando una gran estabilidad a las condiciones de lavado, incluyendo la presencia de blanqueadores.

## Experimento 5:

Medición espectrofotométrica de tres soluciones de detergente conteniendo cada una un abrillantador diferente (diaminoestilbeno A, distirilbifenilo y diaminoestilbeno B) con agentes blanqueadores. Temperatura: 40°C.

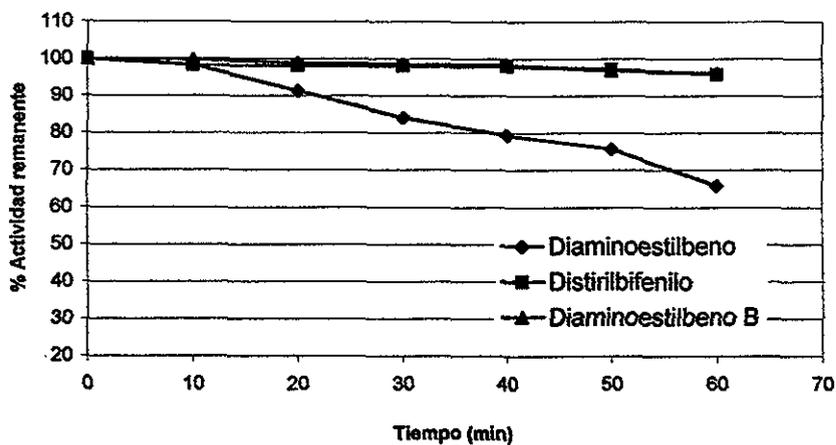
Espectro 5:



	Diaminoestilbeno	Distirilbifenilo	Diaminoestilbeno B
Tiempo (min)	Abs <sup>350 nm</sup>	Abs <sup>350 nm</sup>	Abs <sup>350 nm</sup>
0	0.20103	0.52936	0.28354
10	0.19764	0.52066	0.28286
20	0.18371	0.51931	0.28031
30	0.16926	0.51945	0.27949
40	0.15985	0.51896	0.27926
50	0.15234	0.51496	0.27466
60	0.13242	0.50766	0.27232

## Estabilidad de 3 abrillantadores en solución de detergente con agentes blanqueadores

Temp: 40°C



Gráfica 6.7: Actividad remanente. Datos provenientes del espectro 5.

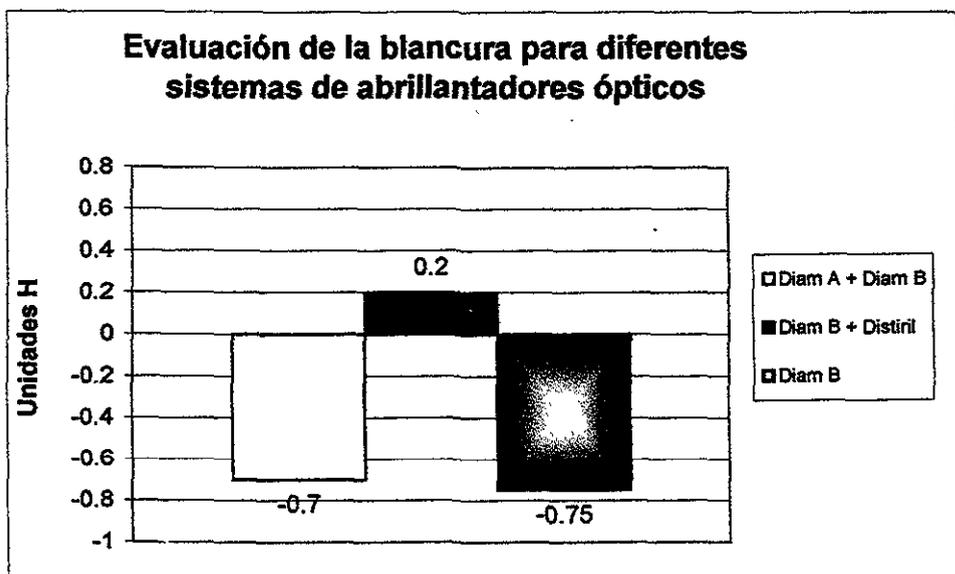
### Experimento 6:

Evaluación de la blancura de las telas con diferentes sistemas de abrillantadores en presencia de agentes blanqueadores.

Se utilizarán 4 sistemas de abrillantadores diferentes. Cuando se utilicen dos abrillantadores deben de combinarse en una proporción 1:1 y su nivel en la formulación debe de representar el 0.2% de la formulación final.

Sistemas de abrillantadores utilizados:

- 1.- Diaminoestilbena A + Distirilbifenilo
- 2.- Diaminoestilbena A + Diaminoestilbena B
- 3.- Diaminoestilbena B + Distirilbifenilo
- 4.- Diaminoestilbena B



Gráfica 6.8: Datos provenientes de la tabla 6.1

Se toman como nivel basal los resultados obtenidos por el sistema 1 de abrillantadores.

Medición de blancura utilizando método colorimétrico (Hunter). Unidades H.

Tabla 6.1	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
	Diam A + Distiril	Diam A +Diam B	Diam B + Distiril	Diam B
Blancura promedio	Referencia	-0.7*	0.20*	-0.75*

\* Unidades H (valores mayores o menores a 0.5 son estadísticamente significativos).

En este experimento se tomó como base el sistema de abrillantadores número 1 porque es el más utilizado en la industria de los detergentes debido a que los dos abrillantadores constituyentes se complementan entre sí.

En la tabla 6.1 se observa que el sistema 2 y 4 tienen un desempeño significativamente inferior ya que presentan diferencias mayores de 0.5 unidades H con respecto al sistema de referencia (sistema 1). Los resultados indican que la blancura resultante en las telas es menor que la que se obtiene con el sistema 1 que es el de referencia. Estos resultados eran de esperarse ya que se componen únicamente de abrillantadores de la familia de los diaminoestilbenos los cuales son sensibles a la presencia de agentes blanqueadores. No es recomendable sugerir ninguno de estos dos sistemas para una formulación final de detergente debido a que estos abrillantadores tienen productos de degradación que hacen que las telas se vean amarillentas conforme pasa el tiempo.

El único sistema que presentó un número positivo fue el sistema 3 debido, en parte, a que el abrillantador distirilbifenilo es muy estable a la presencia de los blanqueadores por lo que se hace un sistema más difícil de atacar. Además, este sistema 3 tiene el abrillantador diaminoestilbeno B, el cual es más estable que el diaminoestilbeno A (presente en el sistema 1) Por todo esto la blancura obtenida es mejor cuando se utiliza una combinación de abrillantadores de las dos familias.

Los dos mejores sistemas para mejorar la blancura en las telas fueron el 1 y el 3 debido a que uno de los abrillantadores presentes era el de la familia distirilbifenilo. No existe diferencia significativa entre estos dos sistemas ya que para que ello fuera posible debió de haber existido una diferencia de al menos 0.5 unidades H. Por esto se considera que el desempeño de los dos sistemas es el mismo en cuanto a evaluación de blancura de las telas. Deben de tomarse en consideración otros factores como el costo de las diferentes combinaciones de abrillantadores para poder decidir finalmente cuál de los dos es el más económico y estable a cambios en las condiciones de lavado.

## CONCLUSIONES

La evaluación en el laboratorio de los nuevos ingredientes a utilizar en una formulación es fundamental para poder entender sus propiedades y estabilidad a diversos factores. En este caso se utilizaron abrillantadores ópticos de dos familias diferentes para evaluar su desempeño.

El método de evaluación desarrollado - y basado en las propiedades espectrofotométricas de los abrillantadores - demostró que es posible medir la presencia de abrillantadores ópticos en solución midiendo su absorbancia a 350 nm aún en soluciones muy diluidas (0.55 ppm).

Con el método espectrofotométrico se determinó que existe una relación lineal entre las concentraciones de los abrillantadores evaluados y la absorbancia obtenida por lo que fue posible la construcción de curvas patrón para los mismos.

El abrillantador DISTIRILBIFENILO presentó una gran estabilidad a la presencia de agentes blanqueadores en las condiciones de lavado establecidas, ya que mantuvo un porcentaje de actividad remanente por arriba del 90% en todos los experimentos. Su desventaja es el alto costo que presenta lo cual hace indispensable utilizarlo en combinación con otros abrillantadores, de preferencia con los de la familia de los diaminoestilbenos, para encontrar aquella combinación que le permita mantener esa estabilidad pero disminuir los costos provenientes de estos materiales.

Se evaluaron dos abrillantadores de la familia de los diaminoestilbenos:

El abrillantador DIAMINOESTILBENO A presentó una baja estabilidad a los agentes blanqueadores ya que su actividad disminuía hasta en un 20%. Sin embargo, cuando se evaluó el abrillantador en la presencia de agentes blanqueadores en las condiciones de lavado establecidas (Temp. 40°C), la actividad descendió prácticamente un 40%. Esto indica una muy baja estabilidad del abrillantador a las condiciones de lavado de

este experimento por lo que gran parte del abrillantador dejaría de cumplir su función en el proceso de lavado.

El abrillantador DIAMINOESTILBENO B presentó una excelente estabilidad a las condiciones de lavado establecidas, al igual que el abrillantador distirilbifenilo. A pesar de ser de la misma familia que el diaminoestilbeno A, el B presentó una mayor resistencia a las condiciones más difíciles planteadas en los experimentos lo que lo hace un muy buen candidato para utilizarse con el abrillantador distirilbifenilo en una formulación final.

Los resultados de una evaluación del desempeño en el laboratorio de ingredientes de una formulación no siempre son un indicativo real del desempeño que éstos tendrán en el producto final. Por esto se requiere completar la evaluación con una prueba en la que los abrillantadores se combinen entre sí en diferentes sistemas y se mida su desempeño bajo condiciones de uso real. De este modo se utilizaron diferentes combinaciones de los abrillantadores pero los que mejor desempeño tuvieron fueron los sistemas: distirilbifenilo/diaminoestilbeno A y distirilbifenilo/diaminoestilbeno B. Estos resultados indican que la fuerza de estos dos sistemas reside en el abrillantador distirilbifenilo, el cual mostró mayor resistencia a las condiciones de lavado durante la evaluación de laboratorio.

Los sistemas constituidos únicamente por abrillantadores de la familia de los diaminoestilbenos no obtuvieron un buen desempeño en la evaluación de la blancura debido, en parte, a que el sistema de lavado contenía agentes blanqueadores que pudieron disminuir su actividad. Además de que en el caso de los diaminoestilbenos se observa una gran susceptibilidad a la fotodegradación, razón por la cual se forman productos de degradación coloridos que pueden ocasionar el amarillamiento de las telas.

Los experimentos realizados en este estudio dieron como resultado dos sistemas de abrillantadores que podrían ser utilizados en una formulación final (distirilbifenilo/diaminoestilbeno A y distirilbifenilo/diaminoestilbeno B), sin embargo no existe diferencia significativa entre ellos por lo que no solamente el desempeño, sino su relación con el costo deberán de ser los factores para poder elegir alguno de ellos.

A grandes rasgos el costo de los abrillantadores utilizados fluctúa del siguiente modo: distirilbifenilo > diaminoestilbeno B > diaminoestilbeno A. En base a esto el sistema de abrillantadores recomendado sería el conformado por los abrillantadores distirilbifenilo / diaminoestilbeno A por ser uno de los sistemas que obtuvo mejor desempeño y menor costo.

La evaluación en el laboratorio siempre debe constituir la primera fase de evaluación de un ingrediente específico para una formulación, ya que se deben de conocer sus propiedades físicas para entender su comportamiento y poder predecir posibles interacciones con los otros ingredientes. Sin embargo, esta información debe ir seguida de evaluaciones de los ingredientes dentro del producto final y bajo las condiciones en las que será utilizado normalmente para poder incluir todas aquellos factores que pudieran ocasionar que estos ingredientes disminuyeran su actividad o, en casos extremos, que fueran totalmente inactivados.

Los abrillantadores ópticos son un ingrediente insustituible en las formulaciones actuales de los detergentes ya que proporcionan una blancura superior a la que se podría obtener con agentes blanqueadores como el hipoclorito de sodio debido a que son capaces de absorber luz UV (invisible) emitiendo luz visible con un ligero tono azulado que da la impresión de una mejor blancura.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aenishänslin, R., Anders, G., Anliker, R., Dürig, G., Eckhardt, C., Griesser, R., Hefti, H., Mischler, W., Räuchler, A., Von Rütte, R., Wieber, A., Zinkernagel, R. Fluorescent whitening agents – safe to handle Ciba-Geigy Dyestuffs and Chemicals Division 1973
2. Aenishänslin, R., Anders, G., Anliker, R., Dürig, G., Eckhardt, C., Griesser, R., Hefti, H., Mischler, W., Räuchler, A., Von Rütte, R., Wieber, A., Zinkernagel, R. Instrumental assessment of whiteness Ciba-Geigy Dyestuffs and Chemicals Division 1973
3. Aenishänslin, R., Anders, G., Anliker, R., Dürig, G., Eckhardt, C., Griesser, R., Hefti, H., Mischler, W., Räuchler, A., Von Rütte, R., Wieber, A., Zinkernagel, R. Mass-whitening of synthetic fibres and plastics Ciba-Geigy Dyestuffs and Chemicals Division 1973
4. Aenishänslin, R., Anders, G., Anliker, R., Dürig, G., Eckhardt, C., Griesser, R., Hefti, H., Mischler, W., Räuchler, A., Von Rütte, R., Wieber, A., Zinkernagel, R. Mode of action and chemistry of fluorescent whitening agents Ciba-Geigy Dyestuffs and Chemicals Division 1973
5. Aenishänslin, R., Anders, G., Anliker, R., Dürig, G., Eckhardt, C., Griesser, R., Hefti, H., Mischler, W., Räuchler, A., Von Rütte, R., Wieber, A., Zinkernagel, R. Review Ciba-Geigy Dyestuffs and Chemicals Division 1973
6. Aenishänslin, R., Anders, G., Anliker, R., Dürig, G., Eckhardt, C., Griesser, R., Hefti, H., Mischler, W., Räuchler, A., Von Rütte, R., Wieber, A., Zinkernagel, R. Visual assessment of whiteness Ciba-Geigy Dyestuffs and Chemicals Division 1973

7. Aenishänslin, R., Anders, G., Anliker, R., Dürig, G., Eckhardt, C., Griesser, R., Hefli, H., Mischler, W., Räuchler, A., Von Rütte, R., Wieber, A., Zinkernagel, R. White and detergents Ciba-Geigy Dyestuffs and Chemicals Division 1973
8. Aenishänslin, R., Anders, G., Anliker, R., Dürig, G., Eckhardt, C., Griesser, R., Hefli, H., Mischler, W., Räuchler, A., Von Rütte, R., Wieber, A., Zinkernagel, R. Whitening textile materials Ciba-Geigy Dyestuffs and Chemicals Division 1973
9. Anliker, R., Müller, G. Fluorescent Whitening Agents Publishers Stuttgart 1975
10. Bretz, R., Eckhardt, C., Ergenc, F., Husslein, M., Kaschig, J., Steib, A., Timm, A. Questions & Answers about Fluorescent Whitening Agents for Detergents: Environmental impact, ecotoxicology, fate and elimination, human safety, risk analysis, benefits, comparative environmental aspects. Ciba 1994 págs. 1-9
11. Burg, A.W., Rohovsky, M. W., Kensler, C.J. Crit. Rev. Environ. Control, 7, 91 (1977)
12. Cahn, Arno Proceedings of the 4<sup>th</sup> World Conference on Detergents: Strategies for the 21<sup>st</sup> century Arno Cahn Consulting Services, Inc New York, USA 1998
13. Cutler, W.G., Davis, R.C. Detergency: Theory and Test Methods Marcel Dekker, Inc. New York USA 1981
14. D 123-88b Standard Terminology Relating to Textiles Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA 1990
15. D 3050 Standard Guide For Measuring Soil Removal from Artificially Soiled Fabrics. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA 1993 págs. 326-327

16. De wilde, T., The Cost-Effective and Proven Shugi Technology for High Density Detergent Manufacture, Hosokawa Shugi, Lelystad, The Netherlands 1992
17. Eckhardt, C., Kaschig, J., Franke, K., Lee F., Ergenc, F., Proc. 3<sup>rd</sup> World conference on Detergents: Global Perspectives, Ed. Cahn 1993 págs. 193-197
18. Eckhardt, C., Kaschig, j., Franke, K., Lee, F., Ergenc, F. The changing face of fluorescent whitening agent requirements in the 1990s – A new approach Ciba-Geigy Ltd, chemicals division Basel, Switzerland 1995
19. Etzweiler, F., Senn, E., Schmidt, H.W.H. Method for Measuring Aqueous Solutions of Organic Components, Analytical Chemistry 67: 655-658 (1995)
20. Feron, J.P. Toxicology and Carcinogenesis Studies of 4,4'-Diamino-2,2'-stilbene disulfonic Acid, Disodium Salt in Rats and Mice, No. 412 Ciba 1992
21. Ganz, C.R., Schulze, J., Stensby, P.S., Lyman, F.L., Macek, K. Environ. Sci. Technol., 9 (8), 738 1975
22. Giles, C. H., Shah, C. D., Watts, W.E., Sinclair, R.S. Oxidation and Reduction in Light-Fading of Dyes J.S.D.C., Diciembre de 1972 págs. 433-435
23. Goddard, E.D., Ananthapadmanabhan, K.P., Interactions of surfactants with polymers and proteins CRC Press USA 1993
24. Godfrey, T., West, S., Industrial Enzimology 2nd edition Chapter 2.10: Detergents 1996 págs. 187-200
25. Hatch, Kathryn Textile Science West publishing company USA 1993

26. Herman de Groot, W., Adami, I., Moretti, G.F., The Manufacture of Modern Detergent Powders Herman de Groot Academic Publisher Holland 1995
  
27. Hiemenz, P., Palan, R. Principles of Colloid and Surface Chemistry 3<sup>rd</sup> edition Marcel Dekker Ing New York USA 1992
  
28. Karsa, D.R. New Products and applications in Surfactant Technology Annual Surfactants Review Sheffield Academic Press Vol.1 1998
  
29. Kaschig, J., Schaumann, M., Schultz, B. The photochemistry of Fluorescent Whitening Agents: Impact on light fastness Ciba specialty chemicals Grenzach, Germany 1996 págs. 1-4
  
30. Kirk-Othmer Encyclopedia of chemical technology Vol 11: Fluorescent whitening agents Ciba-Geigy corporation 1990 págs. 227-241
  
31. Kramer, J.B., Canonidca, S., Hoigné, J., Kaschig, J. Environmental Science Technology 1996 30 (7) págs. 2227-2234
  
32. Kramer, J.B. The handbook of environmental chemistry Volume 3 Part F: Fluorescent Whitening Agents Ed. O. Hutzinger Berlin 1992 págs. 351-366
  
33. Moretti, G.F., Adami, I., Nava, F. High Purity Concentrated Anionic Surfactants from Improved Sulphonation and Vacuum Neutralization Technology, Proceedings of the Third World Conference of Detergents Montreal, Canadá 1993
  
34. Ott, E.R., Schilling, E.D. Process Quality Control McGraw-Hill New York, USA 1990
  
35. Poster presentation, SEPAWA, 43<sup>rd</sup> Annual Conference, Bad Duerkheim, Oct. 1996

36. Schuessler, U. Fluorescent whitening agents for detergents. World conference on detergents. American Oil Chemistry Society Champaign, Illinois USA 1986
37. Seiber, R.P., Needles, H.L., The effect of Wool on the Photolysis of a Model Stilbene Fluorescent Brightener Textile Research Journal Mayo de 1972 págs. 216-262
38. Showell, M. Surfactant Science Series Powdered Detergents Marcel Dekker, Inc. Vol 71 USA 1997
39. Siegrist, A.E., Eckhardt, C., Kasfchig, J., Schmidt, E. Ullmann's Encyclopedia of Industrial chemistry "Optical Brighteners" 5<sup>th</sup> edition Vol. A18 1991 págs. 153-176
40. Spitz, Luis. Soaps and Detergents Luis Spitz Inc. USA 1996
41. Timm, A. Risk assessment of Tinopal CBS-X Ciba. 1992
42. Vial, A. Report on the acute toxicity test on earthworms Ciba 1991
43. Von Rütte, R. La solidez a la luz, la estabilidad a la luz y la tonalidad del blanco como criterios de valoración de los agentes de blanqueo óptico para detergentes. Conferencia pronunciada con motivo de la Reunión Anual de SEPAWA de 1973, celebrada en Bad Dürkheim.