



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**DESARROLLO DE FORMULACIONES DE DETERGENTES LÍQUIDOS
PARA ROPA Y SU EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO**

Tesina

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

Erick Gálvez Martínez



Ciudad Universitaria, CD.MX.

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



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: **Profesor:** **María del Socorro Alpizar Ramos**

VOCAL: **Profesor:** **Norma Castillo Rangel**

SECRETARIO: **Profesor:** **Luz Antonia Borja Calderón**

1er. SUPLENTE: **Profesor:** **Veronica Zamora Salazar**

2º SUPLENTE: **Profesor:** **Andrea Saori Majluf Trejo**

ESTE TRABAJO SE REALIZÓ EN LA EMPRESA CLARIANT MÉXICO, S.A. DE C.V.

ASESOR DEL TEMA:

Q.F.B Luz Antonia Borja Calderón

SUSTENTANTE (S):

Erick Gálvez Martínez

Índice

Objetivo.....	5
Objetivo específico	5
Hipótesis.....	5
Introducción	6
Marco Teórico	
1. Tensoactivos.....	7
1.1 Estructura de los tensoactivos	7
1.2 Tipos de tensoactivos	8
1.2.1 Tensoactivos aniónicos	9
1.2.2 Tensoactivos no iónicos.....	11
1.2.3 Tensoactivos catiónicos	12
1.2.4 Tensoactivos anfóteros	13
1.3 Comportamiento de las moléculas de tensoactivos.....	16
1.4 El efecto de los tensoactivos en la tensión superficial o interfacial.....	17
1.5 Micelas	18
1.6 Concentración micelar crítica (CMC).....	19
1.6.1 La dependencia de la CMC con la estructura química.....	20
1.6.2 Otros factores que afectan la CMC: Temperatura y solutos.....	20
2. Detergentes domésticos	22
2.1 Detergencia	22
2.2 Mecanismo de la detergencia.....	22
2.3 Agentes auxiliares	24
2.3.1 Enzimas	24
2.3.2 Agentes antiredeposición de manchas	25
2.3.3 Reguladores de espuma	26
2.3.4 Abrillantadores ópticos.....	27
2.3.5 Fragancias	27
2.3.6 Colorantes.....	28
2.4 Determinación del poder detergente	28
2.5 Telas.....	29

3. Métodos de ensayo para la evaluación de detergentes.....	31
3.1 Métodos de laboratorio	32
3.2 Evaluación práctica (paneles sensoriales).....	33
3.3 Pruebas de consumo.....	34
Desarrollo experimental	
4.1 Preparación y evaluación de dos detergentes líquidos	36
4.2 Evaluación técnica del perfil de lavado de ocho detergentes líquidos para ropa.....	39
Resultados y Análisis.....	42
Conclusiones	60
Referencias bibliográficas.....	61
ANEXO I.....	64

Objetivo general

Evaluación de desempeño de dos detergentes líquidos para ropa, así como sus parámetros fisicoquímicos.

Objetivo específico

Determinar la posible diferencia significativa en el desempeño de ocho detergentes líquidos (cinco de uso comercial vs. tres elaborados en la empresa). Los parámetros a evaluar son:

- Remoción de mancha
- Mantenimiento de blancura
- Remoción de percudido
- Mantenimiento de color

Hipótesis

Al comparar ocho detergentes líquidos sometidos a cuatro pruebas de evaluación, con ayuda de análisis estadístico y paneles sensoriales, se prevé poder determinar cuál es el mejor de los ocho, esperando que los detergentes formulados sean quienes presenten los mejores desempeños además de tener un menor costo.

Introducción

Los tensoactivos se encuentran entre los materiales más versátiles producidos hoy en día por la industria química. Aparecen en un diverso rango de productos, como en; los detergentes que usamos para limpiar nuestra ropa, productos cosméticos como champús y en los pesticidas que usamos para proteger nuestras cosechas.

La elaboración de un detergente líquido para ropa incluye uno o más tensoactivos formulados con otros componentes para reducir la redeposición de la mancha y mejorar el proceso de limpieza, así como las propiedades del producto para una mayor aceptación del consumidor. Las pruebas de detergentes implican medidas físicas, evaluaciones de desempeño y análisis químicos.

La detergencia puede ser definida como la eliminación de sustancias no deseadas de una superficie sólida que se pone en contacto con un líquido. La remoción de estas sustancias no deseadas, llamadas manchas, dependen de varios factores, como son el tipo de detergente y la acción mecánica durante el lavado.

Aunque todos los detergentes funcionan bajo el mismo principio (eliminan físicamente la suciedad disolviéndola en el agua de lavado), la composición de cada marca varía y con ella el desempeño del producto.

Sin embargo, a través de la publicidad los detergentes líquidos para lavar ropa ofrecen limpieza única o blancura, colores que resaltan como nunca y otras promesas que con frecuencia no se sustentan.

Además del ingrediente principal (tensoactivos), varios productos adicionan compuestos como agentes antirredepositantes para evitar el percutido, oxidantes que por desprendimiento del oxígeno blanquean las manchas, enzimas que actúan sobre diversos tipos de manchas como las de origen proteico (leche, sangre, huevo, grasas, etc.), y blanqueadores o abrillantadores ópticos que dan la sensación de mayor blancura en la tela.

Por la diversidad de productos existentes en el mercado, se analizaron ocho detergentes, para conocer realmente sus características y desempeño.

CAPITULO I

TENSOACTIVOS

1.1 Estructura de los tensoactivos

Los tensoactivos son compuestos anfífilicos que contienen un grupo lipófilo y un grupo liófilo. La naturaleza opuesta de estos dos grupos permite la modificación de las propiedades en la interfase (región) entre dos líquidos inmiscibles (líquido/líquido), líquido y gas (líquido/gas) o líquido y un sólido (líquido/sólido). La actividad de los tensoactivos permite que sean adsorbidos en la interfase, esto es una consecuencia de su naturaleza dual y la fuerza relativa que tienen los grupos para un medio particular.¹

Para que una molécula sea adsorbida en la interfase, tiene que ser atraída por el medio en el que es disuelto y en el material. Esto se logra por tener dos partes distintas en la misma molécula y por lo general sirve para poder representar los tensoactivos como “paletas” (figura 1).

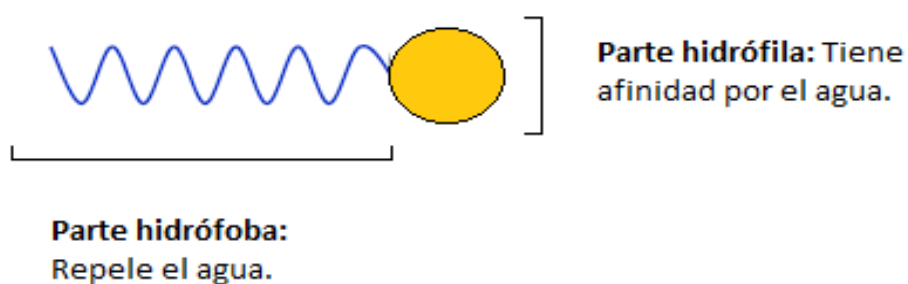


Figura 1 Presentación simple de una molécula de tensoactivo.

La cola no polar es soluble en aceites (lipofílica) y el grupo de la cabeza es atraído a disolventes polares tales como el agua (lipofóbico). Puesto que la mayoría de los productos

¹ Milton J. Rosen, Joy T. Kunjappu. (1987). *Surfactants and Interfacial Phenomena*. Germany: Springer-Verlag Heidelberg.

cosméticos y de cuidado personal contienen agua por lo general nos referimos a moléculas tensoactivo que tienen una cola hidrófoba y un grupo de cabeza hidrófilo.

Muchos compuestos orgánicos pueden contener estos dos grupos, mas no poseen propiedades de superficie activa. Esto es debido al hecho de que la cola hidrófoba necesita alcanzar un tamaño crítico en comparación con la del grupo de cabeza polar. Esto se consigue generalmente cuando el número de átomos de carbono es mayor que ocho. Abajo de este número de carbonos los compuestos son completamente solubles en agua. Si el número de carbonos en la molécula se encuentra entre 10 y 18, los compuestos generalmente tienden a exhibir propiedades de tensoactivo. Moléculas arriba de 18 átomos de carbono son prácticamente insolubles en agua y dependiendo de las condiciones (temperatura) no muestran actividades tensoactivas en absoluto.

1.2 Tipos de tensoactivos

Los grupos de la cabeza polar pueden ser no iónicos (sin carga) o iónicos (cargados). Los grupos iónicos pueden ser negativos (aniónicos) o positivos (catiónicos) o ambos (anfóteros). El tipo de contraición asociado con el tensoactivo iónico depende de la carga llevada por el grupo de cabeza polar.²

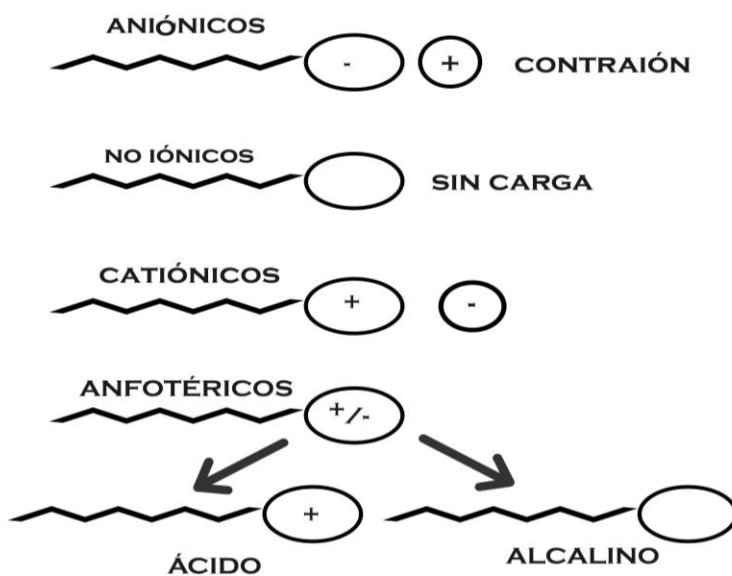


Figura 2 Tipos básicos de tensoactivos.

² John H. Clint. (1986). *Surfactant Aggregation*. Glasgow: Blackie.

Los compuestos que tienden a ser solubles en aceite generalmente tienen una cabeza hidrofílica pequeña o débil comparada con una cola hidrofóbica larga o grande. Mientras que los tensoactivos más hidrófilos tienen un grupo de cabeza polar mucho más grande o voluminoso en comparación con la cola hidrofoba que es más pequeña (figura 3).

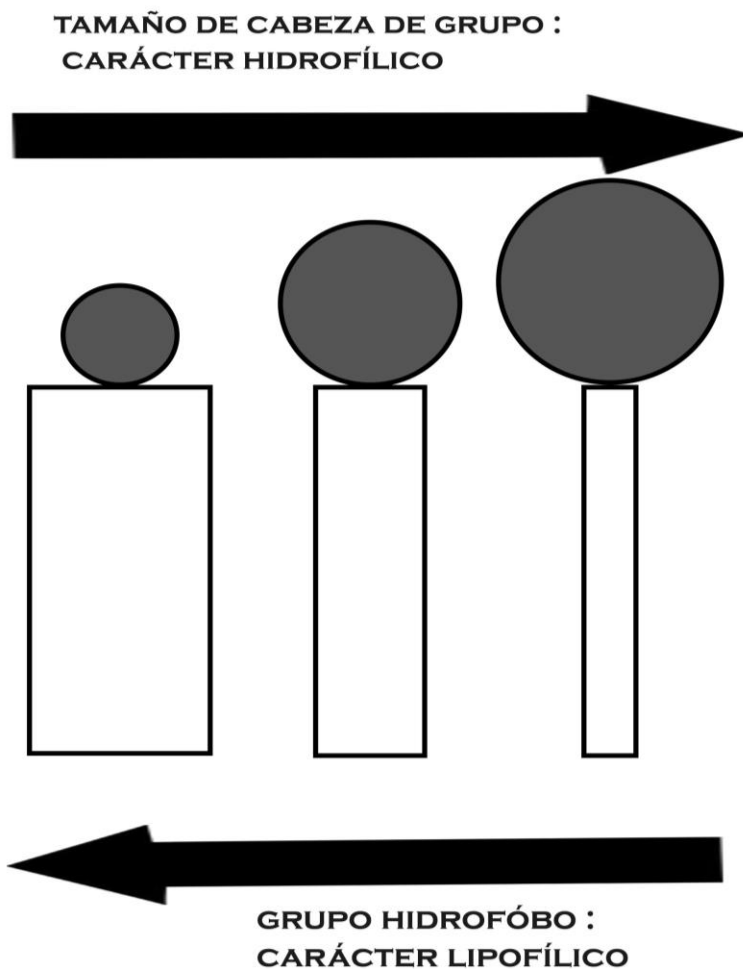


Figura 3 Efecto de las fuerzas relativas de los grupos de cabeza y cola sobre las propiedades interfaciales de un tensoactivo.

1.2.1 Tensoactivos aniónicos

Están constituidos por una cadena alquílica lineal o ramificada que va de 10 a 14 átomos de carbono, y en su extremo polar de la molécula se encuentra un anión. En solución se ionizan, pero considerando el comportamiento de sus grupos en solución, el grupo hidrofobo queda cargado negativamente.

Los tensoactivos aniónicos se utilizan como el componente principal en las formulaciones de higiene personal tales como champús, detergentes y "shower gels", ya que producen

abundante, cremosa y suntuosa espuma. A parte de estas características, son considerados como el ingrediente principal, por lo fácil que es sintetizarlos y presentan un bajo costo, no sin mencionar que son los más antiguos, puesto que el tensoactivo aniónico mejor conocido es el jabón.

El tensoactivo más popular dentro de este grupo es el alquil éter sulfato (figura 4), estos son derivados de alcoholes grasos etoxilados con una cadena de C₁₂/C₁₄ y dos o tres moles de óxido de etileno (por ejemplo laurico-2 y laurico-3). Su popularidad se debe al hecho de que esta combinación da los mejores atributos que incluye una buena viscosidad con electrolitos, formación de espuma y detergencia. Aunque la adición de más óxido de etileno mejora la suavidad de estos tensoactivos, sus atributos se deterioran, como se ilustra en la figura 5.

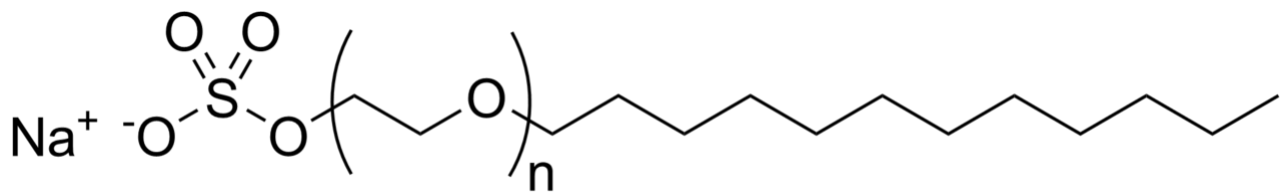


Figura 4 Tensoactivo aniónico.



Figura 5 Efecto de óxido de etileno en los atributos del alquil éter sulfato.

1.2.2 Tensoactivos no iónicos

Son aquellos que sin ionizarse, se solubilizan mediante un efecto combinado de un cierto número de grupos solubilizantes débiles (hidrófilos) que presentan enlaces tipo éter o grupos hidroxilos en su molécula. Como representantes están los alcoholes grasos o fenoles a los que se les agregan una o varias moléculas de óxido de etileno (figura 6).

Los dos materiales de partida son óxido de etileno (OE) y un alcohol graso natural o sintético. La reacción se lleva a cabo con la ayuda de un catalizador (alcalino) y el óxido de etileno se combina con el hidrógeno reactivo en el grupo hidroxilo del alcohol graso. El óxido de etileno adicional puede unirse a los nuevos grupos hidroxilo formados por el proceso de la reacción de polimerización. La reacción puede continuar indefinidamente, pero puede ser controlada agregando la cantidad apropiada de óxido de etileno al reactor con el alcohol graso.

Mientras mayor sea el número de óxidos de etileno agregados al alcohol graso, más hidrofílico el tensoactivo será. Mientras más larga sea la cadena de átomos de carbono,

más hidrofóbico será el tensoactivo. Los alcoholes saturados son más hidrofóbicos que los alcoholes insaturados aun con la misma cadena de átomos de carbono. Estas propiedades influyen en las características del tensoactivo, como son: dispersión, espuma y mojado.

Los tensoactivos no iónicos no se ven afectados por la dureza del agua y son compatibles con todos los tipos de tensoactivos. Son usados como emulsificantes en productos de cuidado de la piel y como co-tensoactivos en formulaciones para productos de limpieza. A veces son usados como agentes estabilizadores de espuma o modificadores reológicos en productos como: champús, "shower gels" y jabones líquidos.

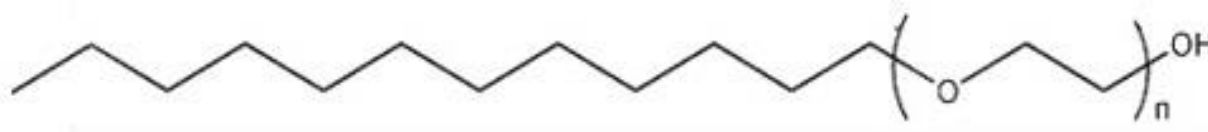


Figura 6 Tensoactivo no iónico.

1.2.3 Tensoactivos catiónicos

Son aquellos que en solución forman iones, resultando cargado positivamente el grupo hidrófobo de la molécula; en general, son compuestos cuaternarios de amonio o una amina grasa en medio ácido. La mayoría de los tensoactivos catiónicos están constituidos por una cadena larga de sales de amonio cuaternarios o sales de alquilaminas.³ La cadena larga constituye el grupo hidrofóbico, en tanto que el hidrofílico pequeño y altamente ionizado, lo constituye el nitrógeno tetravalente en forma de sales de amonio cuaternario (figura 7).

Las sales cuaternarias de amonio con un grupo alquilo de cadena larga (C₁₂₋₁₈), o algunas de cadena un poco más corta, con dos grupos alquilo (C₈₋₁₀), son principalmente utilizadas como sustancias activas antimicrobianas. Debido a su capacidad de adsorber en el pelo y fibras, estas primeras sirven también como agentes acondicionantes. Se añaden a las formulaciones para mejorar la sensación y la textura del cabello, así como proporcionar un beneficio antiestático (neutralización de carga).

Además de su afinidad a las fibras, las sales cuaternarias con dos grupos alquilo de cadena larga (C₁₆₋₁₈), presentan un efecto suavizante. Se aplican ya sea durante el proceso de lavado (suavizantes para la ropa en el ciclo de lavado) o en el proceso de enjuague

³ J. Falbe. (1987). *Surfactants in consumer products*. Germany: Springer-Verlag Heidelberg.

(suavizantes para la ropa en el ciclo de enjuague).

En tiempos más recientes, pequeñas cantidades de aminas, por ejemplo, metil diestearil amina, son añadidas a algunos detergentes y productos de limpieza. Éstas contienen de 1-2 cadenas largas y logran una mejora en la detergencia.

Puesto que estos tensoactivos llevan una carga positiva, son incompatibles con la mayoría de los tensoactivos aniónicos y forman un complejo insoluble cuando se mezclan juntos. Son compatibles con tensoactivos no iónicos, excepto con alcanamidas de alto contenido de jabón. Sus principales áreas de aplicación son formulaciones de acondicionamiento del cabello. En cremas acondicionadoras se utilizan para emulsionar aceites tales como siliconas.

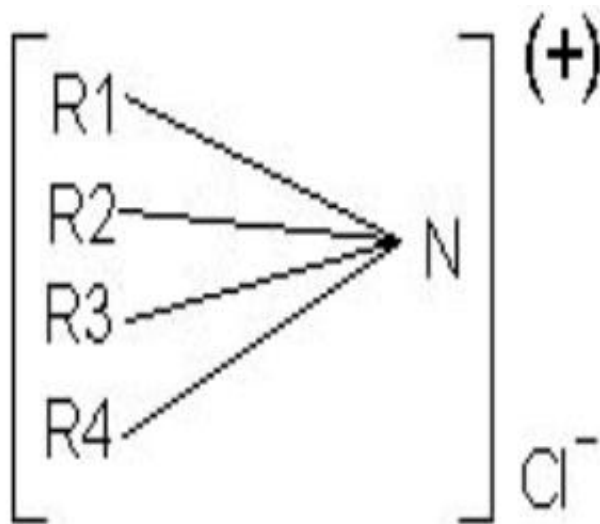


Figura 7 Tensoactivo catiónico.

1.2.4 Tensoactivos anfóteros

Los tensoactivos anfóteros tienen una química compleja. Contienen ambas cargas aniónicas y catiónicas. La carga negativa la lleva usualmente un grupo carboxilo y la carga positiva un grupo amino.

El pH de la solución afecta el comportamiento del tensoactivo y adquieren características diferentes. A un pH bajo domina el comportamiento catiónico y a un alto pH el comportamiento aniónico prevalecerá. Entre estos dos extremos en el pH habrá una condición en la que ambas cargas serán iguales y la molécula se conoce como un

zwitterion*. La molécula ya no se comporta como un tensoactivo y precipita en la solución. Esto se conoce como el punto isoeléctrico y es reversible. La molécula recupera sus propiedades tensoactivas subiendo o bajando el pH.

Las betaínas como las alquildimetil betaínas se clasifican como tensoactivos anfóteros, pero no son "verdaderos" anfóteros, ya que solo existen en forma de iones híbridos o catiónicos. Son incapaces de existir como aniónicos debido a la presencia del nitrógeno cuaternario.

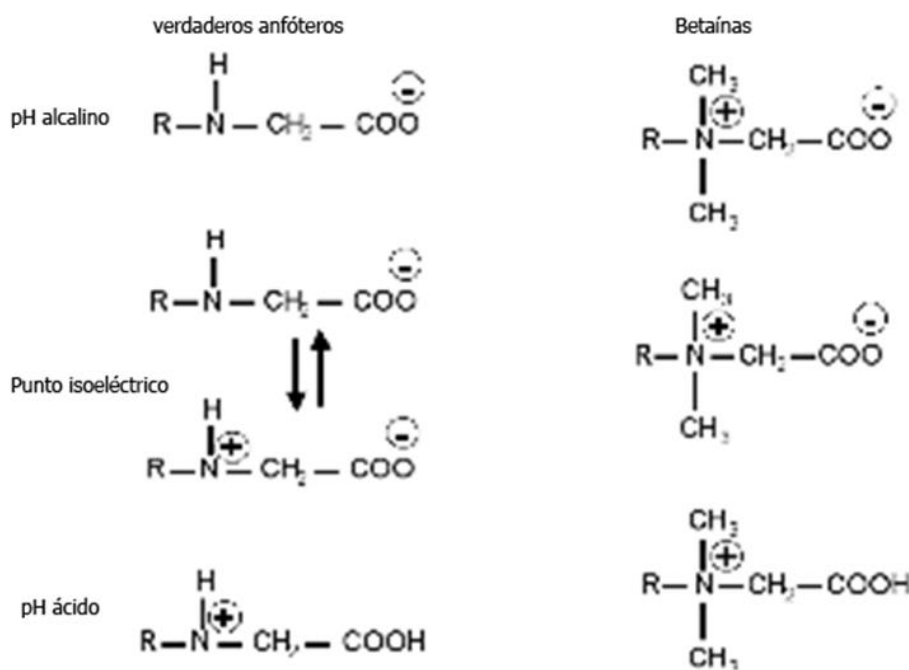


Figura 8 Comportamiento iónico de tensoactivos anfóteros y alquildimetil betaínas.

Los tensoactivos anfóteros son compatibles con tensoactivos aniónicos, catiónicos y no iónicos. No se ven afectados por agua dura y exhiben efectos sinérgicos cuando se usan en combinación con tensoactivos aniónicos; bajan la tensión superficial, menores CMCs y bajan los niveles de irritación en ojos y piel.

Algunos tensoactivos anfotéricos son:

- Alquil betaínas
- Alquilamido betaínas
- Derivados de imidazolina

* zwitterion: del alemán "zwitter" "híbrido", "hermafrodita", es un compuesto químico que es eléctricamente neutro pero que tiene cargas formales positivas y negativas sobre átomos diferentes.

Alquil betaínas

Se producen mediante la reacción de una amina terciaria con cloroacetato de sodio en solución acuosa, con pH alto y temperatura elevada. La reacción química es conocida como Carboximetilación (figura 9).

Las propiedades tensoactivas se ven afectadas por la longitud de la cadena hidrófoba, funcionan bien con una cadena alrededor de C₁₂. Las alquil betaínas son más eficaces que las alquil amido betaínas en el momento de espesar soluciones acuosas con electrolitos (NaCl).

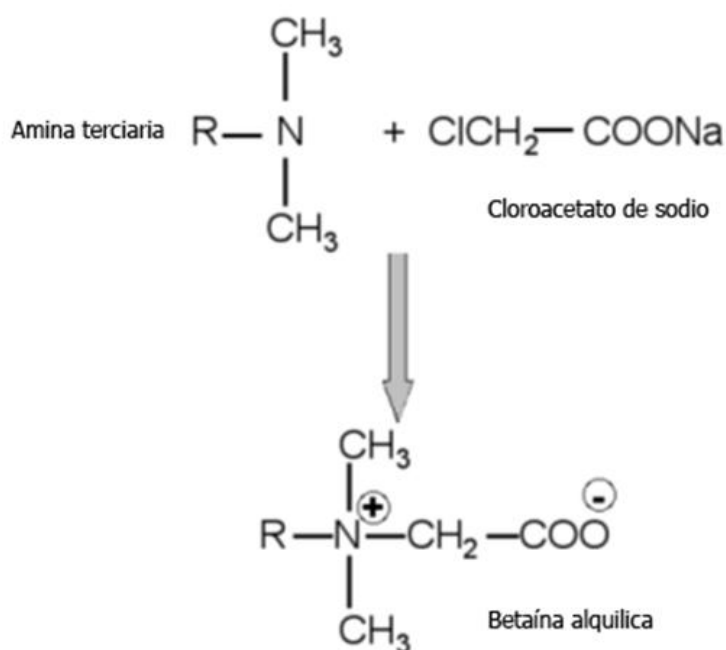


Figura 9 Preparación de alquil betaínas.

Alquil amido betaínas

Son extremadamente usadas en formulaciones de limpieza como co-tensoactivos en champús, "shower gels", productos para baño y limpiadores faciales. Las amido betaínas derivan del ácido graso de coco, son preferentemente usadas como co-tensoactivos en formulaciones de limpieza. Un ejemplo de este tipo de betaínas es la cocoamidopropil betaína (CAPB), así como se ilustra en la figura 10.

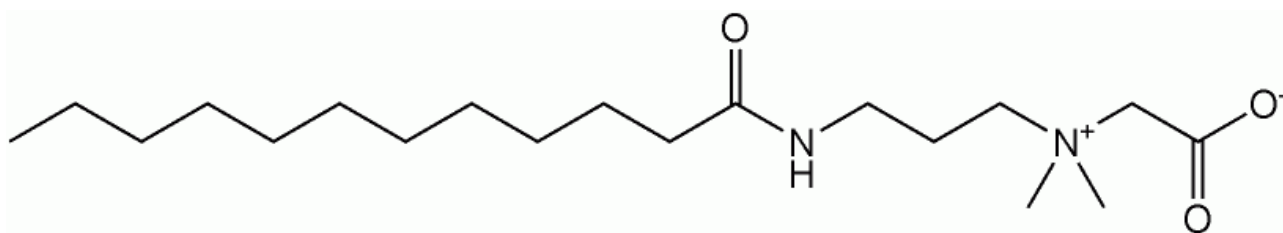


Figura 10 Cocoamidopropil betaína (CAPB).

Derivados de imidazolina

Estos tensoactivos son producidos en dos etapas. El primero; implica la reacción de un ácido graso con aminoetiletanolamina (AEEA) para obtener un alquil graso de imidazolina. Este alquil graso luego reacciona con cloroacetato de sodio en solución acuosa a un pH alto y elevada temperatura.

Los productos no son susceptibles a la hidrólisis por ácido o álcali y son compatibles con todos los tipos de tensoactivos. Generalmente exhiben poca irritación ocular y de la piel comparadas con las betaínas. De ahí que se utilizan preferentemente como co-tensoactivos en productos de limpieza suaves para adultos y niños.

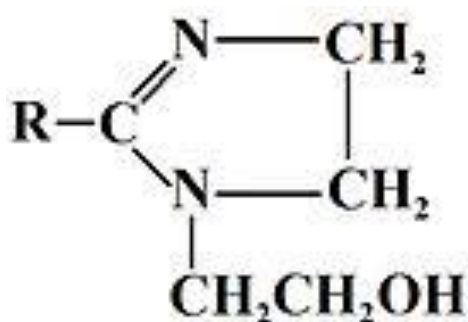


Figura 11 Estructura de un anillo de imidazolina

1.3 Comportamiento de las moléculas de tensoactivos

Las moléculas de tensoactivo migraran a una región o interfase donde se sientan más “en casa”, ejemplo aire/agua. En la interfase las moléculas de tensoactivo se orientaran a su disposición más preferida (mejor arreglo) y por lo tanto, cambiar las propiedades de la interfase, en particular; la tensión superficial.

Cuando consideramos la interfase aire/agua las colas hidrofóbicas se quedarán fuera de la superficie del agua y para la interfase sólido/agua las colas hidrofóbicas se adhieren a la superficie del sólido. Estos arreglos solo ocurren cuando hay suficiente concentración de moléculas de tensoactivo adsorbidas en la interfase.

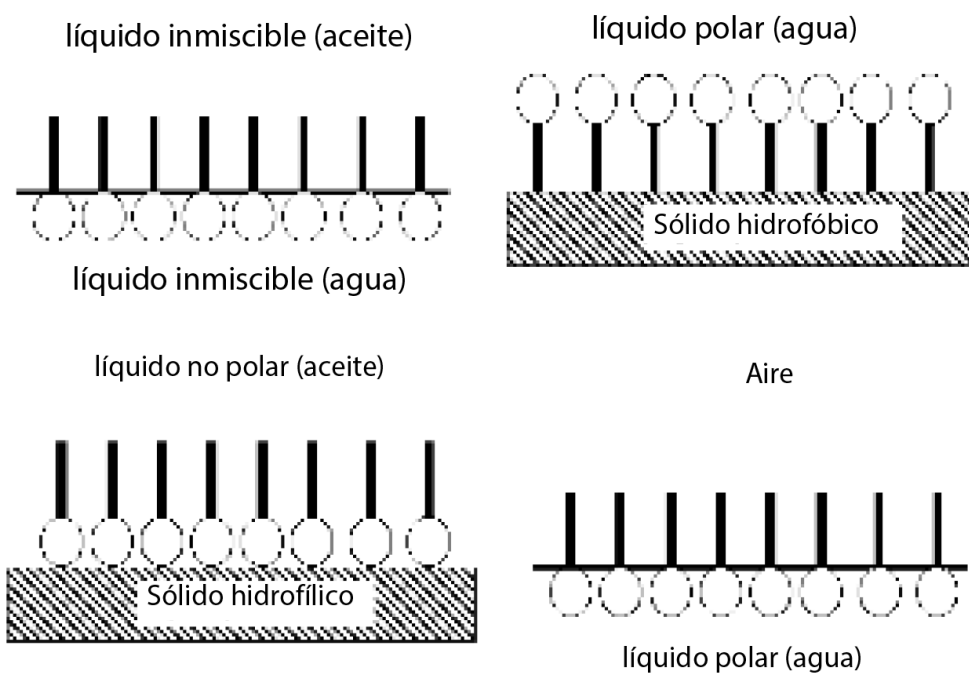


Figura 12 Orientaciones preferidas de los tensoactivos en la interfase.

1.4 El efecto de los tensoactivos en la tensión superficial o interfacial

Tensión superficial e interfacial significan lo mismo, el contexto cambia cuando se trata de la interfase líquido/gas, aquí es común el uso de la tensión superficial y para los otros tipos de interfase usamos tensión interfacial.⁴

La tensión superficial surge de las interacciones intermoleculares atractivas que actúan sobre las moléculas. En el seno del líquido las atracciones mutuas entre las moléculas se cancelan una con otra, ya que son las mismas en todas direcciones. Sin embargo, en la superficie las fuerzas atractivas entre las moléculas actúan hacia el interior del seno del líquido porque son muy pocas moléculas en la fase de vapor, por lo tanto, ponen la superficie bajo tensión.

⁴ Barrera M. (2013) *Emulsiones en el sistema alcohol tridecílico, alcohol tridecílico etoxilado & agua*. (Tesis). México, D.F.

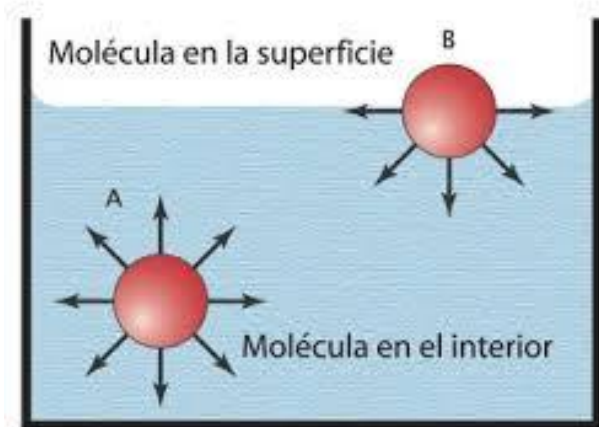


Figura 13 Tensión superficial de un líquido.

La magnitud de la tensión superficial está relacionada con la fuerza de las interacciones intermoleculares. Moléculas polares, tales como el agua, tienen grandes interacciones dipolares (puentes de hidrógeno) con lo que resulta una fuerte tensión superficial. En cambio moléculas de hidrocarburos líquidos, interactúan débilmente una con otra y la tensión superficial tiende a ser mucho menor.

Cuando una molécula de tensoactivos se adsorbe en una superficie de un líquido polar, tal como el agua, tiende a estar sobre la superficie. Cuando la concentración incrementa, las moléculas se empiezan a orientar como si no hubiera espacio suficiente para permanecer sobre la superficie. El arreglo preferido de las moléculas depende de la estructura del tensoactivo y las fuerzas de interacción entre ellos. Las moléculas de tensoactivo adsorbido en la superficie interrumpen las interacciones entre las moléculas del líquido y los lugares de inversión se reducen. Esto resulta en la disminución de la tensión superficial del líquido.

1.5 Micelas

Cuando todas las superficies disponibles están cubiertas por tensoactivo, alguna molécula en el seno del líquido necesita encontrar donde depositarse. Si el líquido es agua, el tensoactivo necesita reducir las interacciones desfavorables entre el líquido y las colas hidrofóbicas y esto se logra mediante la formación de agregados. Estas estructuras se denominan micelas y se componen de un núcleo de hidrocarburo rodeado por los grupos de cabezas polares en contacto con el líquido (figura 14).

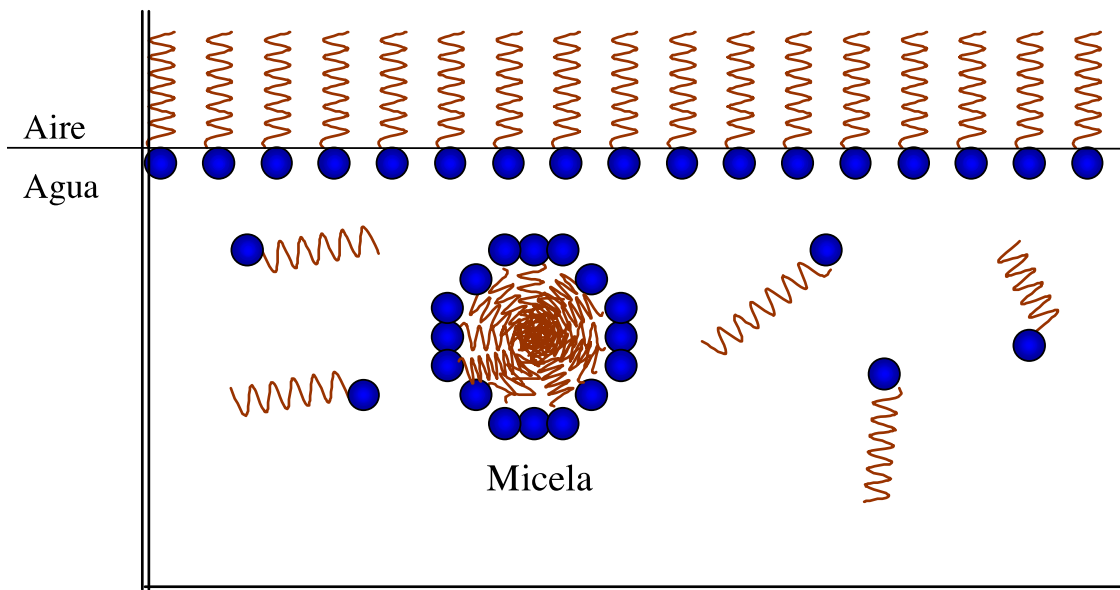


Figura 14 Formación de las micelas al saturarse la superficie del líquido⁵.

Las micelas son también llamadas coloides de asociación. Son entidades complejas y dependen del tipo de tensoactivo, pueden contener alrededor de 30 hasta miles de moléculas de tensoactivo. Pueden estar compuestas por más de un tipo de tensoactivo (micelas mixtas) y pueden contener moléculas no tensoactivas, tal como, los aceites (solubilización). Son entidades lábiles y están continuamente rompiéndose y reformándose. Los tiempos de vida de las micelas han sido estimados para ser del orden de 10^{-1} segundos a 10^2 segundos. Las micelas formadas por tensoactivos iónicos tienden a tener una gran densidad de carga de superficie y por lo tanto, al rededor del 70% - 80% de los contra iones se encuentran en un estado unido débilmente cerca de la superficie de la micela.

1.6 Concentración micelar crítica (CMC)

La concentración en la que las moléculas de tensoactivo empiezan a agregarse. Diferentes tipos de tensoactivos, ya sean iónicos, no iónicos o anfóteros, tienen diferentes CMC y la razón de esto es que, las moléculas tienen diferentes formas, tamaños o propiedades químicas.

⁵ A. Miriam Novelo Torres & Jesús Gracia Fadrique. (2005). *Concentración micelar crítica mediante la ecuación de adsorción de Gibbs*. Educación Química, XVI, 64.

La CMC de tensoactivos iónicos es mucho mayor que la de los tensoactivos no iónicos, como consecuencia de las repulsiones electrostáticas entre los grupos hidrofílicos. La CMC se ve afectada en cierta medida por la solubilidad del tensoactivo en agua.

1.6.1 La dependencia de la CMC con la estructura química

- i) La CMC decrece fuertemente con el aumento de longitud de la cadena alquílica del tensoactivo.
- ii) La CMC de los tensoactivos no iónicos es mucho menor que la de los iónicos. La relación depende de la longitud de la cadena alquílica, que con dos ordenes de magnitud ya es muy notorio el cambio.
- iii) Los efectos del grupo en la cabeza son moderados: Los tensoactivos catiónicos presentan una CMC ligeramente mayor que los aniónicos. Para los no iónicos etoxilados, hay un aumento moderado en la CMC mientras se va haciendo más grande la cabeza polar.
- iv) La valencia del contraión es significativa. Mientras contraiones inorgánicos monovalentes simples dan más o menos la misma CMC, el aumento de la valencia a 2 da una reducción de la CMC por aproximadamente un factor de 4. Contraiones orgánicos reducen la CMC en comparación con los inorgánicos, mientras más grande sea la parte no polar.

1.6.2 Otros factores que afectan la CMC: Temperatura y solutos

Es un rasgo característico de la formación de micelas que la CMC es, en una primera aproximación, independiente de la temperatura. La dependencia de la temperatura de la CMC del Dodecil sulfato de sodio (SDS) que se ilustra en la figura 15 es un buen ejemplo de esto. La CMC varía de manera no monótona que va de 10-20% en un amplio intervalo.

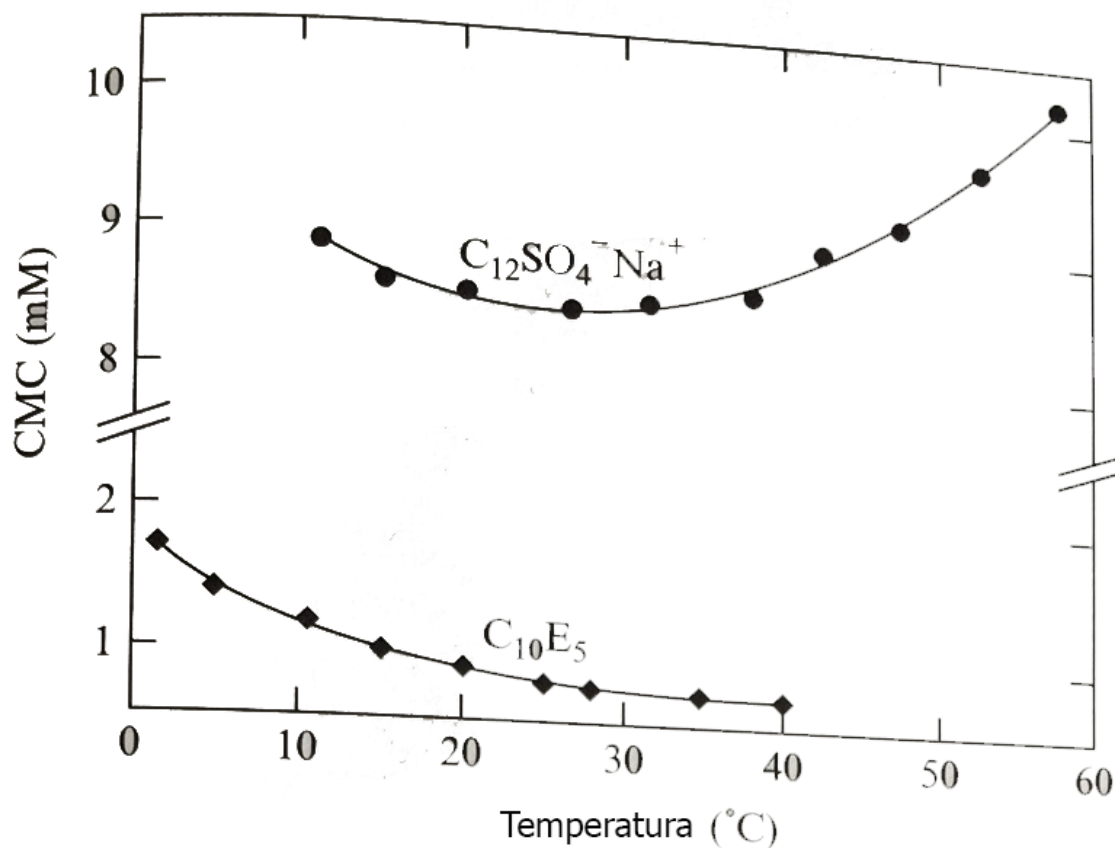


Figura 15 Dependencia de la temperatura con la CMC del docecil sulfato de sodio (arriba) y penta(etilenglicol)monodecil éter.⁶

El efecto de los solutos en la CMC:

- i) La adición de sal da una dramática disminución de la CMC.
- ii) El efecto es moderado para los tensoactivos de cadena corta, pero es mucho mayor para los de cadena larga.
- iii) Como consecuencia, a concentraciones altas de sal la variación de la CMC con el número de carbonos en la cadena alquílica es mucho más fuerte que sin añadir sal.
- iv) El efecto de la sal añadida depende en gran medida de la valencia de los iones y, es más sensible a la valencia de contraiones añadido.
- v) Para los no-iónicos, las sales simples solo producen pequeñas variaciones en la CMC, con aumentos y disminuciones posibles.

⁶ Holmberg, Jönsson, Kronberg & Lindman. (2003). *Surfactants and Polymers in Aqueous Solution*. England : John Wiley & Sons.

CAPITULO II

Detergentes domésticos

2.1 Detergencia

La eliminación de la suciedad (mancha) a partir de un sustrato sumergido en algún medio, generalmente a través de la aplicación de una fuerza mecánica, en la presencia de una sustancia química que puede reducir la adherencia de la mancha al sustrato. El proceso se completa cuando la mancha se mantiene en suspensión de modo que sea posible enjuagarlo⁷.

2.2 Mecanismo de la Detergencia

Para cumplir su papel, un tensoactivo con efecto deterensivo, debe ser capaz de realizar varias acciones:

- Humectación del sustrato manchado por el tensoactivo.
- Adsorción del tensoactivo sobre el sustrato manchado.
- Emulsificación y solubilización de la mancha sobre el sustrato.
- Desprendimiento (dispersión) y suspensión de la mancha en el agua de lavado, ya sean manchas aceitosas o partículas insolubles, tales como arcilla.

El primer paso en la eliminación de la suciedad es la humectación de la mancha por el tensoactivo. El proceso de humectación permite que la fase agua se extienda sobre la superficie de la suciedad y mojarla.

Cuando la mancha soluble se ha disuelto en el agua de lavado, la mancha aceitosa es removida por un proceso conocido como *roll up* o *roll back* (figura 16).

⁷ *Surfactants* from Diploma/Certificate in Cosmetic Science, Module 1. Revision by DR Kevan Hatchman.

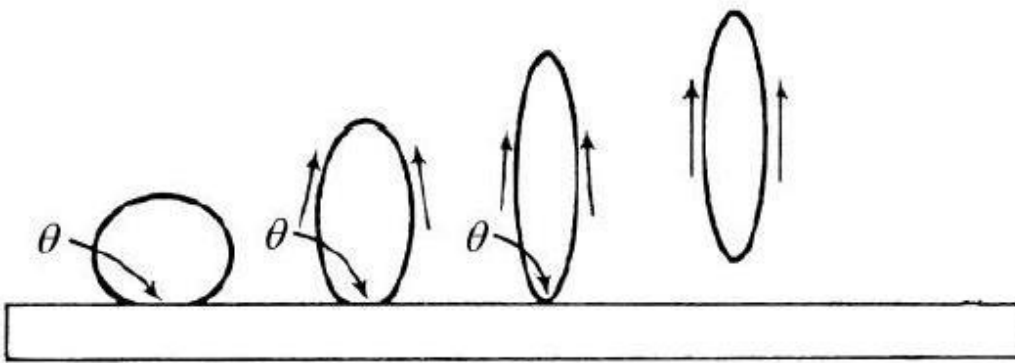


Figura 16 Remoción de mancha aceitosa (roll up).

La mancha aceitosa en contacto con el sustrato forman una gota en la superficie y el ángulo de contacto que se forma entre la gota y el sustrato depende de las tensiones interfaciales que actúan sobre la gota. La relación entre el ángulo de contacto formado por la gota aceitosa y la tensión superficial es descrita por la ecuación de Young. (figura 17).

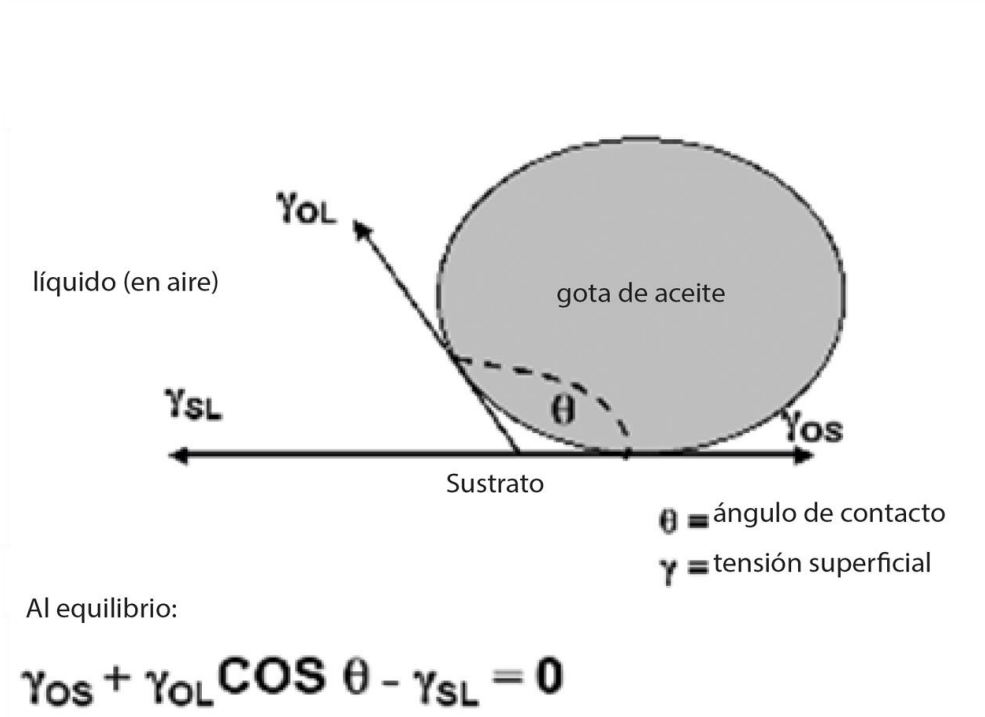


Figura 17 Ángulo de contacto y la ecuación de Young.

2.3 Agentes Auxiliares

2.3.1 Enzimas

Muchas manchas comunes, tales como; sangre, leche, chocolate, yema de huevo, etc. no pueden ser removidas fácilmente por detergentes. Sin embargo sí pueden ser removidas con la ayuda de enzimas.

El uso de enzimas en detergentes fue descrito por primera vez en 1913 por Otto Röhm. Los detergentes que contenían enzimas no pudieron jugar un papel importante en las décadas siguientes, debido a que la única preparación de enzima proteolítica disponible era de un extracto pancreático obtenido a partir de animales sacrificados, ésta era demasiado sensible a los componentes alcalinos y oxidantes de los detergentes. A inicios de los 60's (en el que ya era posible) Röhm preparó enzimas proteolíticas por fermentación utilizando cepas específicas de bacterias (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* más adelante). Estas enzimas fueron bastante resistentes a condiciones alcalinas y presentaron una buena estabilidad a temperaturas mayores de 65°C. La producción comercial de detergentes con enzimas experimentó una rápida expansión en los años siguientes. Como resultado, más del 80% de los detergentes "premium" producidos en Europa del Este contienen enzimas.

La efectividad de una enzima está basada en su capacidad para llevar a cabo una separación hidrolítica de un enlace peptídico o éster.

Para un desempeño óptimo una enzima tiene que tener los siguientes requisitos: lograr una alta eficiencia en tiempos cortos de lavado, tener una estabilidad térmica entre 30 - 95 °C, estable a valores de pH entre 9 - 11, compatibilidad con todos los ingredientes que contiene un detergente, como; tensoactivos, blanqueadores, potenciadores etc.

2.3.2 Agentes antiredeposición de manchas

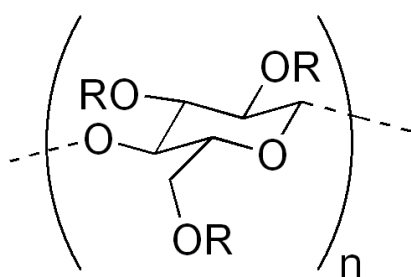
La principal característica esperada de un detergente es que remueva la mancha de las fibras textiles durante el proceso de lavado. Pero si se emplea un detergente mal formulado puede que parte o toda la mancha regrese a las fibras. El problema se hace especialmente evidente después del lavado repetido como un encanecimiento distinto de la ropa.

En el proceso de lavado, la mancha es removida de la tela (ropa), si la mancha es aceitosa, ésta es emulsificada en el agua de lavado, formando emulsiones aceite-agua (o/w). Sin embargo, algunas manchas pueden redepositarse en la ropa en medida que es eliminada el agua de lavado. Los agentes antiredeposición son materiales poliméricos e interactúan con la mancha para minimizar su redeposición⁸.

Los agentes antiredeposición pueden trabajar por uno de los muchos mecanismos. Los más importantes son:

- i) El aumento de la repulsión electrostática de las moléculas de la mancha.
- ii) La unión de las moléculas en una matriz polimérica.

Uno de los primeros agentes antiredeposición de mancha usado en detergentes fue la carboximetil celulosa (figura 18). Este material se aplicaba principalmente, pero no exclusivamente, a los tejidos de algodón. Otro efectivo agente antiredeposición, aplicable también al algodón es un compuesto de alcohol polivinílico (figura 19).



R = H or CH₂CO₂H

Figura 18. Estructura química de la carboximetil celulosa.

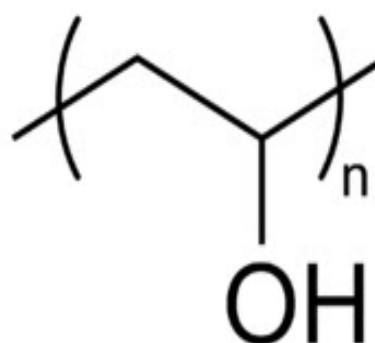
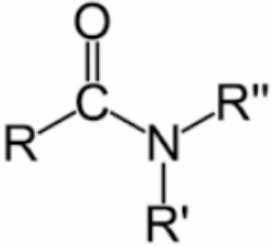
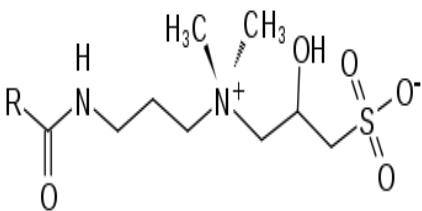
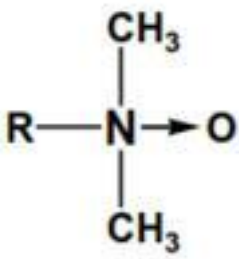


Figura 19. Estructura química del alcohol polivinílico.

⁸ Anthony J. O'Lenick, Jr. (1999). *Soil Release Polymers*. Journal of Surfactants and Detergents, 2, 554.

2.3.3 Reguladores de espuma

En los días en que el principal detergente era el jabón, la espuma se entendía como una importante forma de medida para saber si el lavado era de forma adecuada. Con la llegada de los detergentes modernos hechos con tensoactivos sintéticos, la espuma perdió la totalidad de su antigua importancia⁹. No obstante la mayoría de los consumidores, todavía esperan que su detergente produzca una voluminosa espuma. La razón parece ser más psicológica, ya que, la espuma proporciona evidencia de detergencia y esconde las manchas. En consecuencia, los detergentes diseñados para su uso en lavadoras, a menudo son hechos para producir las características deseadas de la espuma mediante la adición de pequeñas cantidades de potenciadores de la espuma. Tales como:

Amidas de ácidos grasos	Sulfobetáinas	Óxidos de amina
Regulan y estabilizan la espuma y aportan viscosidad en los baños de espuma convencionales basados en alquil sulfatos y alquil éter sulfatos.	Son betaínas que poseen un grupo sulfonato en vez de un grupo carboxilato. En champús se utiliza a menudo la cocoamidopropil hidroxisultaína como potenciador de la espuma.	Son líquidos viscosos cristalinos, completamente solubles en agua, incoloros o ligeramente amarillos. Estos óxidos mantienen sus propiedades físicas y químicas a través de periodos largos de tiempo. Para mantener la composición constante, requiere agitación esporádica y sobre todo antes de su uso. Son utilizados como estabilizadores de espuma.
		

⁹ Uri Zoller, Heinrich Waldhoff & Rüdiger Spilker . (2004). *Handbook Of Detergents, Part C: Analysis*. New York: Marcel Dekker.

En Europa, las lavadoras domésticas de “tambor” son cada vez más comunes; con este tipo de máquinas, solo los detergentes moderadamente espumantes son permisibles. Además, grandes cantidades de espuma reducen las acciones mecánicas a las que se somete el lavado en tales máquinas. Por estas razones, los reguladores de espuma - a menudo descritos incorrectamente como "inhibidores de la espuma" - se añaden comúnmente para reducir al mínimo las tendencias de formación de espuma de detergente.

2.3.4 Abrillantadores ópticos

Los abrillantadores ópticos son necesarios para incrementar la radiación de espectro total, que normalmente se traduce en una mejor blancura y una impresión de limpieza superior.

Son compuestos orgánicos que absorben energía en la región ultra violeta y violeta del espectro electromagnético entre 340 – 370 nm y la emiten en el rango del color azul comprendido entre 420 – 470 del espectro visible; esta es la región en la que los sustratos amarillentos de forma natural muestran una deficiencia en la reflectancia. Los abrillantadores ópticos que exhiben su emisión más fuerte en esta región, son capaces de compensar la deficiencia en la reflectancia azul del sustrato y contribuir adicionalmente a la radiación de una apariencia de blancura. Esta es la razón por la cual se usa abrillantadores ópticos en la formulación de un detergente.¹⁰

2.3.5 Fragancias

En los años 50's lo primero que se le añadió a un detergente fueron las fragancias. Su presencia es más que simplemente una novedad o una cuestión de moda. Una función importante de las fragancias es enmascarar olores desagradables que surgen de la solución de lavado durante el lavado. Además, las fragancias también tienen por objeto conferir un fresco y agradable olor en la ropa lavada.

Generalmente las concentraciones añadidas de fragancia a los detergentes son muy bajas (< 1%), pero tienden a ser mezclas extremadamente complejas.

¹⁰ Stensby, P.S. (1968). *Optical brighteners as detergent additives*. J Am Oil Chem Soc, 45: 497.

2.3.6 Colorantes

Hasta los años 50's, los detergentes en polvo fueron más o menos blancos, de acuerdo con el color de sus componentes. Con el paso de los años y la llegada de los detergentes líquidos, se decidió agregarles colorantes para hacerlos más distintivos. Los colores preferidos son azul, verde, y rosa.

Hay dos criterios importantes para seleccionar el colorante:

1. Buena estabilidad de almacenamiento con respecto a otros componentes del detergente y a la luz.
2. No presentar una tendencia significativa para afectar las fibras textiles.

2.4 Determinación del poder detergente

La acción detergente se debe ejercer de tal manera que se garantice que, durante el lavado, se elimine solo la parte superficial de agua-grasa.

Una serie de métodos de ensayo de las acciones detergentes y detergentes de limpieza se han descrito.

Un método in-vitro empleado frecuentemente en la evaluación de la acción desengrasante de tensoactivos utiliza hilo de lana. Debe, sin embargo, tener en cuenta que este método dará información gravimétrica en los componentes lipófilos solo de la mancha. Würbach ha descrito un método de extracción y la determinación de lípidos de la piel antes y después del lavado, el uso de un dispositivo especial, conocido como una campana de lavado, que se aplica a la parte posterior del sujeto. Una vez más, son los lípidos de la piel en lugar de todo el espectro de la mancha que se detecta¹¹.

Este tipo de análisis se hace sobre muestras de textiles como telas de algodón manchadas, a las que se les agrega una solución de diferentes detergentes cada una con diferente concentración. Se someten a las mismas condiciones de: volumen de agua, temperatura, tipo y tiempo de agitación etc. y posteriormente se someten a pruebas de reflectancia. Los resultados obtenidos son comparados.

¹¹ K. Schrader (1992). *Cleansing Action of Synthetic Detergents – Methodology of Determination*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

2.5 Telas

La naturaleza actual de las telas es muy diversa debido a la disponibilidad de una variedad de materiales de fibras, acabados, tintes y procesos de fabricación. La mayoría de las telas puede ser lavada en un medio acuoso, pero algunas no son compatibles con agua y por lo tanto deben ser lavadas en seco, tal como; los trajes, ya sean de hombre o mujer, la ropa de lana, corbatas de seda y otros. Algunas prendas que sí se pueden lavar, solo se pueden tratar con muy baja fuerza mecánica.

La habilidad para que un detergente remueva la mancha no solo depende de cómo este formulado, sino también del tipo de tela donde se quiera remover la suciedad. Las fibras textiles que presentan un alto contenido de calcio en su superficie (ejemplo algodón), se comportan de manera muy diferente a las fibras sintéticas con un bajo contenido de calcio. El tipo de fibra tiene una influencia dramática en el grado de hidrofobicidad / hidrofiliidad, la humectabilidad, y el grado de eliminación de la suciedad. La figura 18 demuestra a través de la eliminación de la mancha los diferentes efectos que tienen los tensoactivos en una serie de fibras.

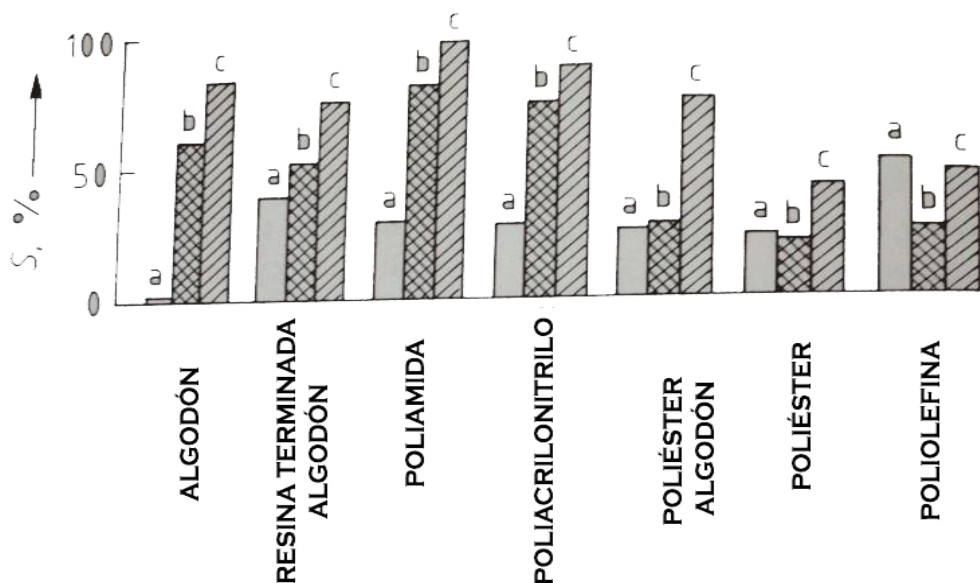


Figura 18 Influencia de fibras textiles sobre la remoción de mancha. Detergentes: a) 1 g/L alquilbencensulfonato + 2 g/L sulfato de sodio; b) 2 g/L trifosfato de sodio; c) 1 g/L alquilbencensulfonato + 2 g/L trifosfato de sodio.¹²

• ¹² Günter Jakobi. (1987). *Detergents and textile washing*. USA: VCH.

El tensoactivo aniónico (alquilbencensulfonato) no tiene gran efecto sobre el algodón, mientras que el trifosfato de sodio por si mismo conduce a una mejora en la eficacia de lavado. El efecto del trifosfato de sodio es particularmente alto con las fibras sintéticas relativamente hidrófobas; poliamida y poliacrilonitrilo. Este comportamiento cambia cuando hay más fibra textil hidrófoba. Un efecto aún más evidente es con poliéster / algodón y poliéster, pero no es mayor que la de los tensoactivos solos. Al mismo tiempo, el rendimiento general de lavado se ve disminuido. En el caso de las fibras de poliolefina muy hidrófobas, la eficacia de lavado del tensoactivo es sustancialmente mayor que la del agente complejante.

CAPITULO III

MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA EVALUACIÓN DE DETERGENTES

En los últimos años, debido al crecimiento de detergentes domésticos, los consumidores necesitaban saber en qué producto gastar su dinero y cuál era el mejor de estos, es por eso que aumenta la importancia de hacer pruebas a los detergentes por organizaciones fuera de la industria que los elabora.

Son varios métodos los destinados a ser utilizados en el desarrollo de nuevos productos que se emplean a menudo para evaluar la eficacia de los detergentes domésticos comerciales sin un examen crítico de los alcances y las limitaciones de estas pruebas. Solo se consideran válidas las pruebas de campo reales para dar información suficiente sobre la calidad y la clasificación de los detergentes.

El objetivo principal de todos los métodos de ensayo para la evaluación de detergentes es el establecimiento de la calidad del producto:

En el área de detergentes como parámetros de calidad se examina:

- i) Medición del pH
- ii) Medición de la viscosidad
- iii) Porcentaje de sólidos
- iv) Acidez
- v) Alcalinidad
- vi) Porcentaje de ingrediente activo

Muchos enfoques posibles están disponibles para la medición de la calidad de detergente, pero estos se pueden subdividir en tres grupos principales:

- Métodos de laboratorio
- Evaluación práctica
- Pruebas de consumo

3.1 Métodos de laboratorio

Estas pruebas están diseñadas para aproximarse a las condiciones que serán sometidos en uso los productos. Las pruebas generalmente producen resultados preliminares de la calidad del producto, pero su resultado no debe ser sobrevalorado. Dado que las circunstancias en las que se obtienen no son idénticas a las que se aplican en el campo. Normalmente estas pruebas se realizan con equipos de laboratorio especialmente diseñados para pruebas a pequeña escala.

En lugar de la ropa sucia, se usan fibras manchadas artificialmente y muestras de prueba estándar. Estas muestras se preparan mediante el uso de varias telas y diversas manchas. Las manchas se encuentran estandarizadas. La prenda se ensucia artificialmente con una cantidad conocida de una mancha definida en un proceso controlado.

Se ha demostrado que la evaluación de las propiedades de limpieza de los detergentes con la ayuda fibras manchadas artificialmente se puede utilizar satisfactoriamente si los resultados se vigilan cuidadosamente y son bien interpretados.

Un conjunto de manchas artificiales debe ser empleado. Las manchas pueden subdividirse en tres tipos: depositadas, absorbidas y tenaces. Las manchas depositadas son producidas por sustancias densas que no penetran la tela (barniz, mayonesa, etc.). Las manchas absorbidas, en cambio, penetran en la tela (zumos, tinta, vino tinto, etc.). Si las manchas son de fango o alimentos pegajosos se dice que son tenaces.

Las telas tienen que ser seleccionadas de acuerdo con el programa de lavado para ser examinadas. Como mínimo, uno de cada uno de los siguientes tipos se deben incluir: un tejido de ensayo basado en pigmento de grasa natural y una mancha de aceite mineral; una basada en la misma mancha, pero sensible a la lejía (por ejemplo, cocoa); prendas sucias de ensayo sensibles a la actividad enzimática; tejidos para determinar las tendencias de redeposición (tejidos normales, de felpa), y también para determinar la eficiencia del blanqueo, la incrustación, y daño a las telas.

En la actualidad es la única manera de hacer una decisión rápida para el control de calidad de rutina y es un medio para tomar decisiones de compra por parte de las cadenas de tiendas¹³.

Los criterios para la evaluación de detergentes se subdividen de la siguiente manera:

- i) Ciclo de lavado individual (remoción de mancha y blanqueo).
- ii) Múltiples ciclos de lavado, de unos 25 a 50 lavados (antiredeposición de mancha, mantenimiento de blancura, percutido, cambio de color).

Para este tipo de pruebas se requiere un cuidadoso análisis estadístico, ya que, se tienen que hacer numerosas series de prueba, esto conlleva a un consumo de tiempo, asociado con un alto costo de material. Por esta razón, el desarrollo de procedimientos de pruebas preliminares se han convertido en métodos de laboratorio necesarios, así como adecuado para obtener información útil y relevante especialmente para el trabajo de desarrollo de un producto.

3.2 Evaluación práctica (paneles sensoriales)

En contraste con las pruebas de laboratorio, ésta evaluación se lleva a cabo con ropa sucia que ha sido adquirida de forma natural. Son pruebas de lavado que se realizan mediante el uso de nuevos productos específicos que se han distribuido en un número suficiente de hogares¹⁴. La misma prenda debe ser siempre lavada con el mismo detergente, el número de ciclos de lavado depende de que es lo que se esté evaluando. Normalmente de 20 a 25 ciclos de lavado es lo necesario, aunque a veces un poco más. El detergente se usa de acuerdo a lo establecido por el proveedor, aunque hay que tener en cuenta que esta medida puede variar dependiendo la persona que lo utiliza. Como no se puede tener un análisis analítico, se opta por tener un análisis visual.

El ojo humano puede, pero rara vez diferenciar entre percutido, cambio de color y redeposición de la suciedad, por lo tanto algunas diferencias reales en las propiedades de limpieza de los detergentes se igualan. Sin embargo, es la evaluación más reproducible y realista.

¹³ H. Krüssmann. (January 1978). *Evaluation of Detergents for Washing Fabrics*. Journal of the American Oil Chemists' Society, 55, 168.

¹⁴ Günter Jakobi. (1987). *Detergents and textile washing*. USA: VCH.

El análisis sensorial es utilizado normalmente por las empresas para el control de calidad de sus productos, ya sea durante la etapa del desarrollo o durante el proceso de rutina. Existen tres grupos de análisis: descriptivo, discriminativo y del consumidor.

- Análisis descriptivo

Consiste en la descripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa). Es el más completo. Para la primera etapa tratamos de ver qué nos recuerda y cómo se describe cada olor (por lo general usamos sustancias químicas). A medida que transcurre el entrenamiento, la persona reconoce ese olor e inmediatamente lo describe. Es decir, se agiliza el proceso mental estímulo-respuesta. En tanto, la segunda parte está basada en aprender a medir.

- Análisis discriminativo

Es utilizado para comprobar si hay diferencias entre productos, y la consulta al panel es cuánto difiere de un control o producto típico, pero no sus propiedades o atributos.

- Test del consumidor

En este caso se trabaja con evaluadores no entrenados, y la pregunta es si les agrada o no el producto. "El consumidor debe actuar como tal. Lo que sí se requiere, según la circunstancia, es que sea consumidor habitual del producto que está en evaluación".¹⁵

¹⁵ Calí, M. (2016). *Análisis sensorial de los alimentos*. INTA. Recuperado de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210470.pdf>

3.3 Pruebas de consumo

En estas pruebas, los consumidores someten un producto bajo sus propias condiciones; es decir, que utilizan sus propias lavadoras en su propia ropa sucia, y se supone que introducen el detergente de la manera a la que están acostumbrados. La precisión de esta prueba es limitada, sin embargo, es necesario que una gran cantidad de consumidores participe. La experiencia señala que dichas pruebas son más valiosas que cualquiera hecha en un laboratorio, ya que con estas pruebas se puede descubrir las debilidades del producto e identificar sus puntos fuertes. Por lo tanto, las pruebas de consumo se realizan con mucha frecuencia antes de la comercialización de un nuevo producto.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

4.1 Preparación y evaluación de dos detergentes líquidos

Para la elaboración de un detergente se utiliza un concentrado de tensoactivos aniónicos, catiónicos, anfóteros y no iónicos; aditivado con agentes secuestrantes y abrillantador óptico.

Materia prima	%	Función
Tensoactivo aniónico	24	Se utiliza como el componente principal en las formulaciones de higiene personal tales como champús, jabones y geles de ducha.
Tensoactivo catiónico	11	Comúnmente utilizado en los detergentes, lavavajillas y productos de limpieza, se componen de una parte hidrofóbica y otra parte hidrofílica que consiste en uno o varios grupos terciarios de amonio o cuaternarios.
Tensoactivo no iónico	9	Se utilizan en una amplia gama de aplicaciones como emulsionantes y co-tensoactivos en formulaciones cosméticas y de cuidado personal.
Tensoactivo anfótero	5	Presenta propiedades espumantes y muestra acción espesante excepcional en combinación con tensoactivos aniónicos y sal.
Abrillantador óptico	0.2	Emiten luz visible cuando son expuestos a la luz U.V del sol, otorgando una sensación de blancura.
Preservativo	0.1	Proporciona protección en una amplia gama de productos. Exhibe una gran actividad antimicrobiana contra bacterias

		gram positivas y gram negativas, hongos y levaduras.
Secuestrante	0.3	Capaz de ligar iones metálicos de tal manera que no exhiben sus reacciones normales en presencia de agentes precipitantes.
Agua	50.4	Disolvente

*Los porcentajes mostrados en la tabla; son los que se utilizaron para la fabricación de los detergentes.

La fórmula de un detergente líquido ya está estipulada, lo que llega a cambiar son las concentraciones de las materias primas, agregar otras sustancias; como enzimas, poliésteres, etc. O como en este caso, cambiar el tensoactivo aniónico por otro.

El detergente (D₁) utiliza como materia prima, lauril éter sulfato de sodio con n=3 (número de moles de óxido de etileno), será comparado con un lauril éter sulfato de sodio con n=2 (D₂), el cual presenta las mismas atribuciones presentando un costo menor.

Se realizaron pruebas de lavabilidad comparando el D₁ con el D₂. Las pruebas de lavado se hacen bajo las condiciones que se utilizan en Latinoamérica, puesto que, no es lo mismo lavar aquí que lavar en Europa, ellos utilizan desde otro tipo de lavadora, como condiciones diferentes (lavan en caliente y su agua presenta mayor dureza).

Para la elaboración de un detergente, este es el material y equipo que se requiere:

Material	Equipo
Vaso de precipitado	Balanza analítica
Espátula	Agitadores de paleta (mixer)
Piseta	Parrilla
	Brokfield RVT

Condiciones	
Equipo	Electrolux Top Nova
Volumen de lavado	35 L
Concentración de detergente	2 g/L
Dureza del agua	150ppm CaCO ₃
Temperatura de lavado	25°C
Secado	24 h, secado en línea (tendedero)
Manchas	Mole Aceite de motor
Réplicas	12 muestras/formulaciones

El procedimiento para las pruebas de lavado fue el siguiente:

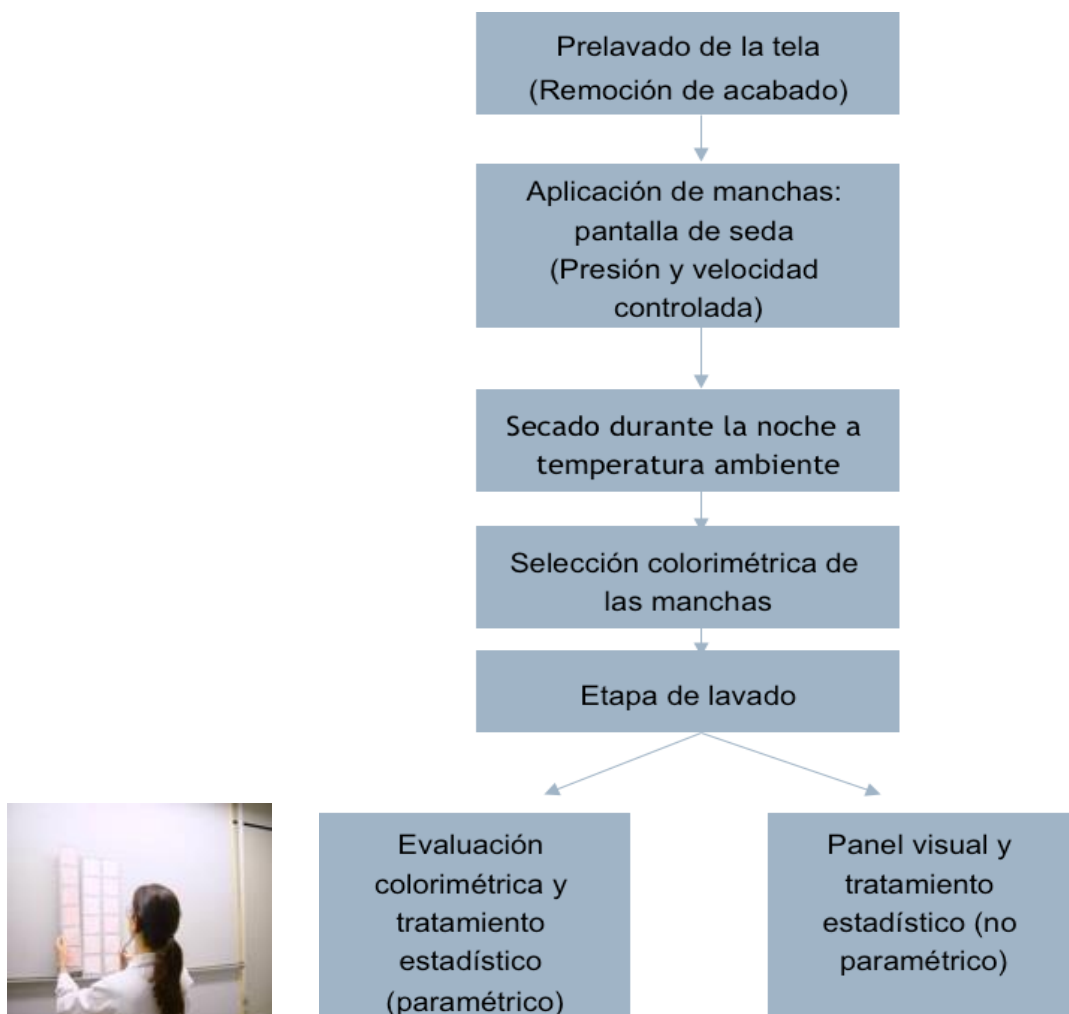


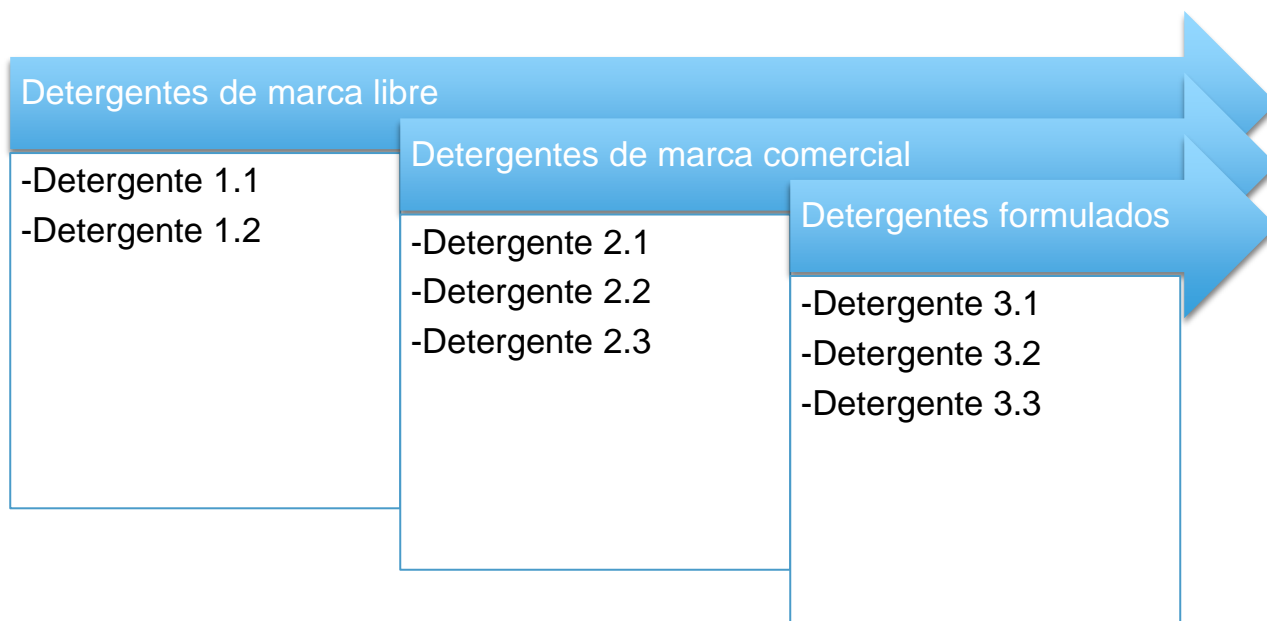
Figura 19 Procedimiento a seguir para las pruebas de lavado.

4.2 Evaluación técnica del perfil de lavado de ocho detergentes líquidos para ropa.

Se evaluaron ocho detergentes líquidos, cinco de ellos de uso comercial y los últimos tres elaborados en la empresa.

Los detergentes se seleccionaron de la siguiente manera:

Muestras evaluadas.



El detergente 3.1 es el D₁. El detergente 3.2 es el D₁ con un poliéster no iónico (TC)*. El detergente 3.3 es el D₁ + TC + enzimas (proteasa y celulosa).

*El poliéster no iónico es usado específicamente para su aplicación en detergentes líquidos y productos de limpieza que se utilizan para la limpieza de superficies hidrófobas, por ejemplo, fibras de poliéster.

Si estas telas se lavan con un detergente que contenga el poliéster no iónico, éste se adsorbe en la superficie hidrófoba y forma una película hidrófila.

Esto evita que la mancha se adhiera directamente a las fibras. Además, la afinidad de las manchas hidrófobas para la película hidrófila se reduce significativamente en comparación con las fibras no tratadas.

Esto hace que sea mucho más fácil eliminar manchas de aceite de la tela durante el lavado posterior.

Nota: Por cuestiones de política y privacidad de la empresa, no se pueden presentar los nombres de los productos utilizados.

***Las pruebas de lavado se mandaron a un laboratorio externo. Se pidió que fueran evaluadas en las siguientes manchas:

Tipo de manchas
Betabel
Café
Chorizo
Espagueti
Mole
Pasto
Sangre
Tierra
Body Soil

Se pidieron en estas manchas porque son las más comunes en las que una prenda puede llegar a ser manchada por una persona mexicana.

Procedimiento que se llevó acabo para la evaluación de los diferentes detergentes líquidos.

Descripción del proceso
1. Se prepara la carga de lavado a 2kg.
2. Se llena la lavadora a 60 litros de agua y se adiciona el detergente, agitando durante 3 min.
3. Se agrega el relleno de la carga de tela y enseguida las manchas técnicas.
4. Se deja correr el ciclo de lavado durante 12 min y el ciclo de enjuague por 3 min.
5. Se dejan secar las manchas protegidas de la luz del sol a temperatura ambiente durante 24 horas.
6. El mismo proceso se repite 3 veces para cada tratamiento.

Evaluación de resultados

A todas las manchas técnicas se les toman lecturas Lab iniciales y finales, medidas con un colorímetro “Hunter Lab Miniscan” para obtener el valor Delta E, de acuerdo a la escala CIELab*, la cual representa la diferencia de color inicial vs. final de la prenda de color y mancha a evaluar. Los valores numéricos de Delta E, se interpretan como la cantidad de mancha removida y diferencia de color después del proceso de lavado.

Para el caso de la evaluación de Blancura, se utiliza la escala de WI Índice de Blancura, la cual evaluará por medio de un índice preestablecido la blancura de las prendas blancas y percutidas.

Los datos medidos se agrupan para realizar un análisis estadístico con promedios y desviaciones estándar. La información estadística de los productos de prueba se somete a un análisis de varianza comparativo al 95% de confianza (ANOVA).

RESULTADOS

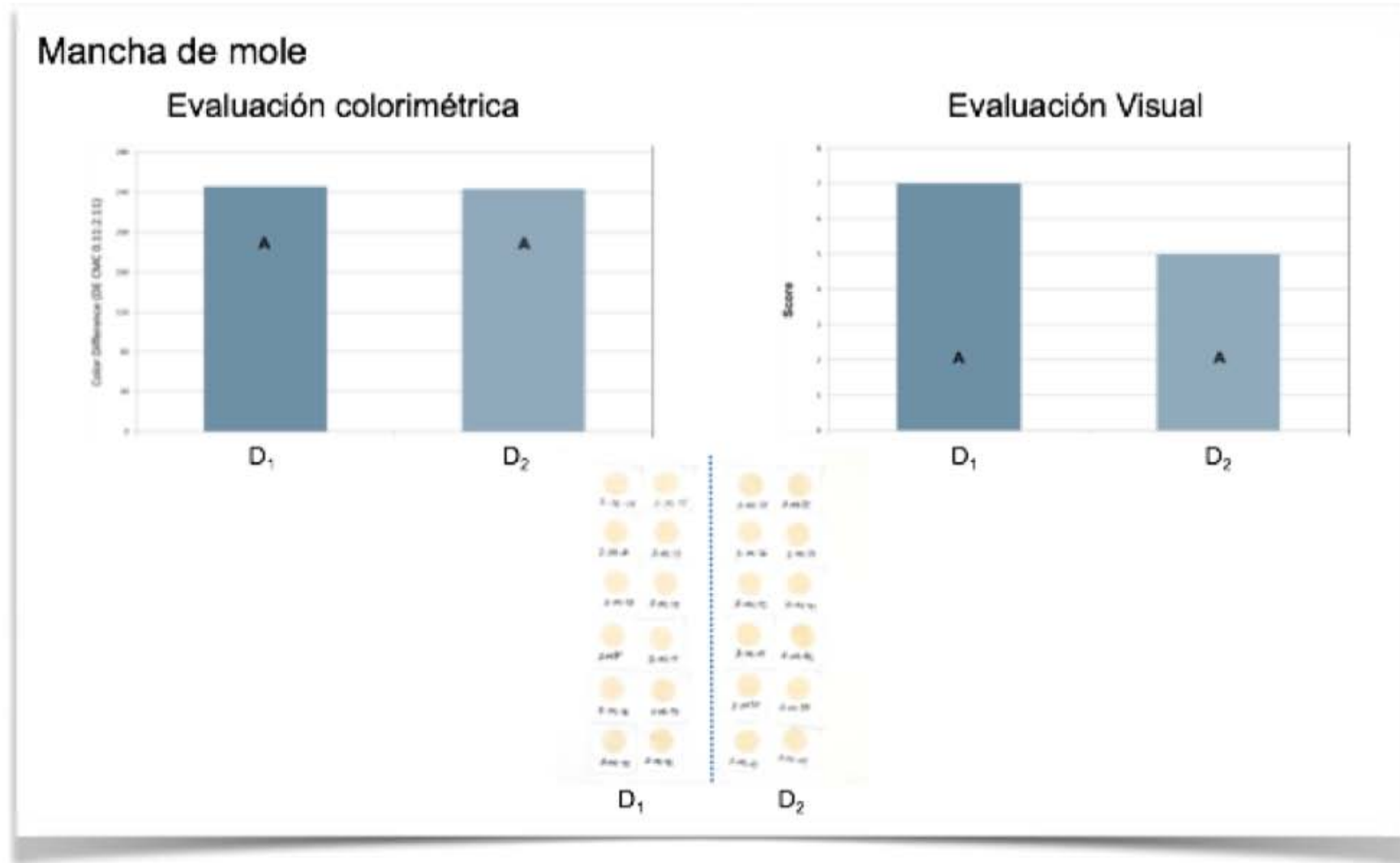
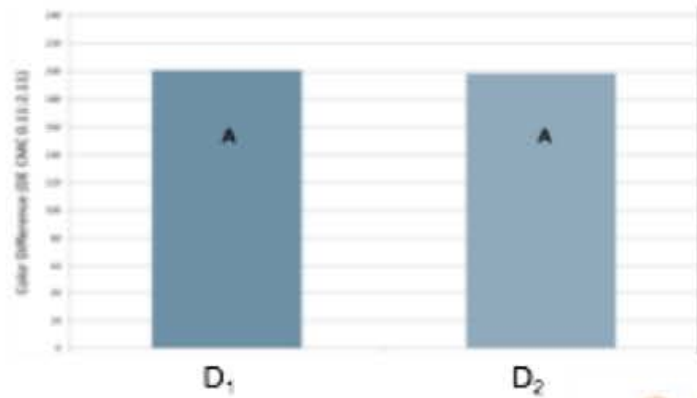


Figura 20 Comparación de los dos detergentes tratados con mancha de mole.

Mancha de aceite de motor

Evaluación colorimétrica



Evaluación Visual

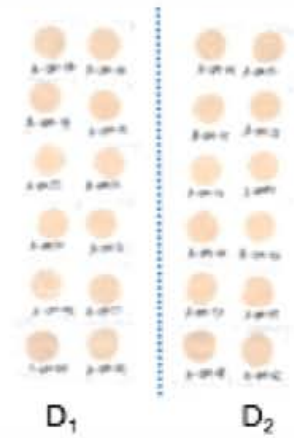
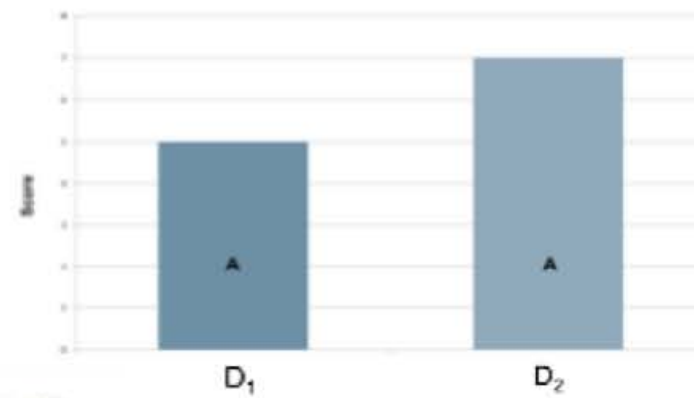


Figura 21 Comparación de los dos detergentes tratados con mancha de aceite de motor.

Parámetros fisicoquímicos

D₁ (n=3)	
Apariencia a 25°C	líquido
Sólidos	28
pH directo	7.2
Viscosidad	1800cPs

Tabla 1 Parámetros fisicoquímicos para el detergente con tres moles de óxido de etileno.

D₂ (n=2)	
Apariencia a 25°C	líquido
Sólidos	27.2
pH directo	7.6
Viscosidad	1696cPs

Tabla 2 Parámetros fisicoquímicos para el detergente con dos moles de óxido de etileno.

Analizando estos resultados, tanto la evaluación visual como la colorimétrica presentan similar desempeño. Logrando elaborar un detergente con un costo menor, lo cual presenta mayor competitividad. Aunque se haya logrado presentar un detergente con un menor costo, mientras el desempeño no mejore, no se ve un costo-beneficio y se prefiere seguir utilizando el D₁.

5.2 Resultados del perfil de lavado de ocho detergentes líquidos para ropa.

Los resultados tanto de remoción de mancha, mantenimiento de blancura, remoción de percudido y del efecto en el mantenimiento de color, se organizan y se lleva a cabo un análisis estadístico para así, poder concluir si las diferencias que existen entre los productos evaluados, son significativas o no, es decir, si las diferencias son notables a simple vista.

5.2.1 Porcentaje de remoción de mancha

Tipo de mancha	Detergente 1.1	Detergente 1.2	Detergente 2.1	Detergente 2.2	Detergente 2.3	Detergente 3.1	Detergente 3.2	Detergente 3.3
Betabel	34.55	34.66	34.49	36.21	34.29	34.58	35.56	35.91
Café	20.64	20.74	19.50	20.59	20.76	19.68	20.22	20.36
Pasto	11.86	17.48	13.71	15.10	11.74	15.12	14.48	15.48
Espagueti	15.74	17.18	16.78	16.07	16.33	17.03	16.32	17.10
Sangre	38.39	39.49	39.03	40.02	38.57	39.27	39.61	39.87
Chorizo	54.01	54.34	54.94	54.06	54.78	55.46	54.54	54.14
Mole	20.98	22.67	21.10	23.98	20.92	20.03	19.22	19.96
Tierra	32.14	26.68	32.49	33.61	34.28	33.12	32.41	34.33
Body Soil	20.31	21.61	21.42	21.04	20.90	21.75	20.28	21.19
Promedio	27.62	28.32	28.16	28.97	28.06	28.45	28.07	28.70

Tabla 3 Porcentaje de remoción de mancha.

Porcentaje remoción de manchas

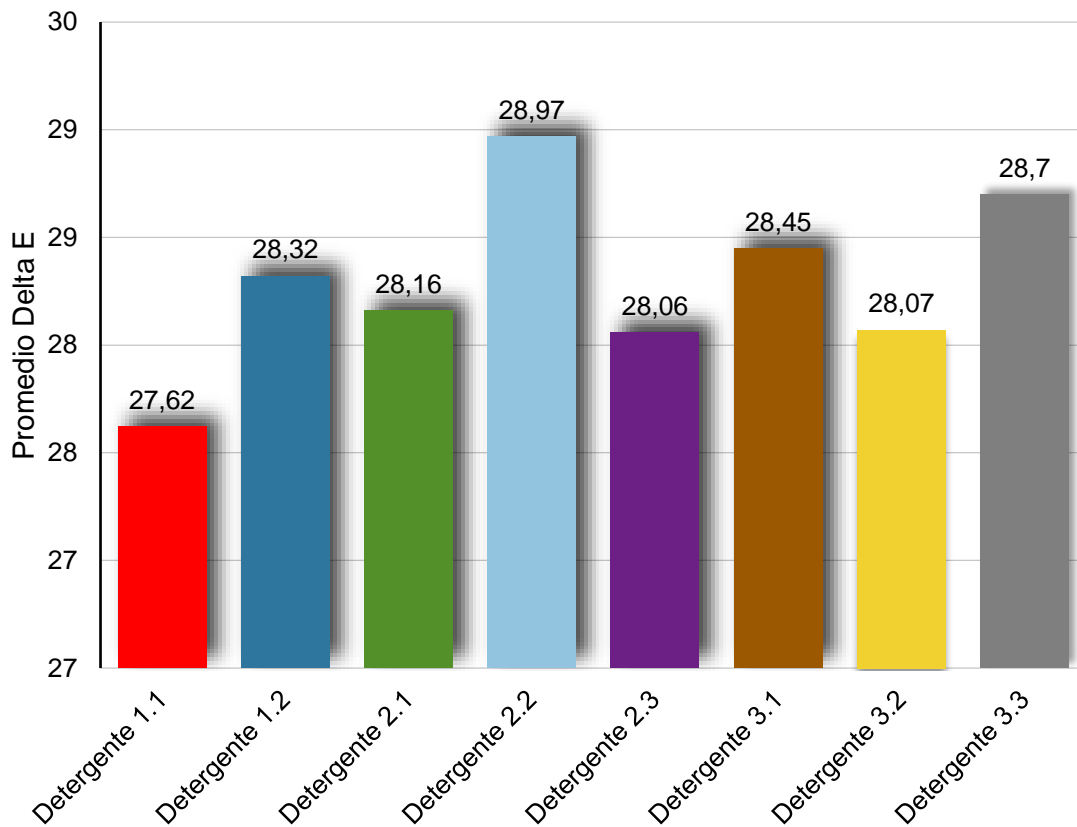


Figura 22 Gráfica porcentaje de remoción de manchas.

El detergente 2.2 obtuvo el valor numérico más alto (28.97%) del promedio general, seguido por el detergente 3.3. En caso contrario, el detergente 1.1 fue quien removió menos manchas que el resto de los demás detergentes (27.62%). Los detergentes 2.3 y 3.2 son muy semejantes entre ellos (28.06% y 28.07%).

Análisis de resultados por tratamiento

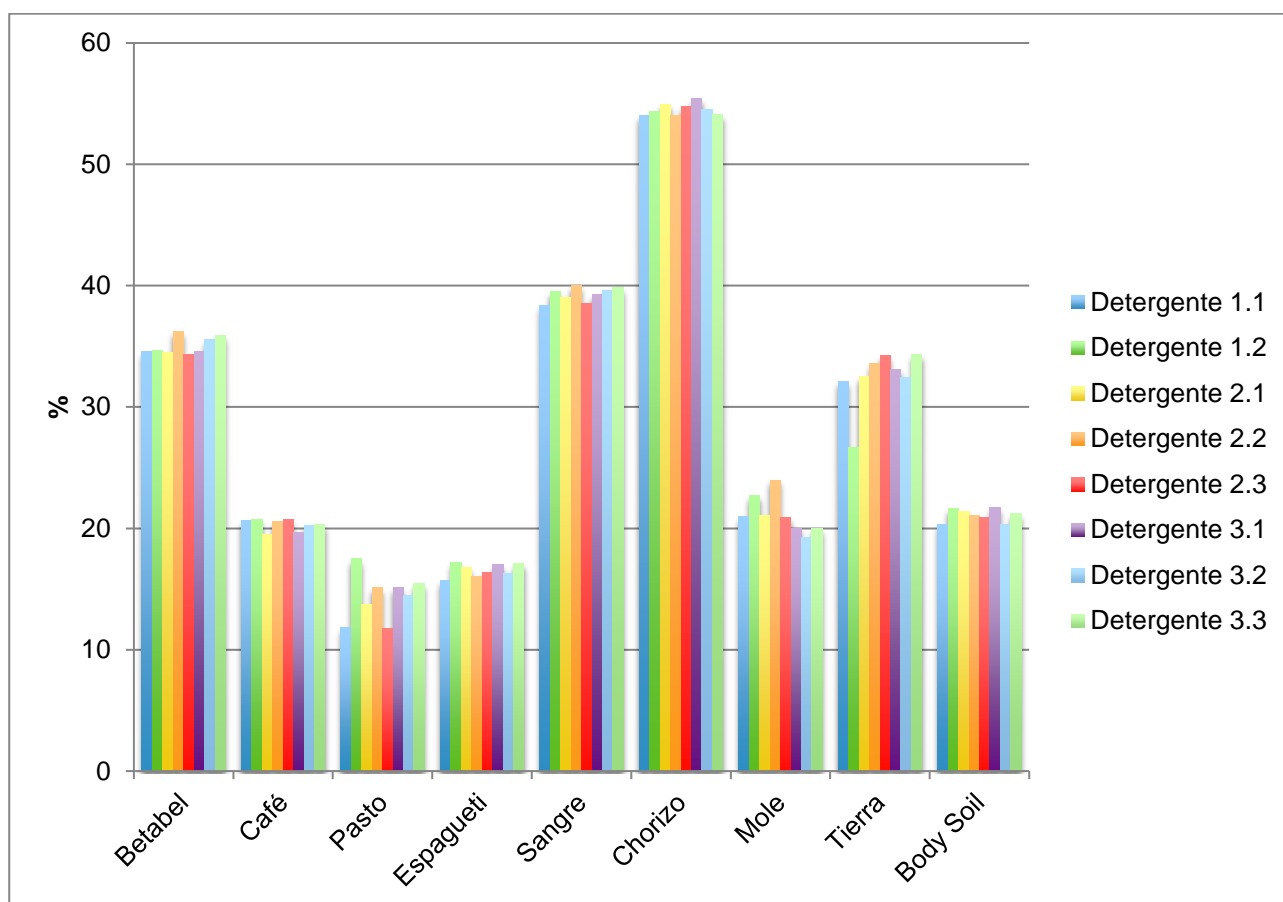


Figura 23 Gráfica comparativa de los ocho detergentes líquidos.

Detergente 1.1

El desempeño del Detergente 1.1 es inferior al resto de los demás detergentes, siendo los detergentes 2.2, 3.1 y 3.3 quienes lo superan en la remoción de 6 de las 9 manchas evaluadas, solo en la mancha de café su desempeño fue similar al resto de los demás tratamiento o incluso superior a los detergentes 2.1 y 3.1. El detergente 2.3 también lo superó pero solo en 2 de las 9 manchas evaluadas.

Detergente 1.2

El desempeño del detergente 1.2 es superior a los detergentes 1.1 y 2.3 en al menos 5 de las 9 manchas evaluadas, la mancha de tierra es la mancha que menos remueve, todos los demás detergentes lo superan significativamente, caso contrario la mancha que mejor remueve es la mancha de pasto y la diferencia de su remoción respecto a los demás tratamientos es significativamente mejor.

Detergente 2.1

El desempeño del detergente 2.1 es superado por el detergente 2.2 en 6 de las 9 manchas evaluadas, sin embargo, su desempeño es mejor que el del detergente 1.1 quien fue superado en 4 de las 9 manchas evaluadas, por otro lado el detergente 2.1 tiene un desempeño muy similar al detergente 3.1 en al menos 7 de las 9 manchas evaluadas.

Detergente 2.2

El desempeño de detergente 2.2 es superior en 6 de las 9 manchas evaluadas a los desempeños de los detergentes 1.1 y 2.1, por otro lado el desempeño del detergente 2.2 es muy similar en al menos 7 de las 9 manchas evaluadas al desempeño del detergente 3.3.

Detergente 2.3

El detergente 2.3 tiene un desempeño similar en 7 de las 9 manchas evaluadas al detergente 1.1, y es superado en 5 de las 9 manchas evaluadas por el detergente 1.2, la mancha que mejor remueve es la mancha de café.

Detergente 3.1

El detergente 3.1 tiene un desempeño muy similar al detergente 2.1 en 7 de las 9 manchas evaluadas, la mancha que mejor remueve es la mancha de chorizo y supera significativamente en 6 de las 9 manchas evaluadas al detergente 1.1.

Detergente 3.2

El desempeño del detergente 3.2 es superado por el detergente 2.2 en 5 de las 9 manchas evaluadas, las manchas de mole y de "body soil" son las manchas que menos remueve sin embargo, la que mejor remueve es la de betabel, supera a 5 de los 7 detergentes restantes.

Detergente 3.3

El detergente 3.3 tiene un desempeño muy similar al detergente 2.2 en 7 de las 9 manchas evaluadas, supera significativamente en 6 de 9 manchas evaluadas al detergente 1.1. La mancha que mejor remueve es la de tierra.

Mancha	--- (Peor)	--	-	- +	+ -	+	++	+++ (Mejor)
Pasto	2.3	1.1	2.1	3.2	2.2	3.1	3.3	1.2
Espagueti	1.1	2.2	3.2	2.3	2.1	3.1	3.3	1.2
Mole	3.2	3.3	3.1	2.3	1.1	2.1	1.2	2.2
Tierra	1.2	1.1	3.2	2.1	3.1	2.2	2.3	3.3

Tabla 4 Escala de peor a mejor desempeño de los detergentes contra las manchas más difíciles de remover.

En la tabla 4 se analizaron cuatro manchas, éstas fueron las que presentaron mayor dificultad de lavado para los detergentes.

Observamos como el detergente 1.1 presenta un bajo perfil de lavado, siendo quien remueve menos las manchas de las prendas.

De las manchas más difíciles de remover (pasto y espagueti) el detergente 1.2 fue quien obtuvo el mayor valor de remoción, seguido por el detergente 3.3 en ambos casos. El detergente 2.2 no pudo quitar la mancha de espagueti y en la de pasto estuvo en un rango intermedio, pero fue el mejor en la remoción de mole. Para ésta mancha, los que obtuvieron un muy bajo perfil de lavado fueron los tres detergentes que se formularon.

Los detergente 2.1 y 2.3 están en un rango intermedio de lavado, presentan un desempeño normal, podríamos decir que son estándar, ya que; si no remueven del todo la mancha al menos con ayuda de algún reforzador de lavandería (diseñados para optimizar la acción de limpieza de los detergentes) podrían tener un mejor funcionamiento.

5.2.2 Porcentaje de mantenimiento de blancura y remoción de percudido.

Nota: Estas pruebas fueron realizadas en un laboratorio externo. La página de la PROFECO¹⁷ realizó un estudio similar y esto es lo que utilizaron como metodología.

Blancura

Se determinó la blancura que proporcionan los detergentes después de 15 lavadas, buscando un mejor desempeño en los que contienen agentes blanqueadores; esta prueba no incluyó a los productos para ropa oscura o de color.

Remoción de percudido

Se evaluó el desgaste que fue patente en la tela por la acción del producto después de someter las muestras analizadas a 15 lavadas. También se sometieron a prueba los productos para ropa de color; se otorgó la calificación de excelente cuando no existieron cambios de color en las telas probadas.

	Detergente 1.1	Detergente 1.2	Detergente 2.1	Detergente 2.2	Detergente 2.3	Detergente 3.1	Detergente 3.2	Detergente 3.3
Blancura (Toalla)	138.230	134.604	134.090	136.165	134.301	136.046	134.969	134.553
Percudido (Playera)	90.755	91.371	90.833	91.783	91.416	91.888	91.046	92.296

Tabla 5 porcentaje de mantenimiento de blancura en toalla y remoción de percudido en playera.

¹⁷ *Calidad de Detergentes Líquidos*. (2001). *Revista Del Consumidor*, (291), 10. Recuperado de http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_01/deterliq.pdf

Porcentaje de mantenimiento de blancura (toalla)

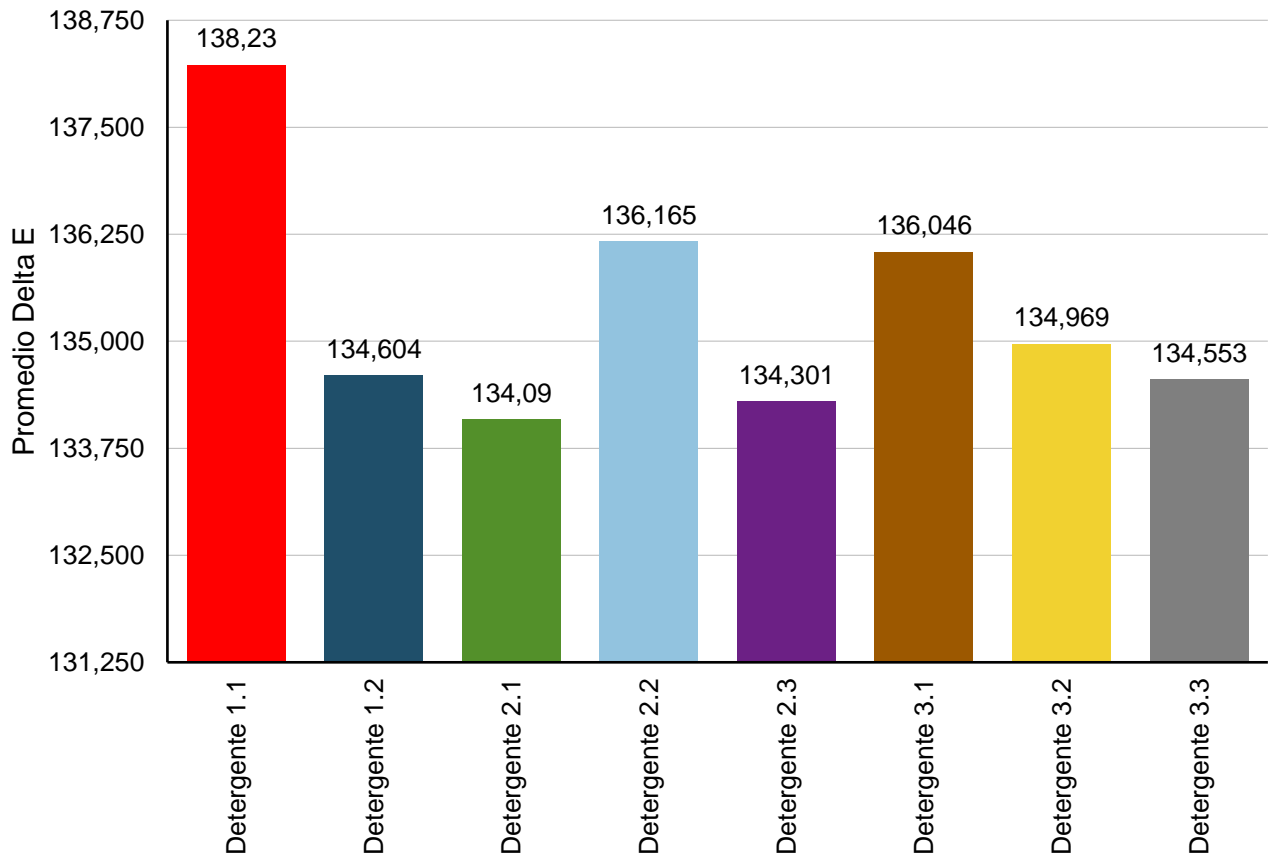


Figura 24 Gráfica porcentaje de mantenimiento de blancura en toalla.

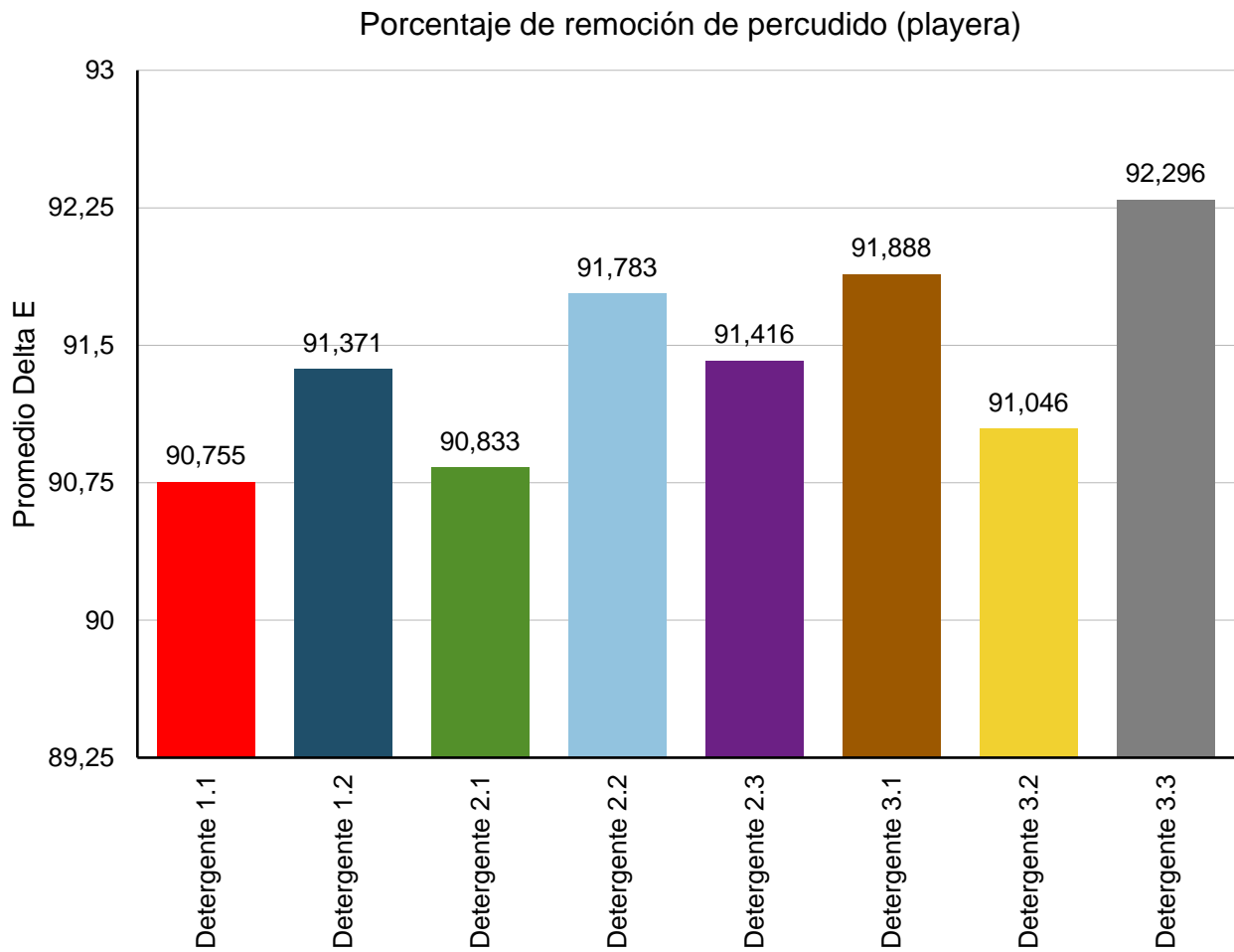


Figura 25 Gráfica porcentaje de remoción de percudido en playera.

En la tabla 5, se puede apreciar que después de tres ciclos de lavado, los detergentes 1.1 y 2.2 tienen el mayor valor numérico en índice de blancura.

La remoción del percudido del detergente 3.3 fue superior en todos los detergentes. En cuanto a los detergentes 2.2 y 3.1 presentan valores similares.

Análisis de resultados por tratamiento

Detergente 1.1

La blancura del detergente **1.1** resulto ser igual a los detergentes **2.2**, **3.1** y **3.3** ya que no existen diferencias estadísticamente significativas, mientras que en comparación a los detergentes **1.2**, **2.1**, **2.3** y **3.2** es significativamente mejor la blancura del detergente **1.1**.

En cuanto a la remoción de percudido, el detergente **1.1** presento inferior remoción que el detergente **3.3**, pero fue igual al resto de los demás detergentes, ya que no existen diferencias en sus índices de blancura.

Detergente 1.2

La blancura del detergente 1.2 fue inferior a los detergentes 1.1, 2.2 y 3.1 pero igual a los detergentes 2.1, 2.3, 3.2 y 3.3 ya que no existen diferencias significativas.

La remoción de percudido del detergente 1.2 solo fue inferior al producto 3.3, y con el resto de los detergentes no hubo diferencia alguna.

Detergente 2.1

La blancura del detergente 2.1 es inferior a los detergentes 1.1, 2.2, 3.1 y 3.2 pero igual a los productos 1.2, 2.3 y 3.3.

La remoción de percudido es inferior a los detergentes 2.2, 3.1 y 3.3, pero igual a los detergentes 1.1, 1.2, 2.3 y 3.2.

Detergente 2.2

La blancura del detergente 2.2 es superior a los productos 1.2, 2.1, 2.3, 3.2 y 3.3, pero igual a los detergentes 1.1 y 3.1

La remoción del percudido del detergente 2.2 solo es superior al producto 2.1, e igual en comparación al resto de los detergentes evaluados.

Detergente 2.3

La blancura del detergente 2.3 es inferior a los productos 1.1, 2.2 y 3.1 e igual para los detergentes 1.2, 2.1, 3.2 y 3.3.

La remoción del percudido del detergente 2.3 es solo inferior al detergente 3.3 e igual para el resto de los demás detergentes.

Detergente 3.1

La blancura del detergente 3.1 es inferior a los detergentes 1.2, 2.1, 2.3, 3.2 y 3.3 y solamente igual a los detergentes 1.1 y 2.2.

La remoción del percudido es inferior solo al producto 2.1 e igual para el resto de los demás detergentes.

Detergente 3.2

La blancura del detergente 3.2 es inferior a los detergentes 1.1, 2.2 y 3.1, pero igual a los detergentes 1.2, 2.3 y 3.3

La remoción del percudido del detergente 3.2 solo es inferior al detergente 3.3 e igual para el resto de los demás detergentes.

Detergente 3.3

La blancura del detergente 3.3 es inferior a los productos 2.2 y 3.1 mientras que para el resto de los detergentes no existen diferencias estadísticamente significativas.

La remoción del percudido fue superior en comparación a los detergentes 1.1, 1.2, 2.1, 2.3 y 3.2, pero igual que el detergente 2.2 y 3.1

5.2.3 Porcentaje de mantenimiento de color

	Detergente 1.1	Detergente 1.2	Detergente 2.1	Detergente 2.2	Detergente 2.3	Detergente 3.1	Detergente 3.2	Detergente 3.3
Negro	4.360	5.079	4.733	4.760	4.670	4.510	5.405	4.444
Rojo	8.325	8.328	8.060	7.633	7.081	7.165	8.426	6.796
Verde	7.705	8.318	7.645	7.949	7.079	6.644	7.139	6.996
Azul	3.354	3.456	3.443	3.098	2.960	3.176	3.661	2.870

Tabla 6 porcentaje de mantenimiento de color en tela.

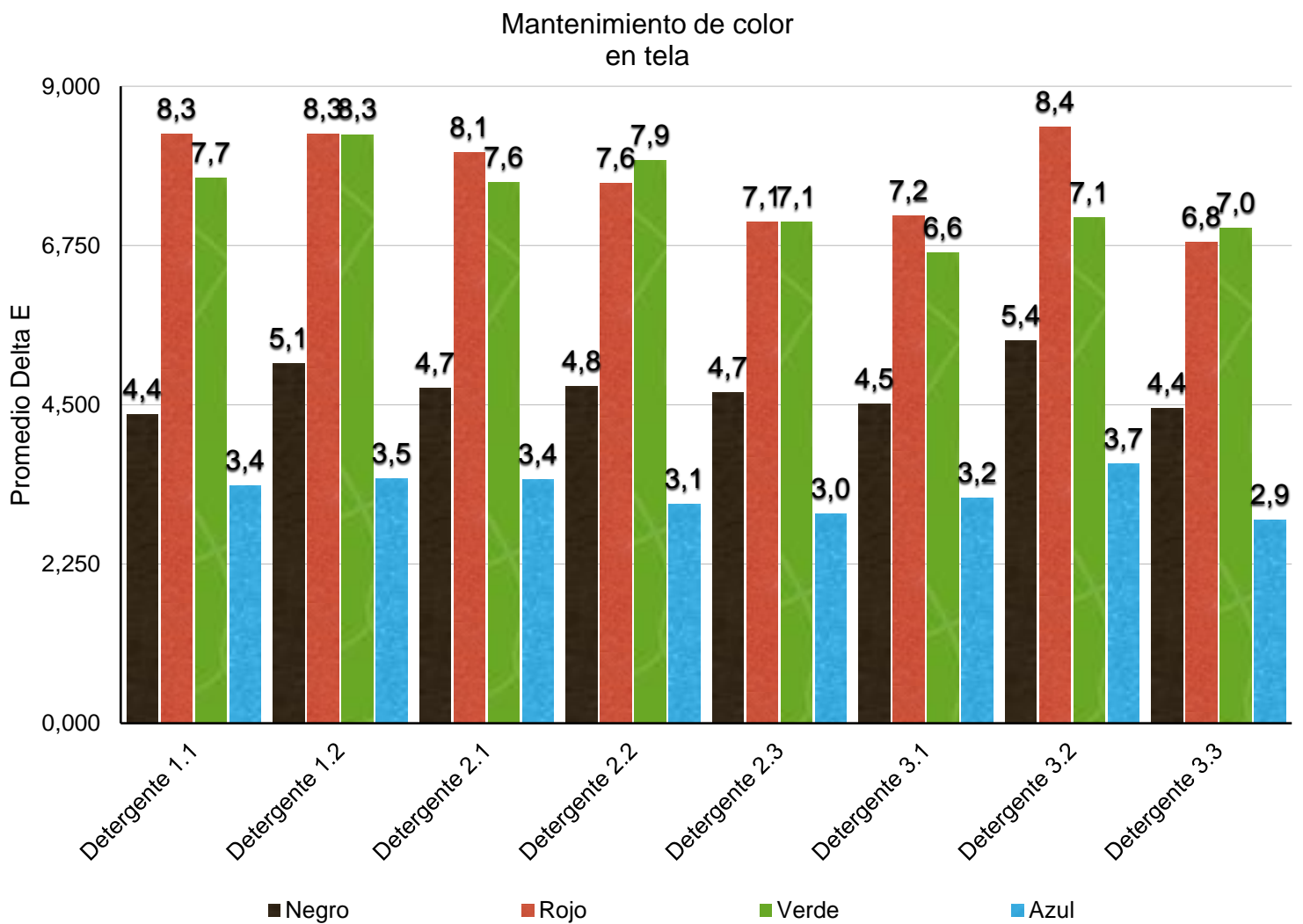


Figura 26 Gráfica mantenimiento de color en tela.

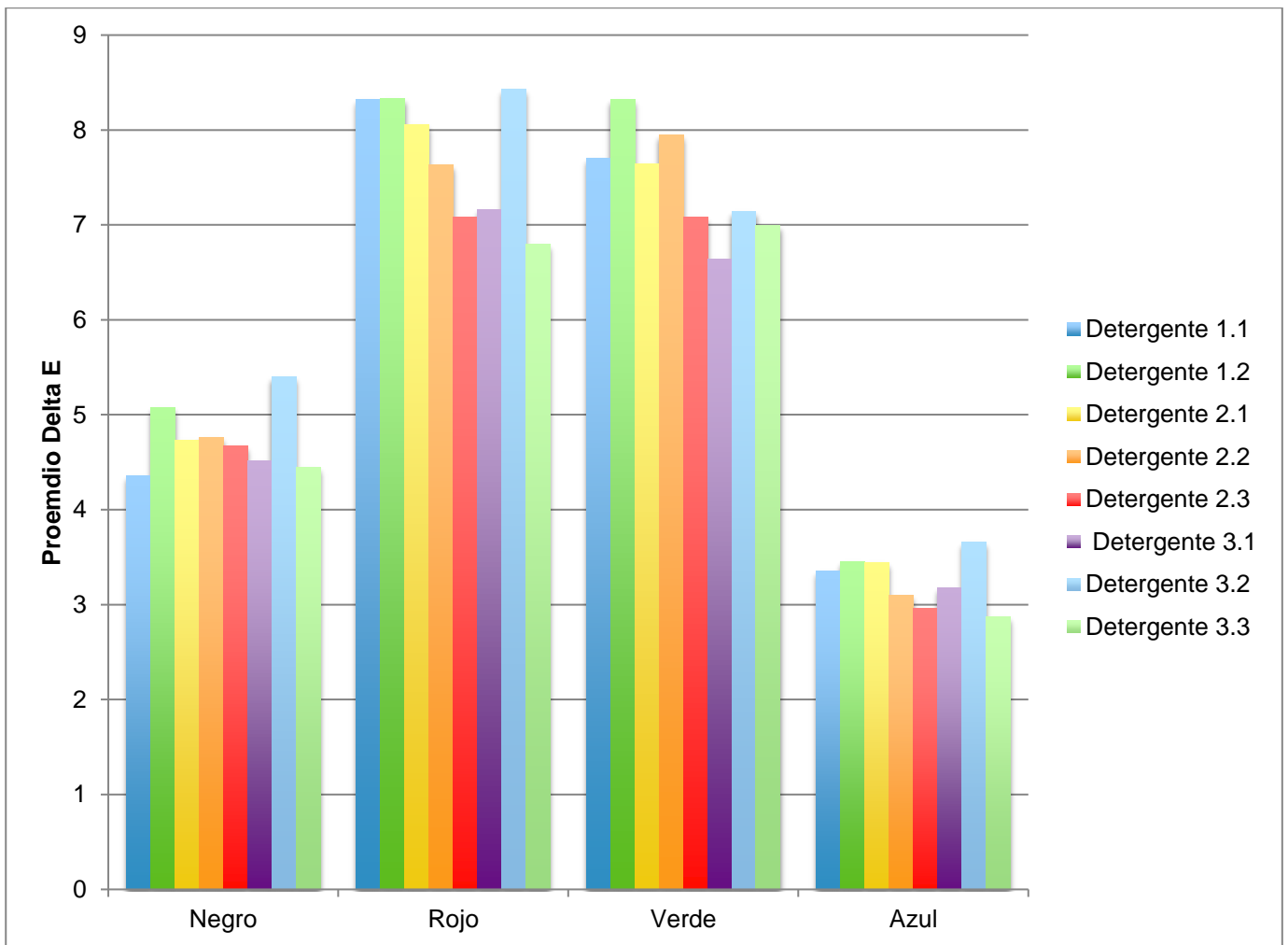


Figura 26 Gráfica comparativa de los ocho detergentes en el mantenimiento de color.

El detergente 3.3 es quien mejor mantiene los colores después de cinco ciclos de lavado, seguido muy de cerca por los detergentes 2.3 y 3.1, por otro lado los detergentes 3.2 y 1.2 son quienes más los dañan.

Análisis de resultados por tratamiento

Detergente 1.1

El detergente 1.1 afecta más la conservación de los colores rojo y verde respecto a los desempeños de los detergentes 2.3, 3.1 y 3.3 en los mismos colores. El efecto del detergente 1.1 en el color azul es el mismo que desarrollan los demás detergentes sus diferencias no son significativas. En el caso del color negro, el detergente 1.1 conservó mejor el color en comparación a los productos 1.2 y 3.2.

Detergente 1.2

El detergente 1.2 afecta mayormente al color verde, el daño que produce es mucho mayor respecto a los detergentes 2.1, 2.3, 3.1, 3.2 y 3.3, sus diferencias son significativas. Los efectos en los colores negro y azul son muy similares a los efectos que causan 6 de los demás, excepto en el color negro con el tratamiento 1.1 y el color azul con el detergente 3.3. Finalmente el detergente 1.2 afecta significativamente más a los colores rojo, verde y azul con respecto al detergente 3.3.

Detergente 2.1

El efecto que causa el detergente 2.1 sobre los colores negro y azul es muy similar al resto de los demás detergentes, excepto en el color negro con el detergente 3.2 y en el detergente 3.3 en el color azul siendo mayor el desgaste del color en este detergente 2.1 que en el detergente 3.3. En referencia al color ojo, el detergente 2.1 presentó mayor desgaste en comparación a los detergentes 2.3, 3.1 y 3.3 y en el color verde solo en comparación al detergente 3.1 y 3.3 ya que en comparación al detergente 1.2 fue superior su desempeño. Finalmente su desempeño es muy similar a los detergentes 1.1 y 2.2 ya que sus diferencias no son significativas.

Detergente 2.2

El efecto que causa el detergente 2.2 es igual en comparación a los detergentes 1.1, 1.2 y 2.1 sobre los 4 colores al no denotarse diferencias, sin embargo, si presenta diferencia significativa respecto al detergente 3.3 en los colores rojo y verde, ya que éste tratamiento los daña menos que el tratamiento 2.2. En comparación a los detergentes 2.3 y 3.1, el detergente 2.2 causa más daño al color verde. Caso contrario en comparación al detergente 3.2 en donde el daño de los colores rojo y azul es menor en detergente 2.2 en los colores rojo y azul.

Detergente 2.3

El detergente 2.3 junto con los detergentes 3.3 y 3.1 tienen desempeños iguales además de que dañan menos a los colores evaluados. El desempeño es igual en los colores negro y azul en comparación a los demás tratamientos excepto con el tratamiento 3.2, mientras que para los colores rojo y verde si hay diferencias con el resto de los tratamientos siendo mejor la conservación de colores en este detergente 2.3.

Detergente 3.1

El cuidado de color del detergente 3.1 es igual a los detergentes 2.3 y 3.3, no hay diferencia alguna entre ellos y su desempeño es superior al resto de los demás tratamientos, sobre todo en los colores rojo y verde en comparación a los tratamientos 1.1, 1.2 y 2.1 y el tratamiento 3.2 solo en el color negro. No hay diferencias de los colores negro y azul en comparación a los demás tratamientos, excepto en el color negro en comparación al tratamiento 3.2.

Detergente 3.2

El detergente 3.2 en general muestra más daño a los colores negro, rojo y azul en comparación a los demás detergentes evaluados y es muy parecido su desempeño al detergente 1.2, excepto en el color verde, en donde es mejor la permanencia de color en el detergente 3.2 que en el detergente 1.2 y en comparación a los demás detergentes, su desempeño en este color verde, es igual para el resto de los detergentes.

Detergente 3.3

Este detergente es el que menos daña los colores evaluados, su desempeño es igual a los detergentes 2.3 y 3.1. En la evaluación de los colores rojo y verde es mejor su desempeño en comparación a los productos 1.1, 1.2, 2.1 y 2.2, para el caso del detergente 3.2 solo es mejor su desempeño en el color rojo. En relación a las diferencias del color negro solo es mejor su desempeño en comparación al detergente 3.2 y en cuanto al color azul es diferente al detergente 1.2, 2.1 y 3.2.

Análisis de resultados general de los detergentes empleados

	Mejor desempeño	Peor desempeño
Remoción de mancha	Detergente 2.2	Detergente 1.1
Blancura	Detergente 1.1	Detergente 2.1
Percudido	Detergente 3.3	Detergente 1.1
Mantenimiento de color	Detergente 3.3	Detergente 1.2 & Detergente 3.2

Tabla 7 Análisis de resultados general de los detergentes en las cuatro evaluaciones realizadas.

De los dos detergentes de marca libre, quien obtuvo el peor desempeño fue el detergente 1.1 obteniendo malas ejecuciones en la mitad de las pruebas aplicadas.

El detergente comercial que presentó un mejor perfil de lavado fue el detergente 2.2. Mientras los otros dos restantes son parecidos.

De la terna de detergentes formulados, quien obtuvo un mejor desempeño, ganando en dos pruebas de cuatro, fue el detergente 3.3. Los detergentes 3.1 y 3.2 presentaron un comportamiento similar.

Conclusiones

La evaluación de desempeño es fundamental porque nos ayuda a seleccionar materias primas, comparar precios, obtener el mejor costo/beneficio para el desarrollo de productos. Se evalúan aquellas características esenciales de un producto: calidad, forma, color, condiciones de funcionamiento, aplicación de normas.

Entrega evidencia válida y rápida.

- Aunque sí hubo detergentes que tuvieron un mejor desempeño global, todos ellos mostraron diferencias importantes de eficacia, dependiendo de las manchas que se intentó eliminar.
- La mancha más difícil de remover fue el pasto, para todos los detergentes. Seguida por la mancha de espagueti.
- La remoción del percudido es una de las pruebas más importantes, ya que determina qué tanto evita el detergente que la mugre separada se vuelva a depositar en la ropa. En esta prueba el detergente 3.3 fue quien presentó un porcentaje $> 92\%$ con respecto a los demás detergentes. La mayoría de ellos tuvieron un buen desempeño removiendo un porcentaje $\geq 91\%$ con excepción de los detergentes 1.1 y 2.1 quienes presentan $\leq 90\%$.
- Los detergentes deben respetar los colores de las prendas; sin embargo, encontramos que, en general, después de 5 lavadas el tono rojo es el que sufre mayor afectación.
- A pesar de notar las diferencias en las pruebas de lavado (visiblemente), estadísticamente no hay diferencias significativas. Por eso es importante trabajar con un grupo de evaluadores o lo que llamamos Paneles Sensoriales. Además del uso de equipos, el instrumento de medición es el Ser Humano.

Referencias bibliográficas

Libros

- J. Falbe. (1987). *Surfactants in consumer products*. Germany: Springer-Verlag Heidelberg.
- Holmberg, Jönsson, Kronberg & Lindman. (2003). *Surfactants and Polymers in Aqueous Solution*. England: John Wiley & Sons.
- Milton J. Rosen, Joy T. Kunjappu. (1987). *Surfactants and Interfacial Phenomena*. Germany: Springer-Verlag Heidelberg.
- D.R Karsa. (1987). *Industrial applications of surfactants (Special Publications)*. London: The Royal Society of Chemistry.
- John H. Clint. (1986). *Surfactant Aggregation*. Glasgow: Blackie.
- Günter Jakobi. (1987). *Detergents and textile washing*. USA: VCH.
- Uri Zoller, Heinrich Waldhoff & Rüdiger Spilker. (2004). *Handbook Of Detergents, Part C: Analysis*. New York: Marcel Dekker.
- J.B. Wilkinson, R.J. Moore. (1990). *Cosmología de Harry*. Spain: Díaz de Santos.
- W. Gale Cutler. (1987). *Detergency*. USA: Marcel Dekker.
- K. Schrader (1992). *Cleansing Action of Synthetic Detergents – Methodology of Determination*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Revistas

- A. Miriam Novelo Torres & Jesús Gracia Fadrique. (2005). *Concentración micelar crítica mediante la ecuación de adsorción de Gibbs*. Educación Química, XVI, 64.
- A. Miriam Novelo Torres & Jesús Gracia Fadrique. (2003). *Idealidad en superficies fluidas*. Educación Química, XIV, 220.
- Anthony J. O'Lenick, Jr.. (1999). *Soil Release Polymers*. Journal of Surfactants and Detergents, 2, 554.
- H. Krüssmann. (1978). *Evaluation of Detergents for Washing Fabrics*. Journal of the American Oil Chemists' Society, 55, 168.
- Kevan Hatchman, *Diploma/Certificate in cosmetic science*, Module 1, Unit 8, Society of cosmetic scientists.
- Borghetty, H. (1949). *Detergents in the textile industry*. J Am Oil Chem Soc, 26, 319-321.
- Stensby, P.S. (1968). *Optical brighteners as detergent additives*. J Am Oil Chem Soc, 45: 497

Tesis

- Velasco A. (2012) *Tensoactivos en los procesos de micelización y segregación*. (Tesis). México, D.F.
- Barrera M. (2013) *Emulsiones en el sistema alcohol tridecílico, alcohol tridecílico etoxilado & agua*. (Tesis). México, D.F.

Páginas de internet

- *Colloidal and Surface phenomena*. (2016). Recuperado el 7 de enero de 2016, de http://wwwcourses.sens.buffalo.edu/ce457_527/ce457_pro/g11_doc.htm
- *Tensoactivos*. (2016). Recuperado el 12 de enero de 2016, de <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/Materiales%20y%20Actividades%20Riesgosas/sitioscontaminados/GTZ/E-Clasificacion%20de%20Tensoactivos.pdf>
- *Calidad de Detergentes Líquidos*. (2001). Revista Del Consumidor, (291), 10. Recuperado el 04 de agosto de 2016, de http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_01/deterliq.pdf
- Calí, M. (2016). *Análisis sensorial de los alimentos*. INTA. Recuperado el 08 de agosto de 2016, de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210470.pdf>

ANEXO I. ANOVA

i) Remoción de mancha

FV	SC	GL	CM	FC
TRATAMIENTO	7	10.89	1.5570	0.009
ERROR	64	11050.06	172.65	
TOTAL	71	11060.96		

Se acepta la H_0 , no existen diferencias entre los tratamientos.

ii) Mantenimiento de blancura y remoción de percutido

No hay suficientes datos para realizar un análisis de varianza.

iii) Mantenimiento de color

FV	SC	GL	CM	FC
TRATAMIENTO	7	4.01	0.57	0.12
ERROR	24	114.37	4.77	
TOTAL	31	118.38		

Se acepta la H_0 , no existen diferencias entre los tratamientos.