



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE QUÍMICA

Obtención y comparación de dos emulsiones cosméticas O/W formuladas con poliacrilato de sodio y tensoactivos no-iónicos como agentes emulsificantes.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A  
LINARES SOTO JOSUE



MÉXICO, D.F.

2012



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:**       **Profesor:** Joaquin Palácios Alquisira

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

**SECRETARIO:**       **Profesor:** Arturo Rodriguez Peñaloza

**1er. SUPLENTE:**     **Profesor:** María Eugenia Ivette Gomez Sanchez

**2° SUPLENTE:**       **Profesor:** Ma. Guadalupe Lemus Barajas

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

Laboratorio de Tecnología Farmacéutica.  
Edificio A, Facultad de Química.  
Universidad Nacional Autónoma de México.

**Asesor del tema:**

\_\_\_\_\_  
**María del Socorro Alpizar Ramos**

**Supervisor técnico:**

\_\_\_\_\_  
**Ma. Guadalupe Lemus Barajas**

**Sustentante:**

\_\_\_\_\_  
**Josué Linares Soto**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN .....	6
OBJETIVO .....	9
EMULSIONES.....	10
1.1. Clasificación de emulsiones.....	10
1.2. Estabilidad de emulsiones.....	12
1.3. Emulsión cosmética .....	16
1.3.1. Composición de una emulsión cosmética .....	17
AGENTES EMULSIFICANTES.....	46
2.1. Agentes tensoactivos.....	47
2.1.1. Tensoactivos aniónicos.....	49
2.1.2. Tensoactivos catiónicos .....	49
2.1.3. Tensoactivos no iónicos.....	49
2.1.4. Tensoactivos anfóteros .....	50
2.2. Sólidos finamente divididos.....	50
2.3. Polímeros.....	51
SISTEMA HLB .....	54
3.1. Cálculo del HLB de un emulsificante .....	55
3.2. HLB requerido para una mezcla de ingredientes .....	56
3.3. Mezcla de emulsificantes .....	57
3.4. Cálculo de la proporción de emulsificante .....	59
REOLOGÍA .....	61
4.1. Viscosidad .....	61
4.1.1. Fluidos Newtonianos .....	62
4.1.2. Fluidos no Newtonianos.....	63
DESARROLLO EXPERIMENTAL .....	65
5.1. Preparación de la emulsión (en frío) con PAS.....	65
5.2. Características del polímero.....	66

5.3. Formulación de la emulsión en caliente .....	67
5.4. Selección de la mezcla emulsificantes .....	69
5.5. Cálculo de la proporción de emulsificante para el valor de HLB requerido .....	71
5.6. Producción de emulsión en caliente.....	72
5.7. Estudio de estabilidad preliminar.....	75
Estrés térmico.....	75
Características organolépticas.....	75
Pruebas reológicas .....	76
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	77
6.1. Propiedades organolépticas.....	77
6.2. pH .....	77
6.3. Viscosidad.....	78
6.4. Tixotropía.....	88
CONCLUSIONES .....	98
Bibliografía .....	99
Bibliografía electrónica .....	100
ANEXO 1 .....	102
ANEXO 2 .....	104
ANEXO 3 .....	106

## RESUMEN

La industria cosmética Mexicana representa el 0.9% del PIB Nacional y el 5% del PIB Industrial y se estima que tiene un valor de más de 9.1 Millones de dólares. Esto ha generado que se desarrollen nuevos nichos de mercado en la industria cosmética mediante el desarrollo de nuevos productos con diferentes formas de presentación; siendo la emulsión una de las más empleadas por este sector.

Las emulsiones son sistemas heterogéneos que constan de una fase externa o continua y otra fase interna o dispersa en forma de pequeñas gotas. Las emulsiones son termodinámicamente inestables como resultado de un exceso de energía libre asociada a la superficie para mejorar la estabilidad de las emulsiones se hace uso de agentes emulsificantes tales como: materiales anfifílicos, polímeros o sólidos finamente divididos. Por lo cual, es necesario hacer una buena selección del agente emulsificante.

En este trabajo se llevó a cabo el desarrollo de una emulsión O/W aplicando el sistema HLB así como la producción de una emulsión O/W que utiliza poliacrilato de sodio como agente emulsificante. Ambas formulaciones fueron sometidas a estrés térmico durante un periodo de 15 días con ciclos de 24 horas a  $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 24 horas a  $T_{\text{Ambiente}}$ . Al finalizar cada ciclo de 24 horas se llevaba a cabo la observación a simple vista con la finalidad de detectar una separación de fases sin embargo no hubo separación en ninguna de las dos emulsiones, no se observó un cambio en sus propiedades organolépticas, ambas formulaciones presentaron un comportamiento tixotrópico pero solamente la emulsión formulada con el sistema HLB mostró cambios en su viscosidad y en su comportamiento tixotrópico después del periodo de 15 días de haberla sometido a estrés térmico.

## INTRODUCCIÓN

La industria cosmética Mexicana representa el 0.9% del PIB Nacional y el 5% del PIB Industrial y se estima que tiene un valor de más de 9.1 Millones de dólares lo cual ubica a México como la tercera más importante en este rubro en el continente, después de Estados Unidos y Brasil. Tan solo en el 2010, la industria cosmética mexicana tuvo un crecimiento cercano al 7.6%.<sup>25</sup>

El desarrollo de nuevos nichos de mercado en la industria cosmética ha ocasionado el desarrollo de nuevos productos con diferentes formas de presentación para satisfacer las necesidades del consumidor, sin embargo, una de las formas de presentación que continúan siendo más empleadas son las emulsiones; las cuales tienen sus inicios probablemente en el Siglo II d.c. cuando Claudius Galen un médico griego inventó la cold cream como remedio medicinal. Actualmente las emulsiones no son solamente usadas en el desarrollo de nuevos medicamentos sino también en la formulación de cosméticos como espumas para rasurar, maquillaje, productos para las uñas, desodorantes y antitranspirantes.

Es por ello que las emulsiones han logrado colocarse como una de las formas cosméticas predilectas en el mercado gracias a que son sistemas coloidales en los cuales una de las fases se distribuye finamente en la otra.<sup>1,24</sup> Sin embargo, este sistema tiene la desventaja de que es termodinámicamente inestable debido a la cantidad de energía que se necesita para mantener las gotas dispersas. En el capítulo uno se abundara más en la estabilidad de las emulsiones así como en las principales alteraciones que puede sufrir una emulsión cuando se

separan las fases debido a la energía que se requiere para mantener las gotas dispersas.

En este capítulo también el lector se percatará de que la composición de las emulsiones cosméticas actuales es mucho más compleja debido a que se hace uso de una gran variedad de ingredientes que deben de cumplir con los estándares establecidos por las autoridades de cada país así como las exigencias del propio consumidor al cual va dirigido el producto final.

El lector inferirá del capítulo uno de este trabajo que uno de los compuestos más importantes para lograr el desarrollo y estabilidad de un nuevo producto, es necesario hacer una buena selección del agente emulsificante, es por ello que en el capítulo dos el lector podrá observar las tendencias que existen actualmente en el mercado para la selección del o de los emulsificantes que permitan estabilizar la emulsión. El lector también se percatará de que los agentes emulsificantes pueden estabilizar las emulsiones mediante diferentes mecanismos.

En el caso de los tensoactivos, estos actúan mediante la reducción de la tensión superficial así como una película protectora estable alrededor de las gotas dispersas impidiendo su reagrupamiento. Sin embargo, el formulador se encontrará con el inconveniente de la selección del tensoactivo debido a que existe una gran variedad de tensoactivos. Es por ello que en el capítulo tres se hace una revisión de uno de los métodos más importantes en la formulación y desarrollo de emulsiones. Este método fue presentado en 1948 por la compañía ICI<sup>26</sup> y ha sido de gran ayuda debido a que revolucionó la forma de seleccionar el agente tensoactivo apropiado para una emulsión con cierto propósito. Este sistema desarrollado en los laboratorios de ICI por William C. Griffin llamado **Sistema HLB** (Balance Hidrofílico-Lipofílico), permite asignar



un valor numérico al ingrediente o mezcla de ingredientes que se requiera emulsificar y así poder seleccionar un tensoactivo o mezcla de tensoactivos que permitan obtener el valor numérico de la mezcla de ingredientes que se desea emulsificar.

En el capítulo cuatro se lleva a cabo el desarrollo de una emulsión o/w aplicando el sistema HLB y la producción de una emulsión o/w la cual utiliza poliacrilato de sodio como agente emulsificante. Ambas formulaciones fueron sometidas a estrés térmico durante un periodo de 15 días con ciclos de 24 horas a  $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 24 horas a  $T_{\text{Ambiente}}$ . Al finalizar cada ciclo de 24 horas se lleva a cabo la observación a simple vista con la finalidad de detectar separación de fases. Posteriormente se llevó a cabo la comparación (características organolépticas, pH, viscosidad, tixotropía) con una muestra patrón de cada una de las emulsiones la cual, se mantuvo a temperatura ambiente durante el periodo de prueba.

## OBJETIVO

- Determinar las ventajas y desventajas de la preformulación de emulsiones cosméticas mediante el uso de tensoactivos y agentes poliméricos como emulsificantes.

### **Objetivos particulares.**

- Preparación de una emulsión mediante el sistema HLB.
- Preparación de una emulsión empleando un agente polimérico
- Estudio de estabilidad preliminar de la emulsiones cosméticas desarrollada con un agente polimérico mediante la evaluación de su aspecto, color, olor, valor de pH, viscosidad y tixotropía.
- Estudio de estabilidad preliminar de la emulsión cosmética desarrollada con una mezcla de agentes tensoactivos no-iónicos mediante la evaluación de su aspecto, color, olor, valor de pH y viscosidad y tixotropía.

## EMULSIONES

Una emulsión es un sistema heterogéneo que consta de una fase externa o continua y otra fase interna o dispersa en forma de pequeñas gotas que usualmente tienen un diámetro entre 0.1 a 100  $\mu\text{m}$ . Las emulsiones son termodinámicamente inestables como resultado de un exceso de energía libre asociada a su superficie. Lo cual conlleva a que las gotas dispersas se junten disminuyendo la superficie y así reducir su energía libre. La estabilidad de estos sistemas puede ser mejorado con la adición de agentes emulsificantes tales como: materiales anfifílicos, polímeros o sólidos finamente divididos. Actualmente existe una gran variedad de agentes emulsificantes que permiten que las preparaciones duren meses o incluso años, aunque estas sean termodinámicamente inestables.<sup>1,24</sup>

### 1.1. Clasificación de emulsiones

1. **Aceite en agua (O/W)**. Son aquellas en las que la fase continua es agua u otro compuesto polar en la cual, se encuentran dispersas las gotas de aceite o algún otro compuesto oleoso no polar. Las cremas de este tipo se secan con facilidad y forman una capa resistente de grasa sobre la piel. Estos preparados de O/W se lavan fácilmente con agua y además producen un efecto refrescante.<sup>2,9</sup>
2. **Agua en aceite (W/O)**. Los compuestos oleosos de este tipo de emulsiones constituyen la fase continua en la cual se encuentran dispersas las gotas de agua o algún otro compuesto polar. Sus propiedades les hace particularmente aptos para pieles secas. Sin embargo producen un brillo de aspecto graso en la piel.<sup>2,9</sup>

3. **Emulsiones mixtas o múltiples.** Son emulsiones en las que la fase dispersa contiene gotas aun más pequeñas que son miscibles con la fase continua. Este tipo de emulsiones pueden ser W/O/W cuando la fase acuosa se encuentra entre dos fases oleosas o O/W/O cuando la fase oleosa se encuentra entre dos fases acuosas.<sup>2,9</sup>

4. **Microemulsiones.** Son dispersiones termodinámicamente estables de microgotas, con un tamaño aproximado de 30 a 300 nm de agua en un compuesto orgánico (W/O) o de un compuesto orgánico en agua (O/W). Se caracterizan por ser transparentes u opalescentes debido a la dispersión extremadamente fina de las gotas. Requieren de altas concentraciones de emulsificantes (15% aproximadamente) y de un cotensoactivo el cual es un alcohol alifático de bajo peso molecular. Las altas concentraciones de tensoactivo pueden causar irritaciones cutáneas, es por ello que no es muy común la formulación de microemulsiones en la industria cosmética. Son utilizadas en geles de baño, geles para el cabello y en los shampoos.<sup>2,24</sup>

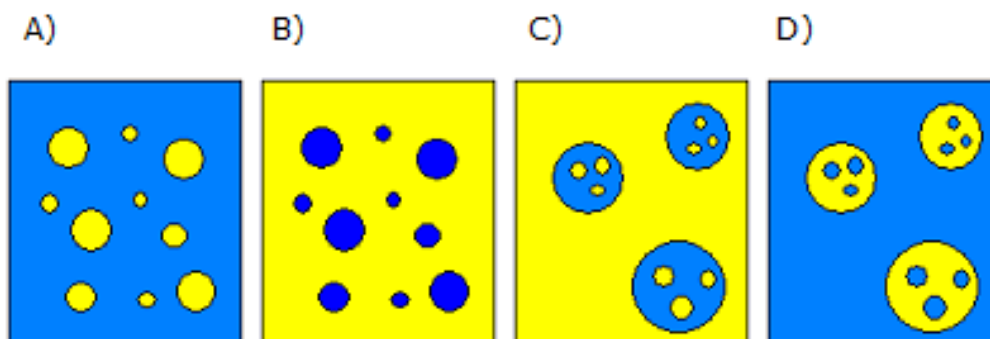


Ilustración 1. Tipos de emulsión. A) Emulsión aceite en agua. B) Emulsión agua en aceite. C) Emulsión mixta Ac/Ag/Ac. D) Emulsión mixta Ag/Ac/Ag.

## 1.2. Estabilidad de emulsiones

Una emulsión puede ser formada mediante la aplicación de energía mecánica (p. e. agitación) al sistema, dicha energía dispersa una fase en la otra en forma de pequeñas gotas, sin embargo, una vez que la energía mecánica es removida del sistema se lleva a cabo la ruptura de la emulsión. Esta ruptura puede ser explicada en términos de la energía libre de Gibbs del sistema.

$$\Delta G = \Delta H - TdS \quad (1.1)$$

Tomando en cuenta los efectos de superficie la ecuación anterior toma la siguiente forma:

$$dG = dG^{\alpha} + dG^{\beta} + dG^S \quad (1.2)$$

Mientras que, el cambio en la energía libre de Gibbs superficial (Ecuación 1.5) incluye un término que expresa el trabajo requerido para incrementar el área de la superficie en  $dA$  a temperatura, presión y composición constante. Este trabajo se expresa como  $\sigma dA$  en donde  $\sigma$  es la tensión superficial la cual, es la energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área.

$$dG = -sdT + \sigma da + vdp \quad (1.5)$$

Dónde:  $s$ , Es a entropía.

$T$ , Es la temperatura.

$n$ , Número de moles  $i$  componentes.

$\mu$ , Potencial químico de  $i$  componentes.

$\sigma$ , Tensión interfacial.

$a$ , Área de la interface.

Sumando  $dG^\alpha$ ,  $dG^\beta$ ,  $dG^s$  se obtiene el cambio en la energía libre de Gibbs total del sistema; considerando que la temperatura, presión y composición se mantienen constantes se establece que el cambio en la energía de Gibbs del sistema se expresa de la siguiente manera:

$$dG = \gamma dA$$

Lo cual indica que la energía libre de Gibbs superficial de la interface es directamente proporcional al área interfacial entre las dos fases (aceite y el agua). Debido a esta relación tan estrecha entre la energía libre de Gibbs y el área interfacial las emulsiones son termodinámicamente inestables.

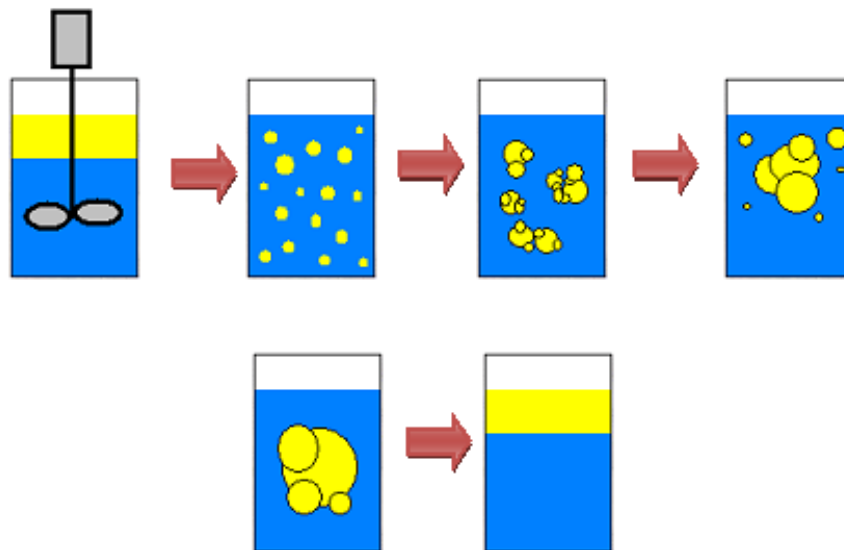


Ilustración 2. Inestabilidad de una emulsión.

Por tal razón, se hace uso de agentes emulsificantes que permiten aumentar la estabilidad de las emulsiones mediante la disminución de la tensión interfacial y así disminuir la energía libre de Gibbs.

$$\Delta G \leq 0$$

Es importante aclarar que todas las emulsiones pueden romperse debido a que los emulsificantes no abaten por completo la tensión superficial a excepción de las microemulsiones ya que el surfactante y cosurfactante logran abatir por completo la tensión superficial llevando la energía libre de Gibbs a valores negativos.

Las principales alteraciones que puede sufrir una emulsión cuando se separan las fases son las siguientes:

1. **Cremado:** Lo que ocurre en este caso, no es una ruptura de la emulsión sino más bien la emulsión presenta una zona con una mayor concentración de la fase interna y otra con una mayor concentración de la fase externa debido a que las gotas de menor densidad tienden a subir hacia la superficie de la emulsión. Este fenómeno no representa de ningún modo una ruptura de la emulsión. Sin embargo la nata puede ser una manifestación de una eventual separación ya que la formación de nata es favorecida por la formación de gotas de tamaño grande.<sup>7</sup>
2. **Sedimentación:** Fenómeno semejante al cremado, pero, a diferencia de este, se produce la unión de las partículas más pesadas que se depositan en el fondo de la emulsión.<sup>8</sup>

Los factores que condicionan la separación quedan definidos en la ley de Stocks:

$$v = \frac{2gr^2(\rho_c - \rho_d)}{9\eta}$$

Dónde:

$g$  = Aceleración de la gravedad.

$r$  = Radio de la gota.

$\eta$  = Viscosidad de la fase continua

$v$  = Velocidad de separación.

$\rho$  = densidad de las fases continua y dispersa.

Se puede actuar sobre algunas de las variables de la ecuación para conseguir disminuir la velocidad de separación de las fases, como por ejemplo:

- Reducción del tamaño de las gotas de la fase dispersa. O aumentar la viscosidad de la fase continua  $\eta$  mediante el uso de hidrocoloides espesantes se retarda la separación de las fases.

3. **Floculación:** Es un proceso en el cual hay un desbalance de las cargas eléctricas de las micelas, lo cual reduce la fuerza de repulsión de las mismas por lo cual las partículas de la fase interna se agrupan.<sup>9</sup>

4. **Coalescencia:** Es un proceso distinto de la floculación. Mientras que esta última es el agrupamiento de partículas, la coalescencia es la fusión de los aglomerados en una gran gota o en gotas. La coalescencia es habitualmente rápida cuando dos líquidos no miscibles son agitados juntos, dado que no hay una gran barrera de energía que prevenga la fusión de gotas y la nueva formación de las fases originales. Cuando se agrega un agente emulsificante al sistema, todavía puede producirse la floculación, pero la coalescencia se reduce a un grado que depende de la eficacia para formar una película estable en la interfase. Además de la película de la interfase que rodea las gotitas, actuando como una barrera mecánica, las gotas también no se fusionan por la presencia de una capa delgada de fase continua entre las partículas agrupadas.<sup>24</sup>

5. **Inversión de fase:** En este fenómeno, la emulsión puede cambiar de O/W a W/O y viceversa.<sup>9</sup>



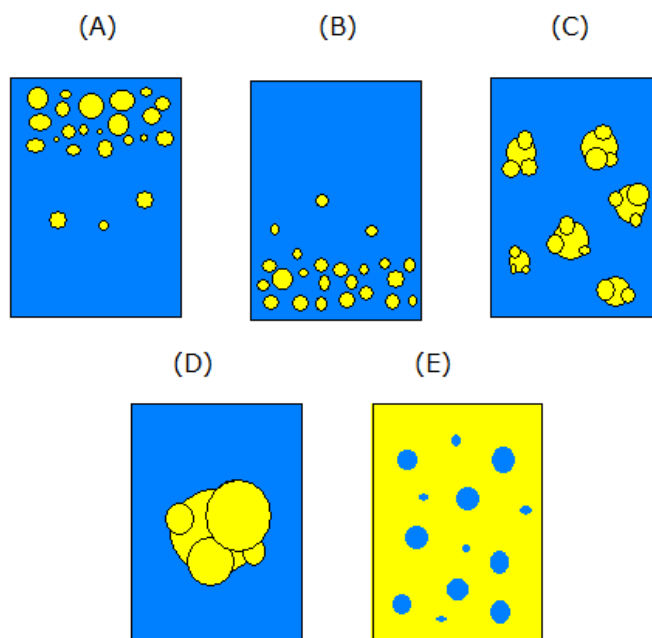


Ilustración 3. Alteraciones que pueden sufrir una emulsión. (A) Cremado. (B) Sedimentación. (C) Floculación. (D) Coalescencia. (E) Inversión de fases.

### 1.3. Emulsión cosmética

Las emulsiones son muy importantes para la formulación de las preparaciones del cuidado personal, pues ofrecen una manera flexible para incorporar diferentes ingredientes incluyendo activos a un producto. Debido a que muchos ingredientes (hidratantes, humectantes, activos hidrofílicos, etc.) son hidrosolubles los hace insolubles en muchos otros ingredientes liposolubles como aceites emolientes, ceras o activos lipofílicos. Es por ello, que las emulsiones pueden servir como vehículo ideal para permitir la incorporación de muchos de los ingredientes anteriormente mencionados para formular un producto de cuidado de la piel. Sin embargo, no solamente la incorporación de ingredientes activos hacen atractivo el producto final, también, deben cumplir con ciertos atributos que le dan un mayor valor al producto, tales como: sensación agradable, facilidad de aplicación y extendido, estabilidad físicoquímica y microbiológica, facilidad de penetración a las capas superiores de la piel, etc. <sup>10</sup>

### **1.3.1. Composición de una emulsión cosmética**

Anteriormente la gente utilizaba materiales de la naturaleza para limpiarse, embellecerse y modificar de alguna manera su apariencia. Se dice que Claudius Galen, un médico griego del siglo II d.C. invento la cold cream<sup>34</sup> la cual, fue la primera emulsión para uso médico y cosmético, sin embargo, era muy inestable. Con el tiempo el descubrimiento de nuevos materiales para la formulación ha hecho que las formulaciones sean cada vez más complejas. Actualmente es muy común encontrar ejemplos o esquemas de formulaciones básicas para su fabricación en literatura especializada, sin embargo, estas son solamente sugerencias que permiten guiar a los químicos formuladores. Es por ello que dependiendo del fin para el cual está destinado el producto final variaran los componentes así como los porcentajes de cada uno de estos.

Un esquema básico para una emulsión cosmética es la siguiente: <sup>2,10</sup>

#### **A. Fase oleosa**

- Emulsificante o mezcla de emulsificantes
- Emolientes
- Ceras
- Principios activos liposolubles
- Antioxidantes
- Agente quelante

#### **B. Fase acuosa**

- Agua purificada
- Humectantes
- Espesante
- Principios activos hidrosolubles

#### **C. Conservadores**

#### **D. Colorante**

#### **E. Sustancias termolábiles**

#### **F. Fragancia (esencia o perfume)**

#### **1.3.1.1. Emulsificantes**

Los agentes emulsificantes juegan un papel muy importante en la estabilidad de una emulsión es por ello, que es de gran utilidad tener algún método para poder clasificarlos. Aunque tales clasificaciones son más bien empíricas y pueden incluso tergiversarse, sin embargo, su utilidad contrapesa sus desventajas.<sup>7</sup>

La clasificación está conformada por tres clases principales de agentes emulsionantes, los cuales son: **agentes tensoactivos, sólidos finamente divididos, polímeros**. En el siguiente capítulo se dará información más detallada sobre las características de cada uno de los grupos mencionados anteriormente.

#### **1.3.1.2. Emolientes**

Son sustancias que se agregan a los cosméticos para suavizar la piel. Funcionan llenando los espacios entre los corneocitos que se descaman y crean una superficie suave. Estos productos proveen mayor cohesión, lo que causa un aplanamiento de los bordes ondulados de los corneocitos individuales. Esto conduce a una superficie más suave y con menos fricción y mayor refracción de la luz.<sup>29</sup> Muchos emolientes actúan como humectantes e hidratantes oclusivos y además ayudan a solubilizar fármacos activos, tales como filtros solares. Pueden ser sustancias líquidas, semilíquidas, lipofílicas de bajo punto de fusión, de origen sintético o natural. La lista de compuestos con acción emoliente es bastante extensa en donde se pueden encontrar ésteres, éteres, alcoholes grasos, hidrocarburos o siliconas y son utilizados en combinaciones entre los mismos, para proveer a la piel una sensación exclusiva, por lo cual, es necesario poner especial atención en su compatibilidad.

Los emolientes se pueden clasificar en:

### 1. Hidrocarburos

- **Vaselina blanca (Petrolato blanco), Vaselina líquida (Petrolato líquido), Parafina.** Son productos obtenidos del petróleo, inmiscibles con agua, insípidos e inodoros. En la piel se extienden y adhieren formando una película que impiden en alto grado la respiración cutánea y el intercambio de calor (efecto oclusivo). Son bien tolerados y entran en la composición de cremas de limpieza, preparados protectores y lubricantes. A concentraciones altas pueden ser agnégénicos.<sup>6</sup>
- **Escualeno-Perhidroescualeno.** El primero es un hidrocarburo líquido presente en el manto lípido cutáneo y en la fracción insaponificable de algunos aceites. El perhidroescualeno, producto de la hidrogenación del anterior, se prefiere por ser más estable. Es un líquido oleoso incoloro e insípido.<sup>6</sup>
- **Cera microcristalina o Cera del petróleo.** Es una mezcla variable de fracciones de hidrocarburos de alto peso molecular, separada de los derivados de petróleo.<sup>6</sup>
- **Ozoquerita.** Es una masa resinosa, fósil que proviene de la vaporación espontánea del petróleo y blanqueada se presenta como un sólido de aspecto ceroso con punto de fusión variable de acuerdo al tratamiento de purificación.<sup>6</sup>
- **Ceresina.** Es la sustancia obtenida por la purificación en condiciones especiales de la Ozoquerita.<sup>6</sup>

## **2. Aceites sintéticos**

Son esteres sintéticos, usualmente obtenidos por la reacción de ácidos grasos con alcoholes. Son insolubles en agua, reemplazan a las grasas y a los aceites de origen natural o mineral. Este tipo de aceites usualmente tienen solamente una cadena de ácido graso y tienen la ventaja de no sufrir procesos de enranciamiento, tienen composición uniforme y buena tolerancia cutánea. Algunos ejemplos son: Miristato de isopropilo, palmitato de isopropilo, triglicéridos de los ácidos caprílico/ caprico, lactato de miristilo, miristato de miristilo, etc. La lista de estos compuestos crece constantemente debido a su gran aceptación dentro de la industria cosmética, lo cual hace imposible enlistar todos.<sup>6</sup>

## **3. Grasas o mantecas**

Fueron hasta el siglo pasado casi las únicas materias primas empleadas en cosmética. Químicamente están conformadas por triglicéridos de ácidos grasos tales como: esteárico, palmítico, oleico, láurico. Pueden ser sólidas o semisólidas según el porcentaje de los distintos triglicéridos y frente al oxígeno y al calor son inestables ya que pueden sufrir autooxidación (enranciamiento).<sup>6</sup>

A continuación se muestran las mantecas de origen vegetal más utilizadas en cosmetología y los ácidos grasos que forman parte de sus triglicéridos.<sup>4</sup>

Tabla 1.1.- Composición de algunas mantecas.

COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS DE ALGUNAS MANTECAS.	
Manteca	Ácidos grasos (porcentaje)
Manteca de karité	Mirístico (inf. 0.5), palmítico (3-8), esteárico (30-40), oleico (41-50), linoleico (4-7), aráquico (0.2-1).
Manteca de copra (aceite de coco)	Láurico (48), mirístico (17), palmítico (9), caprílico (8), cáprico (7), oleico (6), esteárico (2), linoleico (2), capróico (0.5), palmitoleico (0.2), otros (0.3).
Manteca de cacao	Oleico (38.1), esteárico (35.4), palmítico (24.4), linoleico (2.1).

Actualmente el uso de mantecas a crecido de manera sorprendente, ya que los consumidores buscan ingredientes extraídos de fuentes renovables lo cual, ha generado la producción de mantecas como la de almendra, mango, naranja, etc.

#### 4. Aceites vegetales

Son materias primas empleadas en cosmética, por sus propiedades dermatológicas, están conformados por mezclas de triglicéridos los cuales, están constituidos a su vez por ácidos grasos y glicerol.

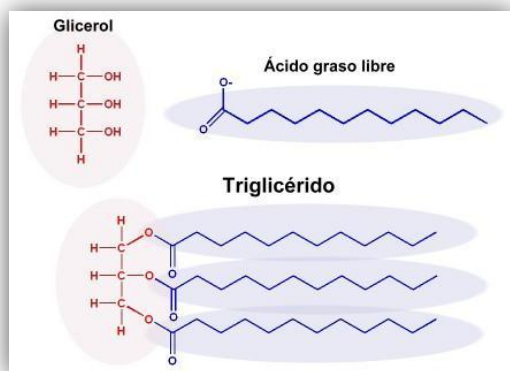


Ilustración 4. Constitución de un triglicérido.

Los aceites que contienen una mayor cantidad de ácidos grasos saturados son más estables y no se oxidan tan rápido como aquellos aceites que contienen una mayor cantidad de ácidos grasos insaturados debido a que los ácidos grasos saturados no tienen dobles enlaces entre los átomos de carbono lo cual, retarda el proceso de oxidación mientras que los ácidos grasos insaturados se arrancian con mayor rapidez debido a que contienen uno o más dobles enlaces entre sus átomos de carbono.<sup>4</sup>

Tabla 1.2.- Composición de algunos aceites vegetales.

COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS DE ALGUNOS ACEITES VEGETALES	
Aceite	Ácidos grasos (porcentaje)
Aceite de almendra dulce	Oleico (69.4), linoleico (17.4), esteárico (6.5), araquídico (1.7), palmitoleico (0.6), otros (4.4).
Aceite de nuez de macadamia	Oleico (57.8), palmitoleico (21.4), palmítico (8.8), linolénico (3.4), araquídico (2.6), esteárico (2.5), mirístico (0.8).
Aceite de semilla de girasol	Linoleico (66.2), oleico (25.1), palmítico (5.6), esteárico (2.2), araquídico (0.9).
Aceite de aguacate	Oleico (62), linoleico (16), mirístico (15.2), palmítico (5.5), linolénico (1), esteárico (0.13).
Aceite de avellana	Oleico (46), linoleico (14.5), palmítico (5.2), esteárico (2), palmitoleico (0.2), mirístico (0.1), otros (2.6).
Aceite de palmiste	Láurico (46.9), oleico (18.5), mirístico (14.1), palmítico (8.8), cáprico (7), caprílico (2.7), esteárico (1.3), linoleico (0.7).

El ácido láurico, mirístico, palmítico, esteárico, caprílico, capróico son ácidos grasos saturados mientras que el ácido oleico y linoleico son ácidos grasos insaturados.

## 5. Ceras

Químicamente son combinaciones de ácidos grasos con alcoholes de alto peso molecular, generalmente son sólidas, con punto de fusión comprendido entre 40 y 90 °C, son liposolubles y son compuestos oclusivos (impermeabilizan la piel). Actualmente, las ceras empleadas en cosmetología se pueden clasificar en cuatro tipos como se muestra en la Tabla 1.3.<sup>6</sup>

Tabla 1.3.-Clasificación de las ceras.

TIPO DE CERAS	
Origen animal	Cera de abeja
	Lanolina
	Propolis o propoleo
Origen vegetal	Carnauba
	Candelilla
	Jojoba
Origen mineral	Ozoquerita
	Parafina
	Microcristalina
	Ceresina
Origen sintético	Carbowax
	Acrawax
	DPE <sup>1</sup>
	Ceras de silicona

<sup>1</sup> DPE: Derivados de propietileno.



## 6. Siliconas y sus derivados.

Son polímeros de alto peso molecular en cuya estructura se alternan los elementos silicio y oxígeno  $n$  veces. Este tipo de siliconas son usadas como emolientes o como hidrorrepelentes y se clasifican de acuerdo a su viscosidad, como se muestra en la Tabla 1.4.<sup>15</sup>

Tabla 1.4.- Categoría de siliconas de acuerdo a su viscosidad.

CATEORÍA	VISCOSIDAD	CARACTERÍSTICAS
Siliconas de baja viscosidad	$\leq 150 \text{ mm}^2/\text{s}$ .	Forman una película suave, no grasa ni pegajosa y presentan excelentes propiedades de repulsión al agua.
Siliconas de media viscosidad	$150 \leq 10,000 \text{ mm}^2/\text{s}$ .	
Siliconas de alta viscosidad	$10,000 \leq 1,000,000 \text{ mm}^2/\text{s}$ .	Forman una película algo grasa, pero se adhieren mejor al sustrato (piel, cabello), lo que permite mantener mejor su lubricidad.

Debido al éxito de las siliconas en la industria cosmética, se han desarrollado compuestos derivados organomodificados, los cuales, se caracterizan por tener grupos orgánicos (principalmente grupos metilo). Este tipo de siliconas modificadas pueden clasificarse en: <sup>15</sup>

- **Siliconas volátiles o ciclosiliconas.** Se utilizan como soportes o disolventes en los productos para el cuidado de la piel y del cabello. Facilitan el peinado y confieren brillo al cabello. En los productos para el cuidado de la piel, protección solar y cosmética decorativa

consiguen que la piel quede tersa, permiten una distribución uniforme de los pigmentos y otros principios activos favoreciendo su aplicación.

- **Resinas de siliconas.** Son siliconas altamente reticuladas utilizadas por su cualidad de formar películas. Se presentan en forma de polvos y soluciones. Se emplean en cosmética decorativa, protección solar y en productos para el cuidado de la piel como fijadores de pigmentos. También se utilizan en productos capilares para dar volumen al cabello y para fijar el peinado.
- **Ceras de siliconas.** Se utilizan en cremas y lociones como modificadores reológicos. En productos para el cuidado de la piel forman una película protectora oclusiva.
- **Agentes emulsificantes de silicona.** Son dimeticonas sustituidas con grupos etoxi, que confieren polaridad a una parte de la molécula convirtiéndolas, en moléculas anfifílicas. Son emulsificantes con un valor de HLB bajo por lo que se utilizan para emulsiones agua/aceite.

#### **1.3.1.3. Ingredientes activos y vía de administración**

Son materiales que la **Food and Drug Administration** (FDA, por sus siglas en inglés) considera que tienen una actividad farmacológica. Por lo tanto, se deben de utilizar en los niveles y para las finalidades que constan en la respectiva monografía. Estos ingredientes no se administran como sustancias químicas puras sino más bien, se utilizan en formas farmacéuticas que varían desde simples soluciones a sistemas de liberación complejos.<sup>2</sup>

Las vías de administración de estos ingredientes pueden ser: Oral, rectal, tópica, parental y respiratoria. En la industria cosmética la vía de administración utilizada es la tópica debido a que por definición un

cosmético es toda aquella sustancia destinada a ser puesta en contacto con las partes superficiales del cuerpo humano. Dentro de este rubro encontramos varias formas como se muestra en la Tabla 1.5.<sup>6</sup>

Tabla 1.5.- Formas cosméticas.

FORMAS FARMACÉUTICAS COSMÉTICAS DE ADMINISTRACIÓN TÓPICA		
Formas cosméticas	Formas líquidas	Leches
		Lociones
	Formas semisólidas	Ungüentos
		Mascaras
		Cremas
		Geles
	Formas sólidas	Sales
		Polvos (compactados)
		Talcos
		Barras
		Jabones (sólidos, polvo)

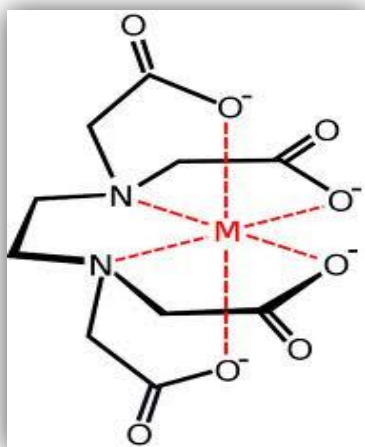


Ilustración 5. Complejo quelato de E.D.T.A. con un metal.

#### 1.3.1.4. Agente quelante

Su función en la emulsión cosmética será la de integrarse con los iones metálicos (hierro, cobre, etc.) que pudieran existir ya que estos pueden desencadenar reacciones de descomposición. En la industria cosmética uno de los agentes quelantes más utilizados es la sal disódica del ácido etilendiamino tetraacético (E.D.T.A.) debido a que forma complejos muy estables con muchos iones metálicos.<sup>11</sup> El E.D.T.A. al igual que otros

agentes quelantes son ligantes polidentados, lo cual significa que el ion metálico (hierro, cobre, etc.) puede ser retenido por más de un sitio

mientras que el resto de los grupos polares del compuesto hacen que sea soluble en agua mediante enlaces por puente de hidrógeno con las moléculas de agua.<sup>17</sup>

#### 1.3.1.5. Antioxidante

Son compuesto químicos utilizados en formulaciones farmacéuticas para evitar la oxidación de lípidos insaturados mediante la inhibición de los radicales libres. Dichos compuestos deben de ser estables y efectivos en un intervalo amplio de pH, estables en su forma oxidada y no deben de ser tóxicos.

Otras consideraciones que se deben de tomar en cuenta para la elección del antioxidante son: <sup>5</sup>

1. **Potencia:** Cada uno de ellos presenta una capacidad o potencia para inhibir la oxidación en un determinado sistema lipídico, lo cual depende de la facilidad de donación de protones de acuerdo con su molécula y el medio que lo rodea.
2. **Solubilidad:** Para que cumplan su función, deben de solubilizarse adecuadamente en la fase lipídica, ya que de otra manera no podrán actuar sobre los radicales libres. Cada uno de estos compuestos tiene una parte hidrofílica/lipofílica que determina su solubilidad. Aquellos que son más hidrofílicos, son adecuados para los sistemas con muy poco agua. Por otra parte los sistemas con un porcentaje elevado de agua, requieren de antioxidantes hidrofóbicos.
3. **Concentración:** Generalmente los niveles de concentración de antioxidante permitidos por las legislaciones son los adecuados para obtener una buena estabilidad de los aceites. Su efectividad varía

según la cantidad que se emplea; tanto un exceso como una deficiencia acarrearán problemas de estabilidad.

4. **Tendencia a la decoloración:** Los antioxidantes pueden oxidarse, polimerizarse y generar compuestos ligeramente oscuros; esta transformación se acelera con la luz y las altas temperaturas, pero generalmente no disminuyen su poder protector.
5. **Temperatura del proceso:** Cada antioxidante tiene una temperatura a la que se volatiliza, lo cual es necesario tomar en cuenta en procesos en caliente.
6. **Adición fuera de tiempo:** La acción de los antioxidantes es preventiva. Debido a que no tienen efecto en las grasas oxidadas. Por ello, deben de ser añadidas antes de que aparezcan los primeros indicios de autooxidación.

Los antioxidantes usados en cosmética pueden clasificarse en:

#### **Antioxidante de origen natural:**

1. **Ácido ascórbico.** Para la estabilización de la fase grasa se emplea su forma liposoluble: el palmitato de ascorbilo. Dicho compuesto tiene el inconveniente de disolverse en las grasas y aceites a temperaturas entre 105°C-110°C, a 113°C alcanza su punto de fusión y si existe presencia de oxígeno puede descomponerse.<sup>2</sup>
2. **Tocoferoles.** Son monoésteres de la hidroquinona con cadena lateral lipófila, presentes naturalmente en cantidades óptimas, en los aceites vegetales brutos. Los productos naturales de extracción se dividen en

$\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ -tocoferoles, que tienen acciones similares y producen efectos análogos a la vitamina E.<sup>18</sup>

**3. Lecitina.** No es muy utilizado en cosmética debido a que contiene ácidos grasos altamente insaturados, por lo que llega a funcionar como prooxidante cuando está en concentraciones elevadas.<sup>5</sup>

Los compuestos mencionados anteriormente se encuentran en concentraciones bajas y su efectividad como antioxidante es muy pobre; en muchos casos es preciso recurrir a sustancias de origen sintéticos:

#### **Antioxidantes de origen sintético:**

**1. Butilhidroxianisol:** Es una mezcla de los isómeros 2-tert-butil-4-hidroxianisol y 3-tert-butil-4-hidroxianisol, se presenta en forma de cristales u hojuelas cerosos de color blanco o amarillo claro y olor ligero. En ocasiones tiende a colorearse de rojizo o marrón en presencia de sales alcalinas, pero este fenómeno no afecta sus propiedades.<sup>18</sup>

**2. Esteres de ácido gálico:** El ácido gálico o trioxibenzoico posee notables propiedades antioxidantes pero no se emplea, por su escasa solubilidad en las grasas y por su toxicidad, es por ello, que se lleva a cabo la esterificación del grupo carboxílico del ácido gálico obteniendo productos solubles en grasas y con un alto poder antioxidante. Entre los esteres más utilizados en cosmética son:

- **Propilgalato (PG).** Es particularmente eficaz para la conservación de las grasas animales, de los aceites, de los ácidos grasos y de todos los compuestos sujetos a autooxidación. Se emplea la dosis de 0.01 % w/v.<sup>18</sup>

- **Octilgalato (OG).** Posee acción fungistática, además de antioxidante, similarmente al DG y como éste, se usa a la concentración de 0.005-0.03 % w/v.<sup>18</sup>
- **Dodecilgalato (DG).** Se emplea para la conservación de los aceites vegetales en porcentajes de 0.005 % w/w mezclado con 0.01 % w/w de BHT en la conservación de pomadas y oleolitos.<sup>18</sup>

**3. Butilhidroxitolueno (BHT O 2,6-Di-*terc*-butil-4-metilfenol):** Es un compuesto cristalino incoloro, insoluble en agua, soluble en grasas, tiene propiedades similares al Butilhidroxianisol (BHA). Es uno de los antioxidantes más utilizado en la formulación de emulsiones cosméticas ya que una vez que se ha oxidado, no puede reaccionar debido al impedimento estérico generado por los radicales *ter*-butilo de la molécula como se muestra en la ilustración 1.3-3. Se emplea en dosis del 0.05-0.03 % w/w como antioxidante para aceites, grasas animales, cosméticos emulsionados, superengrasantes para cosméticos pulverulentos.<sup>18</sup>

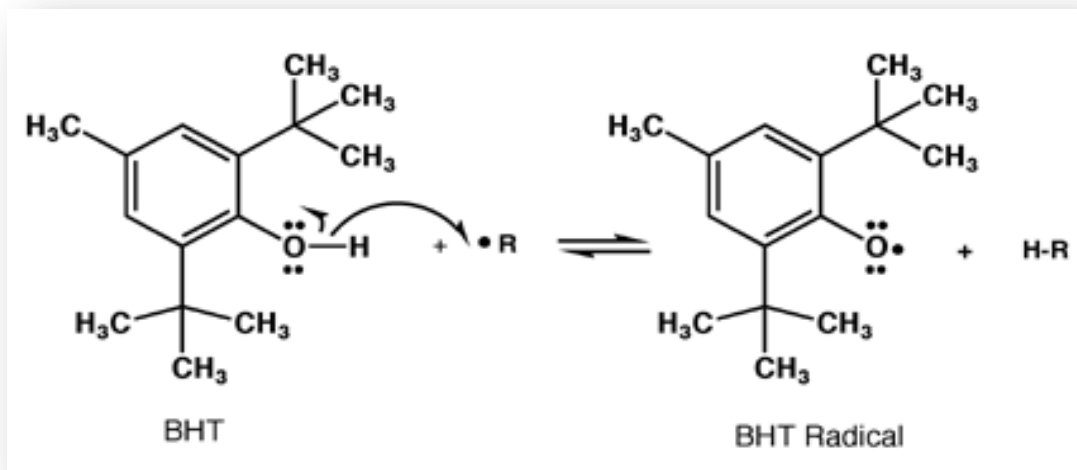


Ilustración 6. Oxidación del 2,6-Di-*terc*-butil-4-metilfenol (BHT).

### 1.3.1.6. Espesantes

Existen diversos agentes espesantes utilizados en las emulsiones y pareciera que su única función es la de espesar. Sin embargo, su función principal es mejorar la estabilidad de la emulsión. Entre sus otras funciones están: la suspensión de materiales particulados y alterar las características de remoción.

Estos compuestos pueden ser clasificados en compuestos de origen natural, semisintético y sintético. Entre los espesantes de origen natural utilizados en cosmética son las gomas, estas se han empleado para la estabilización de emulsiones desde hace mucho tiempo son más eficaces como estabilizantes de emulsiones aceite en agua. Operan principalmente como emulsionantes auxiliares, a través del aumento de la viscosidad.

- **Goma arábica.** Este producto también recibe el nombre de goma acacia o goma mimosa, ya que se obtiene al remover la corteza de árboles como Acacia Senegal, su peso molecular varía entre 300 a 800 kDa<sup>2</sup>. En estado natural es una molécula compacta. La influencia de sus grupos ácidos hace que la viscosidad de sus dispersiones se vea afectada por la adición de ácidos o de álcalis, y por la presencia de cationes. Dos de sus características principales son su alta solubilidad (hasta un 50 %) y la baja viscosidad que desarrolla; a diferencia de las demás gomas, las soluciones de la goma arábica tiene un comportamiento newtoniano en concentraciones hasta del 40%, pero cuando se sobrepasa este porcentaje, desarrolla las características pseudoplásticas que tienen la mayoría de las gomas.<sup>5</sup>

---

<sup>2</sup> kDa=kiloDalton



- **Goma guar.** Se obtiene del endospermo de la semilla leguminosa *Cyamopsis tetragonolobus*, su peso molecular es variado, pero el promedio se considera de 220 000 Daltons. Es soluble en agua fría y su solubilidad aumenta al disminuir el tamaño de partícula de la goma. Carece de grupos ionizables, lo cual lo hace prácticamente inalterable a los cambios de pH, ya que es estable en el intervalo de 1.0-10.5, pero su máxima capacidad de hidratación se alcanza a pH de 7.5-9.0. La adición de altas concentraciones (>5.0% w/w) de sales multivalentes hace que se produzcan geles. Al hidratarse en agua fría forma dispersiones coloidales viscosas con características tixotrópicas. La presencia de sales la afecta poco, ya que está conformada por azúcares neutros.<sup>5</sup>
- **Goma tragacanto.** Es el exudado de varias especies de árboles *Astragalus* tal como *A. gummifer*, de la familia de las leguminosas y está constituida por dos fracciones: una soluble en agua llamada tragacantina y otra insoluble, que es la basorina. Sus dispersiones presentan viscosidades generalmente muy superiores a las logradas con otras gomas; la adición de ácidos, álcalis o NaCl reduce la viscosidad y sus geles son susceptibles de ataque microbiano.<sup>5</sup>
- **Goma xantano.** Heteropolisacárido ramificado sintetizado por diferentes especies de bacterias *Xanthomonas*, principalmente *X. campestris*, que produce la goma como una cobertura de protección. Después de su producción el medio se pasteuriza y se separa por la filtración el microorganismo. Es una goma pseudoplástica, soluble en agua fría o caliente, y forma soluciones muy viscosas estables en un rango de pH de 1-9 así como a la presencia de diversas sales en el medio; produce soluciones traslúcidas aún a altas concentraciones, es

resistente a la degradación enzimática, es compatible con otras gomas.<sup>5</sup>

Los espesantes semisintéticos se elaboran a partir de un polímero natural que se somete a alguna transformación física o química; en esta categoría están los derivados celulósicos entre los cuales se encuentran las metilcelulosas, la oxietilcelulosas y la carboximetilcelulosas. Estos productos se caracterizan por su gran resistencia química frente a ácidos y bases, son muy solubles en agua y en álcalis.<sup>7</sup>

En el tercer grupo (sintéticos) podemos encontrar una gran variedad de polímeros que pueden actuar como modificadores reológicos o como agentes emulsificantes como se verá en el siguiente capítulo. Sin embargo, existe un grupo muy importante dentro de los polímeros. Dichos Polímeros son conocidos como carbomeros los cuales son una serie de polímeros de ácido acrílico, los cuales son dispersables en agua pero insolubles en ella. Una vez que el polímero se dispersa en el agua, comienzan a hidratarse y a desenrollarse parcialmente. Una vez que se ha dispersado se hace reaccionar con álcalis o aminas para dar geles de buena estabilidad y alta viscosidad.<sup>20</sup>

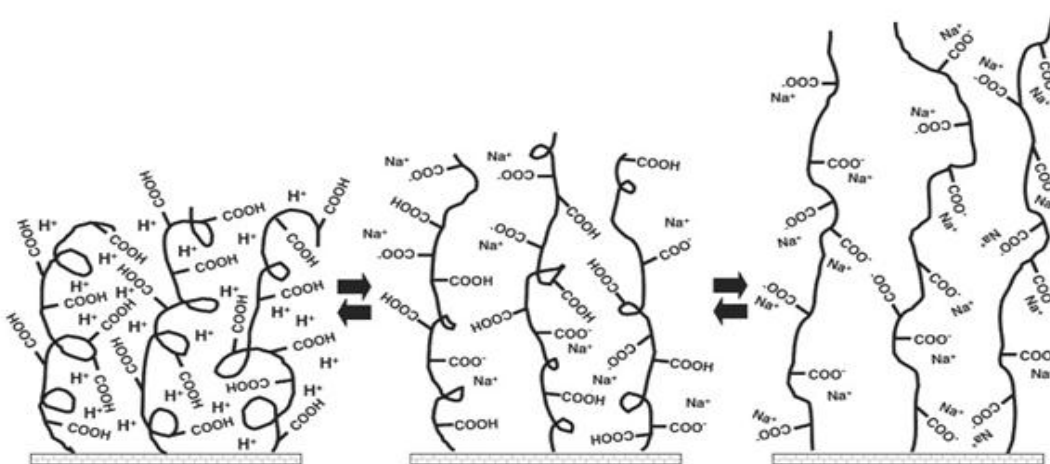


Ilustración 7. Proceso de hidratación y neutralización de un carbomero.

#### 1.3.1.7. Agua

Antiguamente, los cosméticos se fabricaban con agua potable que no había sido purificada posteriormente. No obstante, la industria cosmética ha hecho esfuerzos para disminuir la cantidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos que contiene el agua para mejorar la estabilidad del producto final. Actualmente en muchos países siguen en su mayoría, los estándares definidos por la farmacopea de los Estados Unidos (USP, por sus siglas en ingles) y en algunos casos, también los de la farmacopea europea (EP, por sus siglas en ingles).<sup>12</sup>

Actualmente se usa agua con baja concentración de sólidos, sales y minerales disueltos y debe de estar libre de contaminantes biológicos, sin embargo, se debe de tener en cuenta que las características mínimas de calidad del agua utilizada en la industria cosmética deben de ser definidas en función de cada tipo de aplicación, proceso de fabricación y características del producto.<sup>11</sup>

En el campo de las emulsiones cosméticas la presencia de grandes concentraciones de iones inorgánicos como el magnesio y el zinc, pueden conducir a la separación de las fases y aunque no se ocasione una separación completa, la presencia de tales iones en la fase acuosa puede ocasionar características completamente imprevistas sobre la viscosidad de la crema o loción. Otro aspecto de vital importancia, es la presencia de microorganismos ya que si se introducen microorganismos en cosméticos y se les deja proliferar, el resultado es la inutilización del producto debido al desarrollo de olores desagradables, colonias visibles de bacterias,

mohos u hongos y finalmente por la posible separación de las fases (en el caso de las emulsiones).<sup>3</sup>

Tabla 1.6. Especificaciones para la calidad de agua según la USP y la EP.

	Agua purificada		Agua altamente purificada	
	USP	EP	USP	EP
<b>Proceso de purificación</b>	Destilación, osmosis inversa y cualquier otro proceso adecuado.	Destilación, intercambio iónico, osmosis inversa y cualquier otro proceso adecuado.	N/A	Doble paso de osmosis inversa junto con otra técnica tales como ultrafiltración y desionización.
<b>Conductividad</b>	≤1.3 μS/cm a 25 °C	≤4.3 μS/cm a 25 °C	N/A	≤1.1 μS/cm a 25 °C
<b>Bacterias</b>	100 cfu/ml (sugerido)	<100 cfu/ml	N/A	<10 cfu/100 ml
<b>TOC</b>	500 ppb	≤0.5 mg/L	N/A	0.5 mg/L
<b>Ph</b>	5-7	5-7	N/A	5-7
<b>Nitratos</b>	N/A	≤0.2 ppm	N/A	≤0.2 ppm
<b>Metales pesados</b>	N/A	≤0.1 ppm	N/A	≤0.1 ppm
<b>Aluminio</b>	N/A	≤0.1 ppm (si es usado en la fabricación de soluciones para diálisis)	N/A	≤0.1 ppm (si es usado en la fabricación de soluciones para diálisis)

### 1.3.1.8. Agentes hidratantes

Muchas veces los mecanismos naturales de hidratación cutánea no son suficientes por sí mismos para mantener la piel en un estado óptimo de hidratación, es por ello, que se hace uso de agentes hidratantes que permitan restablecer la hidratación cutánea correcta. Este tipo de agentes puede dividirse en dos categorías debido a su modo de acción de cada uno de estos grupos:

– **Agentes oclusivos.**

Estas sustancias actúan formando una barrera oclusiva en la capa hidrolipídica, disminuyendo los valores de la pérdida de agua transepidérmica (TEWL, por sus siglas en inglés).<sup>19</sup> Los emolientes mencionados anteriormente constituyen este grupo.<sup>14</sup>

– **Agentes humectantes.**

Son materiales hidrosolubles con gran capacidad de absorción de agua. Son capaces de atraer agua de la atmosfera (si la humedad atmosférica es mayor del 80%  $w_w/w_A$ <sup>3</sup>) y de la epidermis subyacente. A pesar de que los humectantes pueden captar agua del ambiente para contribuir a la hidratación de la piel, en condiciones de baja humedad pueden absorber agua de la epidermis profunda y de la dermis, lo que resulta en una mayor sequedad de la piel. Por esta razón son más efectivos cuando se combinan con agentes oclusivos. Los humectantes aportan agua a la piel, que causan una leve hinchazón del estrato córneo que da una percepción de piel más suave y menos arrugada.<sup>29</sup>

En la Tabla 1.7 se puede observar los criterios que se deben de tomar en cuenta en el momento de seleccionar el agente humectante.<sup>14</sup>

---

<sup>3</sup>  $w_w/w_A$  = Masa de vapor de agua/Masa de aire seco

**Tabla 1.7.- Criterios que debe de cumplir el humectante ideal para formulaciones cosméticas.**

Viscosidad	Un humectante de baja viscosidad se incorpora más fácilmente a las formulaciones; no obstante, si su viscosidad es más elevada, actúa como agente reológico, ayudando a prevenir el cremado o separación de emulsiones, o la sedimentación de suspensiones.
Índice de viscosidad	La curva de viscosidad-temperatura debe ser relativamente plana, a fin de no interferir en posibles cambios de textura en el preparado que lo integra.
Compatibilidad	Debe de ser compatible con una amplia gama de materias primas (son deseables propiedades disolventes o solubilizantes).
Propiedades organolépticas	No deben conferirle color, olor ni sabor desagradable a la formulación.
Toxicidad	El humectante no debe de ser tóxico ni irritante.
Corrosión	No debe de ser corrosivo para los materiales del envase.
Estabilidad	El humectante no debe de ser volátil, no debe solidificarse ni cristalizarse en condiciones normales de temperatura.
Reacción	Debe de ser preferentemente una sustancia neutra.

Las sustancias con acción humectante más utilizados en cosmética son los siguientes: glicerina, ácido láctico, D-pantenol, propilenglicol, sorbitol, urea, butilenglicol. Estos ingredientes no deben de ser utilizados directamente sobre la piel, sino que deben ser añadidos a la formulación de los productos cosméticos debido a su alto poder higroscópico.<sup>7</sup>

### 1.3.1.9. Conservadores

Se describen como sustancias o preparados químicos que se añaden a los cosméticos durante el proceso de fabricación con la finalidad principal de:

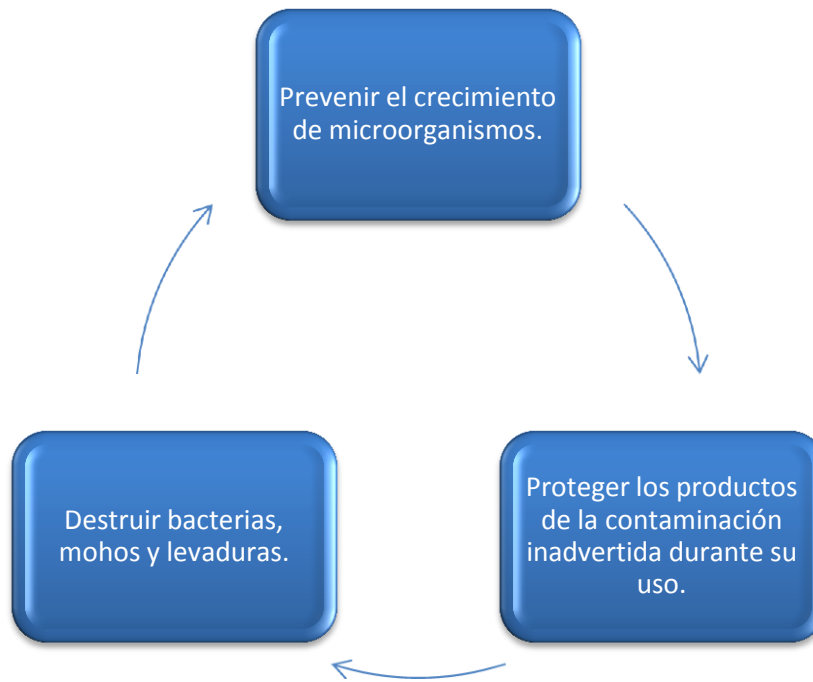


Ilustración 8. Función de un conservador.

Estas sustancias o preparados deben de cumplir una serie de requisitos esenciales: <sup>3</sup>

1. Ausencia de efectos tóxicos, irritantes o sensibilizantes a las concentraciones utilizadas en la piel, membranas mucosas y en caso de productos administrados oralmente, al tracto gastrointestinal.
2. Estabilidad al calor y almacenamiento prolongado.
3. Ausencia de incompatibilidad total con otros ingredientes en la fórmula y con el material de acondicionamiento, que pudiera originar la pérdida de efecto antimicrobiano.

Tienen que ser activos a bajas concentraciones, retener su efecto en un intervalo amplio de pH, ser efectivo frente a una gran gama de microorganismos, soluble a su concentración de eficacia, sin olor o color que puedan interferir a las características del producto y no deben ser volátiles; etc.<sup>3</sup>

Tabla 1.8.- Conservadores.

Familia	Conservadores	% <sup>4</sup>
Alcoholes	Etanol	60 % v/v
	Bencílico	1.0% w/w
	Isopropanol	70 % v/v
	2,4-diclorobencílico	0.15 % w/w
Derivados fenólicos	Triclosan	0.3 % w/w
	Fenoxietanol	1.0 %w/w
Ácidos	Fórmico	0.50 % w/w
	Salicílico y sus sales	2.0 % w/w
	Benzoico y sus sales	0.5 % w/w
	Propiónico y sus sales	2.0 % w/w
Donadores de formaldehído	Cuaternio-15	0.20 % w/w
	Diazolidinil Urea	0.50 % w/w
	DMDM hidantoína	0.60 % w/w
	Imidazolidinil Urea	0.50 % w/w
	Bromonitrodioxano	0.10 % w/w
	Bromonitropropanodiol	0.10 % w/w
Ácido p-hidroxibenzoico, sus sales y sus ésteres	Butilparabeno	0.8 % w/w
	Metilparabeno	0.8 % w/w
	Etilparabeno	0.8 % w/w

<sup>4</sup> % Máximo permitido por la secretaría de salud con excepción del etanol y el isopropanol, el porcentaje de estos últimos compuestos dependerá del tipo de formulación.



#### **1.3.1.10. Sustancias termolábiles**

Son sustancias que se descomponen o se desnaturalizan por el calor, perdiendo generalmente su actividad, es por ello que se deben de agregar a bajas temperaturas o a la temperatura establecida por el proveedor.

#### **1.3.1.11. Colorantes**

Aunque muchas emulsiones son blancas existen algunas con adición de color ya que, el color puede ayudar a armonizar el producto final con los atributos que se le atribuyan, también se pueden añadir para esconder alguna decoloración causada por la adición de algún ingrediente. Actualmente existe una gran variedad de colorantes y su uso se encuentra controlado por los gobiernos de cada país mediante la creación de listas de colorantes autorizados para evitar el uso de pigmentos que contengan compuestos nocivos para el ser humano. Es por esta razón que el formulador debe de asegurarse que el colorante o colorantes que seleccione para su formulación debe de encontrarse en la lista emitida por las autoridades correspondientes del país o países al que va dirigido el producto final ya que existen diferencias en cada listado.

La regulación de los colorantes comenzó en el año de 1887 en Alemania con la promulgación de la ley Color Law, la cual, fue emitida para prohibir los pigmentos que contenían metales pesados, posteriormente en 1906 Australia promulgó una ley sobre colorantes semejante a la de Alemania pero esta lista no sólo prohibía el uso de pigmentos con metales pesados, sino también, la regulación sobre colorantes de alquitran de hulla y para el año de 1907 en Estado Unidos de Norteamérica enlistaron los colorantes permitidos para alimentos pero no fue sino hasta 1938 que promulgaron la Federal Food, Drug and Cosmetic Act la cual, esbozó por primera vez los colorantes de uso

cosmético, farmacéutico y alimenticio, sin embargo, fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial que las organizaciones científicas de las principales potencias intensificaron sus esfuerzos para copilar y publicar los estudios dermatológicos y toxicológicos de los colorantes que se utilizaban en aquel entonces.<sup>19</sup> La Food and Drug Administration (FDA) establece en su capítulo VII, sección 721 de su reglamento, que todos los colorantes de uso cosmético, alimenticio y farmacéutico (con excepción de los tintes de alquitran de hulla para el cabello) están sujetos a aprobación. Además, también se encarga de la regulación de los anuncios de radio, televisión e imprenta así como de los empaques de los cosméticos.

Clasificación de los colorantes de acuerdo con la FDA: <sup>16</sup>

**Colorantes sujetos a certificación:** Estos colorantes son principalmente derivados del petróleo y son conocidos como colorantes de alquitran de hulla (coal-tar dyes) o colorantes orgánicos sintéticos (synthetic-organic colors).

- Estos colorantes (con excepción de los tintes de alquitran de hulla para el cabello) no deben usarse a menos que la FDA certifique que el lote en cuestión ha pasado el análisis de su composición y pureza en los laboratorios de la FDA. Si el lote no está certificado por la FDA, no debe de ser utilizado.
- Los colores certificados generalmente tienen nombres conformados por un prefijo, un color y un número. Los prefijos son: **FD&C** (se puede usar en alimentos, fármacos y cosméticos), **D&C** (se puede usar en fármacos y cosméticos), o **ext D&C** (se puede usar en fármacos y cosméticos de uso externo). Un ejemplo es "FD&C

Amarillo No.5". Los colores certificados también pueden ser identificados mediante el nombre del color y el número, sin el prefijo, como por ejemplo: Amarillo 5.

**Colorantes exentos de certificación:** Estos colorantes son obtenidos principalmente de minerales, plantas y animales sin embargo, aunque se encuentren exentos de certificación siguen considerándose colores artificiales y cuando son utilizados en productos cosmético deben de cumplir con los requerimientos establecidos en el Code of Federal Regulations en su artículo 21, sección 73.

**Straight color:** Se refiere a cualquier colorante que se encuentre en el listado del Code of Federal Regulations en su artículo 21, sección 73, 74, y 81.

**Lacas:** Se denomina laca a un color extendido en un substrato por adsorción, coprecipitación o combinación química, son insolubles al agua por lo cual son utilizados en cosméticos como lápices labiales. Como con cualquier otro color, es importante checar el listado de aditivos por uso (Summary of Color Additives for Use in the United States in Foods, Drugs, Cosmetics, and Medical Devices) para estar seguros de que se están usando de forma adecuada.

Las compañías establecidas en México no solamente tienen que cumplir con los acuerdos de la FDA sino también deben de cumplir con los acuerdos de la Secretaría de Salud (SSA) de México mediante los cuales se dan a conocer las sustancias prohibidas y restringidas en la elaboración de productos de perfumería y belleza.

### 1.3.1.12. Fragancia

El término fragancia está relacionado al perfume u olor producido por una sustancia o mezcla de sustancias, de origen natural o sintético. Es un punto fundamental en el desarrollo de un nuevo producto cosmético, pues la misma necesita ser armonizada con los atributos del producto y con las expectativas del consumidor, es decir, su función va más allá de la necesidad de enmascarar el posible olor desagradable de algunos ingredientes utilizados en la formulación.

El material aromático para la formulación de fragancias se presenta de muchas formas y en muchos niveles de intensidad es por ello que la siguiente clasificación está pensada como introducción general a la familia de los ingredientes de la perfumería:

#### – **Aceites esenciales.**

Forman la categoría más extensa de materiales olorosos y la más fácil de encontrar, gracias a la popularidad de la aromaterapia. La mayoría de los aceites esenciales se extraen mediante procesos de destilación por vapor, mientras que algunas otras que se deterioran rápidamente bajo la influencia del calor y del vapor se extraen con disolventes volátiles. Los aceites esenciales rectificadas se destilan dos veces para sacar el color, el agua, el material resinoso y las impurezas.<sup>22</sup>

#### – **Resinas y bálsamos.**

Las resinas son las gomas viscosas sólidas o medio sólidas que proceden de árboles como el olíbano y la mirra o líquenes secos que crecen en las cortezas de los árboles, como la pulmonaria del roble.

Los bálsamos son materiales brutos resinosos, medio sólidos o viscosos exudados de los árboles, son obtenidos generalmente mediante incisiones en la corteza. Suelen tener olor a canela o

vainilla. Son casi totalmente solubles en alcohol y, al igual que las resinas, ayudan a fijar un perfume y hacer que dure.<sup>22</sup>

– **Concretos y absolutos.**

Los aceites naturales de flores son destilados de flores frescas mediante extracción con disolvente. Puesto que las flores desprenden una gran cantidad de material ceroso, el proceso produce el llamado concreto, que es medio sólido. Los concretos tienen un gran poder de permanencia, pero su aroma es suave. Aunque no son completamente solubles en alcohol, son perfectos para elaborar perfume sólido.<sup>22</sup>

Al extraer las ceras y otros sólidos, un concreto se puede transformar en un absoluto, una esencia líquida de alta concentración totalmente soluble de alcohol.

– **Sustancias olorosas animales.**

Estas sustancias son relativamente pocas. Están constituidas por excreciones glandulares (almizcle, castóreo, civet, ámbar gris).

Tienen en común una gran persistencia e intensidad de olor, que una parcial saponificación alcalina de los materiales naturales hace más agradable y rica. De por sí, las sustancias olorosas son generalmente de tonalidad fecal. En pequeñas dosis, bajo la forma de resinoides, tinturas y alcoholitos compuestos, completan la tonalidad de fondo de las composiciones perfumadas y aumentan su persistencia.<sup>18</sup>

Los perfumes comerciales formulados con los compuestos anteriormente mencionados pueden clasificarse en las siguientes familias: floral, oriental, Chipre, verde y cítrico, aunque también se pueden encontrar familias tales como: madera, floriental, fougère.<sup>32</sup>

Internacionalmente, los estándares de calidad y seguridad de las materias primas utilizadas en la elaboración de las fragancias y de los aromas son divulgados por organizaciones como: <sup>12</sup>

- **International Fragrance Association (IFRA)**: Representa al sector de fragancias
- **International Organization of the Flavour Industry (IOFI)**: Representa al sector de los aromas.

Ambas financian e implementan programas científicos que tienen por objeto establecer las buenas prácticas de fabricación y así garantizar el uso seguro de sus productos. Mientras que en México se debe de cumplir con los acuerdos establecidos por la Secretaría de Salud (SSA) de México sobre las sustancias prohibidas y restringidas en la elaboración de productos de perfumería y belleza.

## Capítulo 2

### AGENTES EMULSIFICANTES

En la actualidad, un gran número de industrias hacen uso de agentes emulsificantes con la finalidad de desarrollar artículos tales como: adhesivos, cosméticos, alimentos, productos de limpieza, pinturas, medicamentos, jabones, etc. Ya que, dichos compuestos tienen la capacidad de retardar la separación de las fases de cada uno de los productos mencionados anteriormente, mediante la formación de una capa alrededor de las gotas de la fase interna.

La aplicación de los agentes emulsificantes en las diferentes áreas de la industria ha generado una gran gama de estos compuestos con características físicas y químicas que se adecuan al proceso y al producto final a desarrollar. Es por ello que se hace necesario clasificar estos compuestos para guiar al químico formulador a seleccionar el agente emulsificante que mejor se adecue a las necesidades de su formulación, actualmente, dichos agentes emulsificantes se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- 1. Agentes tensoactivos.**
- 2. Sólidos finamente divididos.**
- 3. Agentes poliméricos.**

Se debe de tener en cuenta que tales clasificaciones son arbitrarias debido a que pueden existir agentes emulsificantes con características de al menos dos de los grupos mencionados anteriormente.

## 2.1. Agentes tensoactivos

Son moléculas que poseen simultáneamente afinidad por el agua y afinidad por el aceite, debido a que la molécula contiene uno o varios grupos hidrófilos (parte polar) y uno o varios grupos lipófilos (parte no polar). Es por ello que también se denominan sustancias anfifílicas.

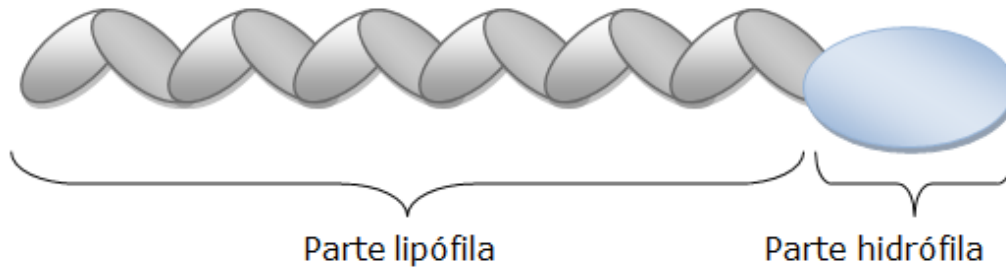


Ilustración 9. Representación de un tensoactivo (molécula anfifílica).

Existen diferencias entre las moléculas de cada uno de los tensoactivos debido a la naturaleza del grupo o grupos hidrofílicos que conforman a la molécula. Gracias a estas diferencias los agentes tensoactivos pueden ser agrupados en 4 grupos, los cuales son<sup>23</sup>:

1. **Tensoactivos aniónicos.**
2. **Tensoactivos catiónicos.**
3. **Tensoactivos no iónicos.**
4. **Tensoactivos anfóteros.**

Los tensoactivos que constituyen cada uno de los grupos están muy arraigados en cosmética y en los diferentes productos de tocador debido a los múltiples usos que pueden tener como consecuencia de sus diferentes propiedades, las cuales pueden ser<sup>3</sup>:



**1. Detergente.** Implica la remoción de la suciedad mediante la emulsificación de las grasas, por ejemplo, en shampoos y jabones de tocador.

**2. Humectante.** La función del tensoactivo es disminuir el ángulo de contacto entre la disolución y el sustrato debido a que abate la tensión interfacial de la disolución.

**3. Espumante.** Los tensoactivos tienen la finalidad de estabilizar las dispersiones de un gas dentro de un líquido debido a que las burbujas de aire se encuentran en el interior de películas delgadas llamadas lamelas, por ejemplo, espumas para baño y champús.

**4. Emulsificante.** El tensoactivo estabiliza una emulsión mediante la disminución de la tensión interfacial y adsorberse en la interfase de los líquidos inmiscibles, por ejemplo, cremas corporales o capilares.

**5. Solubilizante.** Son utilizados para solubilizar un componente insoluble, por ejemplo, perfumes o saborizantes.

Los tensoactivos poseen muchas de estas propiedades, pero no todas ellas con la misma intensidad debido a que ciertos tensoactivos son detergentes, humectantes y espumantes, mientras que otras son preferentemente emulsionantes, dispersantes o solubilizantes.

### 2.1.1. Tensoactivos aniónicos

Son compuestos que se caracterizan por tener un grupo hidrofóbico (cadena hidrocarbonada) y un grupo hidrofílico (grupo aniónico). Algunos ejemplos son: Jabones de ácidos grasos ( $RCOO^-M^+$ ), Alquil sulfanatos ( $RSO_3^-M^+$ ), Alquil sulfatos ( $ROSO_3^-M^+$ ), donde  $M^+$  representa un catión, generalmente sodio ( $Na^+$ ), potasio ( $K^+$ ), amonio ( $NH_4^+$ ) o una base orgánica.<sup>33</sup> Son de fácil solubilidad en agua, poseen muy buenas propiedades espumantes y humectantes. Son empleados en la preparación de shampoos, tinturas capilares, productos para el aseo corporal, crema de afeitar, dentífricos, etc.<sup>6</sup>

### 2.1.2. Tensoactivos catiónicos

En estos compuestos la porción hidrofílica lleva una carga positiva (+). En solución acuosa son incompatibles con los aniónicos, pues se neutralizan y pierden actividad, sus propiedades espumantes y humectantes son menores que los aniónicos, sin embargo tienen buenas propiedades suavizantes ya que al interactuar con una fibra forma una superficie hidrófoba sobre esta, desplazando el agua que esta interactuando con los grupos polares de la fibra. En esta clasificación se agrupa a una gran variedad de compuestos orgánicos nitrogenados, conocidos como "compuestos cuaternarios de amonio" que responden a la fórmula general:

$[R_4N^+]X^-$  Donde R representa a grupos hidrofóbicos de  $C_{10}$  a  $C_{18}$  y X representa un halógeno (cloro, bromo).<sup>6</sup>

### 2.1.3. Tensoactivos no iónicos

En este grupo se encuentran una gran variedad de éteres y ésteres orgánicos, en cuyas moléculas los grupos polares no son ionizables, careciendo por lo tanto de atracción eléctrica. Los compuestos de mayor importancia en este grupo derivan del óxido de etileno con grupos

hidrofóbicos de 10 a 18 átomos de carbono y un número variable de moles de óxido de etileno. Son utilizados principalmente como agentes emulsionantes para la elaboración de cremas, lociones, y como agentes solubilizantes en perfumes.<sup>6</sup>

#### **2.1.4. Tensoactivos anfóteros**

Se caracterizan por su capacidad para formar un ion tensoactivo con cargas tanto positivas como negativas debido a que su estructura contiene un grupo ácido y un grupo básico de tal manera que su actividad está regulada por el pH del medio. A valores de pH básicos actúan preferentemente como tensoactivos aniónicos mientras que a pH ácidos actúan como tensoactivos catiónicos. Se utilizan en la elaboración de shampoo para bebés, por tener una acción suavizante sobre la piel y cabello, y un índice de irritación prácticamente nulo. La cadena de hidrocarburos de este tipo de tensoactivos está conformada de 12 a 18 átomos de carbono.<sup>3, 6</sup>

#### **2.2. Sólidos finamente divididos**

Pequeñas partículas sólidas pueden estabilizar las emulsiones si poseen afinidad por las fases que conforman la emulsión y si son mojados por dichas fases, formando una película interfacial. La película interfacial sirve como barrera mecánica previniendo la coalescencia de las gotas. Aunque los sólidos generalmente no son suficientes para estabilizar las emulsiones permiten reforzar la efectividad de otros emulsificantes.

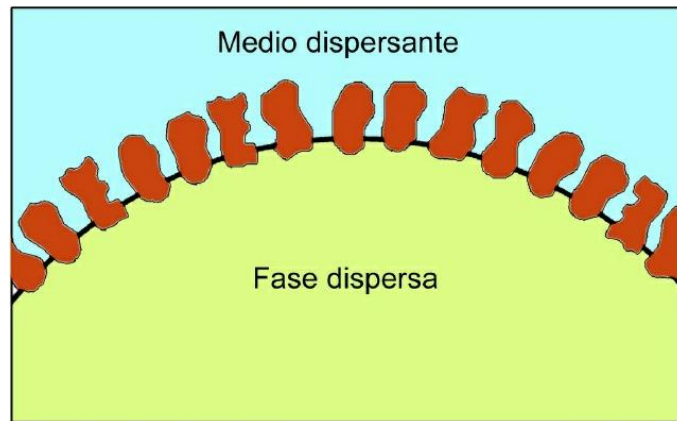


Ilustración 10. Sólido finamente dividido.

La estabilización con sólidos está relacionada con la energía requerida para repeler las partículas adsorbidas de la interfase. Esta energía depende fuertemente del ángulo de contacto entre los dos líquidos y las partículas sólidas.

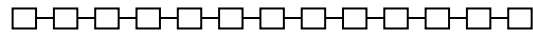
El tipo de emulsión obtenido depende del grado en el que las partículas del sólido son mojadas preferencialmente por la fase acuosa o la fase oleosa, es decir; esto indica que si los sólidos tienen una mayor afinidad por la fase acuosa tienden a formar emulsiones O/W mientras que los sólidos que tienen una mayor afinidad por la fase oleosa forman emulsiones W/O.

### 2.3. Polímeros

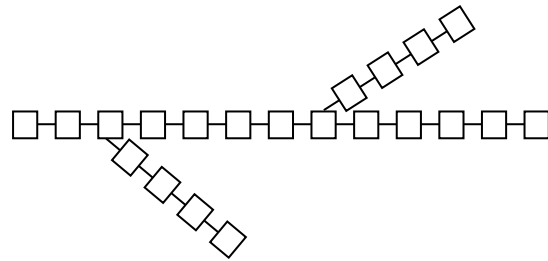
Un polímero es un compuesto macromolecular orgánico el cual está constituido por la repetición de pequeñas unidades químicas simples, se obtiene por procesos de polimerización: policondensación, poliadición o copolirreacción, y sus combinaciones, mediante reacciones químicas sucesivas o simultaneas, bajo condiciones definidas, se clasifican en:

- **Homopolímeros:** Los monómeros que constituyen la cadena de este tipo de polímeros son idénticas y pueden formar cadenas rectas o ramificadas.<sup>1,28</sup>

Homopolímero lineal

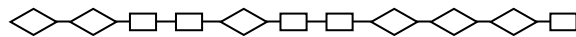


Homopolímero ramificado

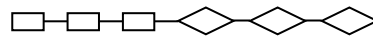


- **Heteropolímeros o copolímeros:** Este tipo de polímeros está compuesto por más de una clase de monómeros. Dichos monómeros pueden crear estructuras aleatorias, por bloques o también pueden crear polímeros en cuya estructura se encuentre injertado algún homopolímero a la cadena principal.<sup>1,28</sup>

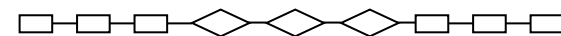
Copolímeros aleatorios



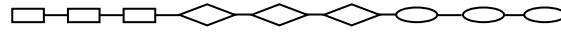
Copolímeros en bloque (A-B)



(A-B-A)

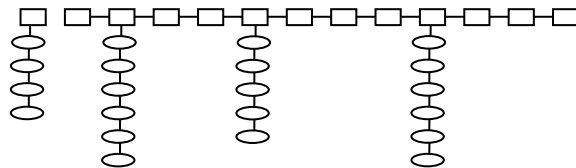


(A-B-C)



Copolímeros injertados

(Estos pueden ser homopolímeros o copolímeros)



- **Polímeros entrecruzados:** Se caracterizan porque sus cadenas están unidas unas con otras a través de fuertes enlaces covalentes formando una red tridimensional.<sup>1,28</sup>

A los homopolímeros y copolímeros se les pueden atribuir propiedades emulsificantes debido a que forman una capa interfacial entre las gotas de la fase interna, mediante el entrelazamiento de las cadenas que conforman el polímero, estos también pueden actuar como modificadores reológicos ya que al aumentar su concentración en la formulación, las cadenas tratan de ocupar un espacio cada vez más reducido. Los polímeros entrecruzados también forman emulsiones poliméricas mediante la formación de microgeles, impidiendo que coalezcan las gotas de la fase interna y también pueden actuar como modificadores reológicos aumentando la concentración de los microgeles.

## Capítulo 3

### SISTEMA HLB

El sistema HLB (Balance hidrofílico lipofílico) fue publicado en 1948 por la compañía Atlas Powder Company la cual, posteriormente formo parte de ICI (Imperial Chemical Industries).<sup>37</sup> Para el siguiente año, William C. Griffin, uno de los químicos de dicha compañía presentó formalmente el concepto del sistema HLB en un evento en California. Ese mismo año, publicó su artículo *Classification of surface-active agents by "HLB"* en la revista Journal of Society of Cosmetic Chemists. En dicho trabajo Griffin explica algunos detalles experimentales sobre la determinación del HLB, mediante una escala lineal que permite que el equilibrio total de cada emulsificante se pueda expresar como un número sencillo. Este número es una indicación del porcentaje del peso de la porción hidrofílica de la molécula del emulsificante. Así, si un emulsificante no iónico fuese 100% hidrofílico, se espera que tenga un HLB de 100 sin embargo, a dicho emulsificante se le asigna un valor de HLB igual a 20 ya que se adopta el factor 1/5 por la conveniencia de manejar números menores. Por tanto, la escala HLB se extiende desde 0 a 20. Los emulsificantes que tienen carácter hidrofóbico, se les asigna un valor de HLB bajo (menos de 9.0) mientras que aquellos con carácter hidrófilo se les asignan valores altos (mayor de 11.0). Aquellos entre 9.0 y 11.0 son intermedios.

Las funciones de los tensoactivos pueden ser clasificadas por el HLB como se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1.- Aplicación de los tensoactivos de acuerdo a su valor de HLB.

Rango de HLB	Aplicación
4-6	Emulsificantes W/O
7-9	Agentes humectantes
8-18	Emulsificantes O/W
13-15	Detergentes
10-18	Solubilizantes

### 3.1. Cálculo del HLB de un emulsificante

El método original de determinar valores de HLB requiere un procedimiento experimental largo. Es por ello que Griffin desarrolló ecuaciones que permiten calcular el número de HLB para ciertos tipos de agentes emulsificantes, en particular de emulsificantes derivados de polioxietileno de alcoholes grasos y ésteres polihídricos de alcoholes de ácidos grasos, incluyendo los de poliglicoles.

En casos ideales, el cálculo del HLB está dado por la siguiente relación<sup>27</sup>:

$$HLB = 20 \frac{M_H}{M}$$

Dónde:  $M$  = Peso molecular del emulsificante.

$M_H$  = Peso molecular de la parte hidrófila del emulsificante.

El valor de HLB de los ésteres polihídricos de alcoholes de ácidos grasos puede calcularse mediante la siguiente relación:

$$HLB = 20 \left(1 - \frac{S}{A}\right)$$

Dónde:  $S$  = Índice de saponificación del éster

$A$  = Índice ácido del ácido



Para ésteres de ácidos grasos etoxilados de alcoholes polihídricos, Griffin da la siguiente relación:

$$HLB = \frac{E + P}{5}$$

Dónde:  $E$  = Porcentaje en peso del contenido de oxietileno

$P$  = Porcentaje en peso del contenido de alcohol polihídrico

Estas ecuaciones no pueden ser empleadas para materiales tensoactivos no iónicos que contienen óxido de propileno, óxido de butileno, nitrógeno ni azufre. En estos casos tienen que emplearse métodos experimentales. El concepto también puede aplicarse con emulsionantes aniónicos y catiónicos, aunque es posible exceder el límite teórico superior a 20 con estas sustancias.

### **3.2. HLB requerido para una mezcla de ingredientes**

Todos los aceites, ceras y otros materiales similares que se incorporan a las emulsiones tienen un HLB requerido individual para emulsiones O/W o W/O. Con esos valores, se puede calcular el HLB requerido para mezclas de estos compuestos ya que, cada componente contribuirá con su parte en el total de la mezcla.

Por ejemplo, suponiendo que se desea obtener una emulsion O/W y la fase oleosa de dicha emulsión estuviera constituida por 30% de cera de abeja, 20% de cera de parafina y 50% de aceite mineral. El HLB requerido de la combinación puede ser calculado de la siguiente manera:

<b>Compuestos</b>	<b>Porcentaje (%)</b>		<b>HLB Individual<sup>5</sup></b>		<b>HLB requerido</b>
Cera de abeja	30	X	9	=	2.7
Cera de parafina	20	X	10	=	2.0
Aceite mineral	50	X	10	=	5.0
HLB estimado para el sistema				=	<b>9.7</b>

Cuando no se conoce el valor de HLB de alguno de los ingredientes de la fase oleosa, se puede determinar mediante un procedimiento experimental, el cual consiste en producir una serie de emulsiones prueba del ingrediente, usando combinaciones de emulsificantes con valores de HLB conocidos. El valor de HLB del sistema emulsificante que mejor trabaje, bajo sus condiciones de prueba, es el HLB requerido para su ingrediente.

### **3.3. Mezcla de emulsificantes**

Después de determinar el HLB requerido de la mezcla de grasas y aceites, parecería que el siguiente camino a seguir sería obtener todos los emulsificantes que tengan dicho valor o aproximado y probar con todos ellos hasta encontrar el indicado. Lo cual es un error ya que se está asumiendo que teniendo el HLB correcto es suficiente, sin embargo el sistema HLB permite desarrollar mezclas de tensoactivos que permiten obtener el HLB de la formulación en vez de ajustar la formulación para hacerla apropiada al emulsificante.

Al momento de hacer la selección del emulsificante o mezcla de emulsificantes se debe de tener en cuenta que las emulsiones más estables suelen ser aquellas que son emulsificadas con una mezcla de dos o más emulsificantes. Dicha mezcla de emulsificantes debe de estar

---

<sup>5</sup> Valores obtenidos de **Croda's Time-Saving Guide to Surfactant Selection.**

conformada por tensoactivos con propiedades hidrofóbicas así como tensoactivos con propiedades hidrofílicas.

Eso se debe a que dos tipos de moléculas diferentes, alternando en la interfase, forman una película interfacial condensada más compacta que actúa como una barrera mecánica, mientras que una emulsión que utiliza un único tensoactivo forma una capa discontinua debido al impedimento estérico y a la repulsión de cada una de las moléculas del emulsificante como se muestra en la Ilustración 11.<sup>3</sup>

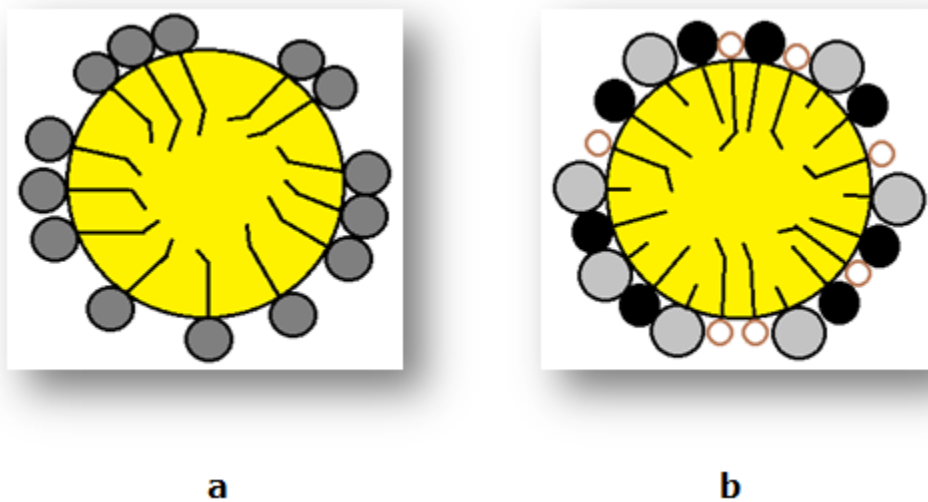


Ilustración 11. Gota de aceite emulsificada con a) Un emulsificante b) Con una mezcla de emulsificantes de carga opuesta.

Cuando dos o más emulsificantes se mezclan, el HLB resultante de la mezcla es fácilmente calculado. Por ejemplo, suponiendo que se desea determinar el valor de HLB de una mezcla compuesta de 70% Tween 80 (HLB=15.0) y 30% Span 80 (HLB=4.3). El cálculo sería el siguiente:

TWEEN 80	$70\% \times 15.0 = 10.5$
SPAN 80	$30\% \times 4.3 = 1.3$
<b>HLB de la mezcla = 11.8</b>	

### 3.4. Cálculo de la proporción de emulsificante

Después de calcular el valor de HLB óptimo y de haber establecido el porcentaje total de la mezcla de emulsificantes que se utilizará en la formulación se debe seleccionar un par de emulsificantes, uno hidrofílico y otro lipofílico, con valores de HLB conocidos y que además pertenezcan a la misma familia, para calcular la cantidad necesaria de cada emulsificante de acuerdo con las siguientes formulas:

$$\%_{Emulsificante A} = \frac{100(X - HLB_{Emulsificante B})}{HLB_{Emulsificante A} - HLB_{Emulsificante B}}$$

$$\%_{Emulsificante B} = 100 - \%_{Emulsificante A}$$

Donde  $X = HLB$  requerido de la fase oleosa.

Ejemplo:

Suponga que el  $HLB_{Requerido}$  de la mezcla de grasas y aceites es de 9.7 y se han seleccionado el Tween 80 ( $HLB=15.0$ )<sup>6</sup> y el Span 80 ( $HLB=4.3$ )<sup>7</sup> como los agentes emulsificantes a utilizar. Calcular el porcentaje de tensoactivos a mezclar para emulsificar. Calcular el porcentaje dentro de la fórmula que se debe de usar si la mezcla de tensoactivos debe tener un porcentaje total dentro de la fórmula del 3%.

---

<sup>6,7</sup>THE HLB SYSTEM a time-saving guide to emulsifier selection.

1.- Cálculo del porcentaje de tensoactivos a mezclar para emulsificar la mezcla.

$$\%_{\text{Tween } 80} = \frac{100 \times (9.7 - 4.3)}{15.0 - 4.3} = 50.47 \quad \%_{\text{Span } 80} = 100 - 50.47 = 49.53$$

2.- Cálculo del porcentaje dentro de la fórmula que se debe usar si la mezcla de tensoactivos debe de tener un porcentaje total dentro de la fórmula del 3%.

$$\%_{\text{Tween } 80} = 0.5047 \times 3.0 = 1.51 \quad \%_{\text{Span } 80} = .4953 \times 3.0 = 1.49$$

## Capítulo 4

### REOLOGÍA

La reología o ciencia del flujo de la materia, se ocupa de la deformación de los cuerpos aparentemente continuos y coherentes. El estudio del comportamiento reológico de los productos permite adquirir mayor conocimiento sobre la estructura del material en estudio, tener un mayor control sobre los procesos, el diseño de maquinaria y finalmente es de gran utilidad para la aceptación de un nuevo producto.

Una de las tareas más importantes de la reología es la clasificación de los materiales ya que existe una gran variedad de estos. Algunos materiales son sólidos, líquidos o gaseosos y muchas veces presentan propiedades intermedias ya que muchos sólidos presentan características propias de los líquidos y viceversa es por ello que la reología hace uso de sistemas ideales para poder clasificar dichos materiales (*sólido de Hooke* y *Líquido Newtoniano*). Estos dos sistemas constituyen los límites del comportamiento reológico lo cual establece que ningún sólido puede ser más sólido que el *sólido de Hooke* y ningún líquido puede ser más líquido que el *líquido Newtoniano*.

#### 4.1. Viscosidad

La viscosidad es la resistencia al movimiento relativo de las capas adyacentes de líquido es decir que cuando un fluido se mueve se desarrolla en él una tensión de corte o de deslizamiento ( $\tau$ ) cuya magnitud depende de la viscosidad del fluido.<sup>30</sup>

La tensión de corte también llamada esfuerzo cortante se define como la fuerza requerida para deslizar una capa de área unitaria de una sustancia sobre otra capa de la misma sustancia.

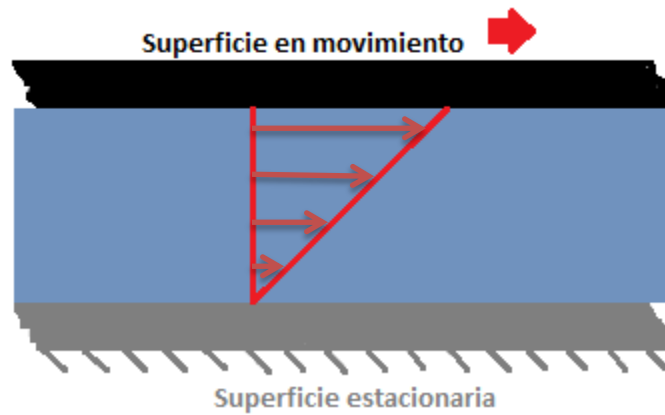


Ilustración 12. Aplicación de fuerza para deslizar una sustancia sobre otra capa de la misma sustancia.

#### 4.1.1. Fluidos Newtonianos

Los fluidos newtonianos son aquellos que tienen una viscosidad constante que depende de la temperatura pero no del esfuerzo cortante aplicado. Este último es directamente proporcional a la rapidez de corte o rapidez de cizalla.<sup>30,31</sup>

$$\tau = -\eta \frac{dv}{dy}$$

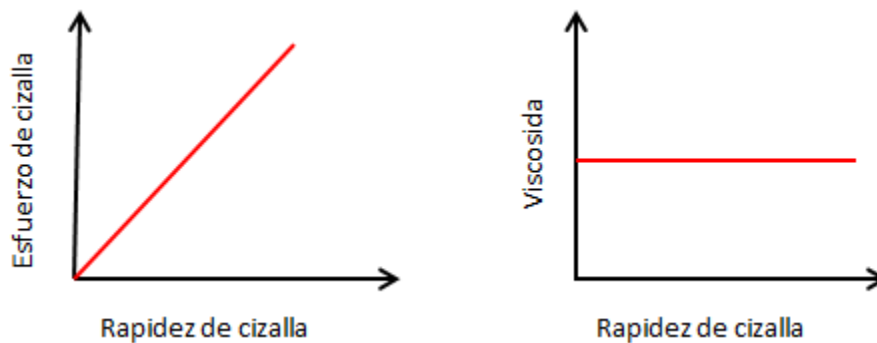


Ilustración 13. Gráficas de flujo Newtoniano.

#### 4.1.2. Fluidos no Newtonianos.

Un líquido no Newtoniano se define como aquel que exhibe flujo uniforme, pero para el que no es constante la relación entre flujo cortante y rapidez de deslizamiento.

En este tipo de fluidos existen 4 tipos de comportamiento:

Independiente del tiempo	Dependiente del tiempo
Seudoplasticidad	Tixotropia
Dilatancia	Reopexia

#### Pseudoplásticos

La viscosidad de un pseudoplástico decrece conforme se incrementa la rapidez de desplazamiento esto es causado por la ruptura progresiva de la estructura del medio líquido debido a un aumento en el deslizamiento reordenándose las partículas que se encuentran en suspensión por movimiento browniano. En el caso de las soluciones de polímeros, la maraña de macromoléculas enredadas proporciona la estructura la cual se desenrosca progresivamente haciéndose lisas y menos resistentes al flujo conforme va aumentando la rapidez de desplazamiento.

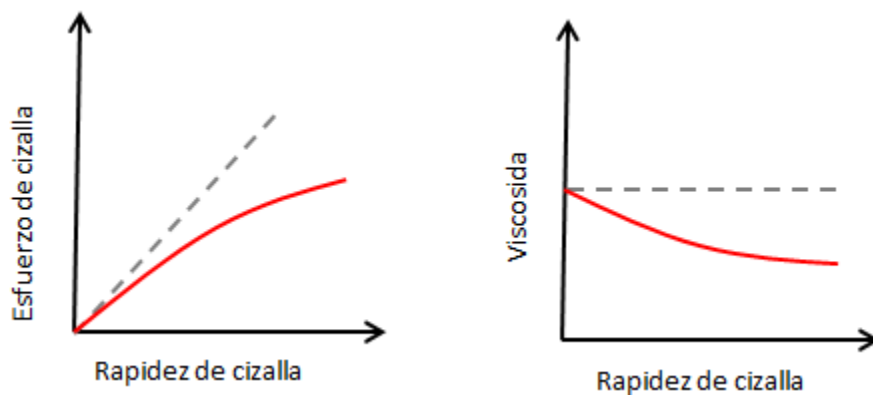


Ilustración 14. Gráficas de flujo pseudoplástico.



## Dilatancia

En este fenómeno existe un aumento de la viscosidad conforme aumenta la rapidez de cizalla; es un fenómeno opuesto al de los pseudoplásticos y se presenta en suspensiones de concentración elevada.

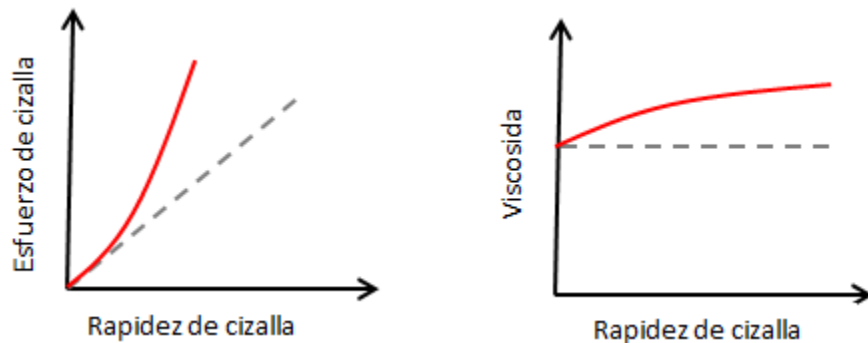


Ilustración 15. Gráficas de flujo dilatante.

## Tixotropía

La viscosidad de estos materiales no solo depende de la temperatura, composición y de la rapidez de desplazamiento sino también del tiempo de agitación. La representación gráfica de  $\tau$  en función de la rapidez de cizalla se obtiene aumentando la velocidad de cizalla a intervalos definidos, hasta un máximo, y descendiendo luego del mismo modo hasta que alcance un valor de 0. Es preciso mantener constante el intervalo de tiempo entre lecturas, al igual que las propias lecturas.

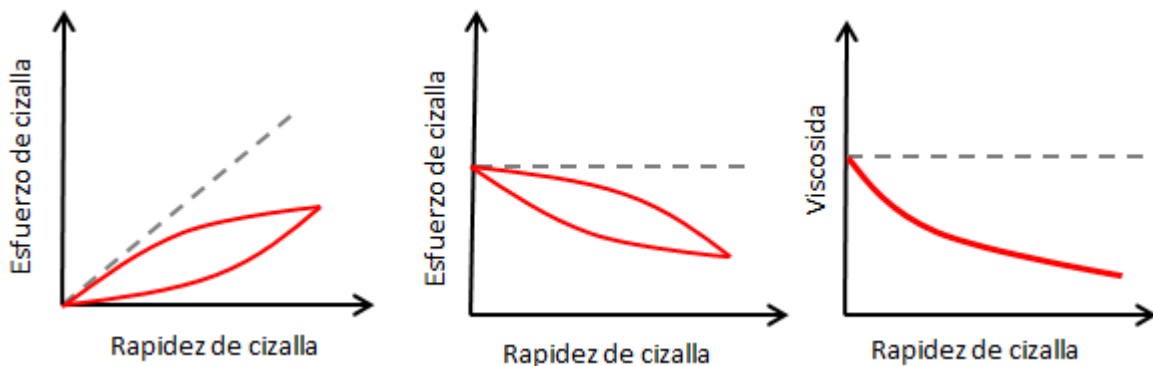


Ilustración 16. Gráficas de comportamiento de un flujo tixotrópico.

## Capítulo 5

### DESARROLLO EXPERIMENTAL

#### 5.1. Preparación de la emulsión (en frío) con PAS<sup>8</sup>

Se prepara un lote de 500 g. de la emulsión con PAS y posteriormente se reparte en dos muestras, con un peso de 250 g. c/u. Estas muestras se nombran como F2.0 y F2.1 siendo F2.0 la muestra testigo mientras que F2.1 es la muestra que se someterá a estrés térmico.

Tabla 5.1.- Formula preparada con poliacrilato de sodio.

FASE	INGREDIENTE	% w/w	MASA TEÓRICA (g.)
A	Agua desionizada	91.6	458.0
A	E.D.T.A disódico	0.10	0.5
A	Glicerina	2.00	10.0
B	Rapithix A-100 (PAS)	1.00	5.0
C	Aceite mineral	4.00	20.0
C	Si-Tec CMX 030	0.50	2.5
C	Vital ET	0.30	1.5
C	Liquid Germall <sup>R</sup> Plus	0.50	2.5

Procedimiento:

Tamaño del lote: 500 g.

1. Pesar e identificar las materias primas de acuerdo a lo indicado en la formulación.
2. En un vaso de precipitados pesar el agua destilada indicada en la formulación.

<sup>8</sup> PAS: Poliacrilato de sodio.

3. Colocar un agitador de hélice (4 palas) a 1/3 de distancia del fondo del vaso respecto al nivel del agua.
4. Adicionar el E.D.T.A hasta disolución total. Agitar hasta su incorporación total. Mantener en agitación constante.
5. Adicionar la glicerina. Agitar hasta su incorporación total. Mantener en agitación constante.
6. Adicionar lentamente el Rapithix™ A-100, mantener la agitación hasta su total incorporación.
7. Adicionar el aceite mineral. Agitar hasta su total incorporación.
8. Adicionar el Si-Tec CMX 030. Agitar hasta su total incorporación.
9. Adicionar el vital ET. Agitar hasta su total incorporación.
10. Adicionar el Germall Plus. Agitar hasta su total incorporación.
11. Medir el pH de la formulación.

## 5.2. Características del polímero

El poliacrilato de sodio (Rapithix A-100) es un homopolimero que tiene la propiedad de ser un buen absorbente, dispersante, estabilizador de emulsiones y modificador reológico.

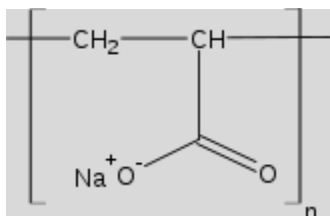


Fig.5.1. Estructura del poliacrilato de sodio.

La capacidad de absorber grandes cantidades de agua se debe a que en su estructura molecular existen grupos de carboxilatos de sodio que cuelgan de la cadena de composición principal del compuesto. Estos

grupos, al entrar en contacto con el agua desprenden el sodio, dejando libres iones negativos de carboxilo. Los iones negativos se repelen, estirando la cadena principal y provocando el aumento de volumen. Para que el compuesto vuelva a ser estable y neutro, los iones captan las moléculas de agua.

### 5.3. Formulación de la emulsión en caliente

Se prepara un lote de 500 g. de la emulsión (en caliente) y posteriormente se reparte en dos muestras, con un peso de 250 g. c/u. Estas muestras se nombran como F1.0 y F1.1 siendo F1.0 la muestra testigo mientras que F1.1 es la muestra que se someterá a estrés térmico.

Tabla 5.2.- Formula preparada con tensoactivos no-iónicos.

<b>FASE</b>	<b>COMPUESTO</b>	<b>% w/w</b>
<b>A</b>	Aceite mineral	1.0
<b>A</b>	Palmitato de isopropilo	1.0
<b>A</b>	Miristato de isopropilo	1.50
<b>A</b>	Dimeticona	0.38
<b>A</b>	Lanolina	0.01
<b>A</b>	Manteca de karite	1.5
<b>A</b>	Alcohol Cetílico	0.25
<b>A</b>	Alcohol estearílico	0.25
<b>A</b>	Monostearato de Glicerilo	0.10
<b>A</b>	Ácido esteárico	0.50
<b>A</b>	BHT	0.02
<b>B</b>	Glicerina	2.0
<b>B</b>	Propilenglicol	1.0
<b>B</b>	E.D.T.A	0.1
<b>B</b>	Carbopol 940	0.25
<b>B</b>	Goma Xanthan	0.10
<b>B</b>	Germall Plus	0.5
<b>B</b>	Mezcla de emulsificantes	3.0
<b>B</b>	Germall Plus	0.5
<b>B</b>	Agua	cbp <sup>9</sup>

<sup>9</sup> cbp= Cuanto baste para completar el porcentaje.

## Cálculo del HLB

Tabla 5.3.- Composición de la fase oleosa.

<b>FASE</b>	<b>COMPUESTO</b>	<b>% w/w</b>	<b>HLB<sub>INDIVIDUAL</sub><sup>10</sup></b>
<b>A</b>	Aceite mineral	1.0	10.0
<b>A</b>	Palmitato de isopropilo	1.0	11.5
<b>A</b>	Miristato de isopropilo	1.50	11.5
<b>A</b>	Dimeticona	0.38	5.0
<b>A</b>	Lanolina	0.01	10.0
<b>A</b>	Manteca de karite	1.5	7.0
<b>A</b>	Alchol Cetílico	0.25	15.0
<b>A</b>	Alcohol estearílico	0.25	15.0
<b>A</b>	Monostearato de Glicerilo	0.10	3.8
<b>A</b>	Ácido esteárico	0.50	15.0

Se calcula el % de cada componente con respecto al total de % w/w de la fase oleosa.

Tabla 5.4.- Porcentaje de la fase oleosa.

<b>FASE</b>	<b>COMPUESTO</b>	<b>% EN LA FASE OLEOSA</b>
<b>A</b>	Aceite mineral	15.41
<b>A</b>	Palmitato de isopropilo	15.41
<b>A</b>	Miristato de isopropilo	23.11
<b>A</b>	Dimeticona	5.86
<b>A</b>	Lanolina	0.15
<b>A</b>	Manteca de karite	23.11
<b>A</b>	Alchol Cetílico	3.85
<b>A</b>	Alcohol estearílico	3.85
<b>A</b>	Monostearato de Glicerilo	1.54
<b>A</b>	Ácido esteárico	7.70

Posteriormente se calculó el HLB requerido para la emulsificación de la fase oleosa.

<sup>10</sup> Valores de HLB individual obtenidos de Croda's time-saving Guide to Surfactant Selection.

Tabla 5.5.- Cálculo del HLB requerido.

<b>FASE OLEOSA</b>		
<b>COMPUESTO</b>	<b>OPERACIÓN</b>	<b>HLB<sub>REQUERIDO</sub></b>
Aceite mineral	15.41%*10.0	1.54
Palmitato de isopropilo	15.41%*11.5	1.77
Miristato de isopropilo	23.11%*11.5	2.66
Dimeticona	5.86%*5.0	0.29
Lanolina	0.15%*10.0	0.02
Manteca de karite	23.11%*7.0	1.62
Alcohol cetílico	3.85%*15.0	0.58
Alcohol estearílico	3.85%*15.0	0.58
Monostearato de glicerilo	1.54%*3.8	0.06
Ácido esteárico	7.70%*15.0	1.16
<b>HLB<sub>TOTAL</sub></b>		<b>10.28</b>

#### 5.4. Selección de la mezcla emulsificantes

Después de que se ha encontrado el HLB<sub>Requerido</sub> de la fase oleosa, se hace uso de la Tabla 1 del anexo 1 y la Tabla 2 del anexo 2, las cuales sirven de guía para encontrar los tipos químicos de los emulsificantes que se pueden ensayar para el HLB<sub>Requerido</sub> de la emulsión que se está desarrollando.

En la Tabla 1, en la primera columna se encuentran las aplicaciones que se le da frecuentemente a los emulsificantes ICI, en la segunda columna se encuentra un número el cual hace referencia al emulsificante utilizado para cada una de las aplicaciones que se encuentran en la primera columna, en la tercera columna se encuentra un número de referencia el cual hace referencia a la mezcla de emulsificantes utilizados para cada una de las aplicaciones de la primera columna. En la Tabla 2 del anexo 2 se encuentra el nombre comercial y la identidad química del emulsificante o mezcla de emulsificantes ICI clasificados de acuerdo con el número de referencia de la Tabla 1 así como el rango de HLB para el cual es recomendado su uso.

Para la selección de los emulsificantes se siguieron los siguientes pasos teniendo en cuenta que la formulación que se está desarrollando es una

crema O/W con una fase oleosa menor al 10% y con un  $HLB_{Requerido}$  de 10.7:

1. Localizar en la primera columna de la Tabla 1 del anexo 1.
2. Buscar la aplicación, Para este caso es: **Cosméticos**.
3. Seleccionar la categoría **Lotions O/W**. Esta categoría se subdivide en las siguientes subcategorías: **Aluminium Salt, Mineral Oil y Stearic Acid**.
4. Se selecciona la subcategoría **Mineral Oil** debido a que el porcentaje de aceite mineral en la formulación es mayor que el porcentaje de ácido esteárico.
5. Se seleccionan los números de referencia que aparecen en la tercera columna: **200, 300, 500, 600**. Estos números
6. Posteriormente en la Tabla 2 del anexo 2 se encuentra el nombre comercial y la identidad química del emulsificante o mezcla de emulsificantes ICI que se sugiere ensayar.
  - **200:** Sorbitan Fatty Acid Esters.
  - **300:** Polyoxyethylene Sorbitan Fatty Acids.
  - **500:** Polioxyethylene Acids.
  - **600:** Polioxyethylene Alcohols.
7. Seleccionar las mezclas de emulsificantes que cubren el HLB de 10.7 con un margen de +/- 1.

**Tween 20/Span 20**

**Tween 40/Span 40**

**Tween 60/Span 60**

**Tween 80/Span 80**

**Tween 60/Span 80**

**Tween 60/Span 85**

**Tween 80/Span 60**

**Brij 30/Brij 35**

**Brij 52/Brij 56**

**Brij 72/Brij 78**

**Brij 72/Brij 721S**

**Brij 72/Brij 700S**

**Brij 60/Brij 700S**

**Brij 93/Brij 700s**

8. Seleccionar los pares de emulsificantes Span y Tween marcados con el mismo número, por ejemplo, Span 20 con Tween 20 o Span 60 con Tween 60. Esto proporcionara dos emulsificantes de la misma clase química, uno lipofílico y otro hidrofílico.

**Tween 20/Span 20** Lauratos

**Tween 40/Span 40** Éster palmitatos

**Tween 60/Span 60** Estearatos

**Tween 80/Span 80** Oleatos

9.-Seleccionar el par de Éstearatos (**Tween 60 y Span 60**).

### 5.5. Cálculo de la proporción de emulsificante para el valor de HLB requerido

Los valores de  $HLB_{\text{Tween 60}}=14.9$  y  $HLB_{\text{Span 60}}= 4.7$

Cálculo del porcentaje de tensoactivos a mezclar para emulsificar la mezcla.

$$\% Tween\ 60 = \frac{100(10.28 - 4.3)}{14.9 - 4.3} = 56.42$$

$$\% Span\ 60 = 100 - 56.41 = 43.58$$

Cálculo del porcentaje dentro de la fórmula que se debe usar si la mezcla de tensoactivos debe de tener un porcentaje total del 3%.

$$\% Tween\ 60 = .5642 * 3 = 1.69$$

$$\% Span\ 60 = .4358 * 3 = 1.31$$



Tabla 5.6.- Composición final de la formula.

<b>Fase</b>	<b>COMPUESTO</b>	<b>% w/w</b>
<b>A</b>	Aceite mineral	1.0
<b>A</b>	Palmitato de isopropilo	1.0
<b>A</b>	Miristato de isopropilo	1.50
<b>A</b>	Dimeticona	0.38
<b>A</b>	Lanolina	0.01
<b>A</b>	Manteca de karite	1.5
<b>A</b>	Alcohol Cetílico	0.25
<b>A</b>	Alcohol estearílico	0.25
<b>A</b>	Monostearato de Glicerilo	0.10
<b>A</b>	Ácido esteárico	0.50
<b>A</b>	BHT	0.02
<b>A</b>	Span 60	1.31
<b>B</b>	Glicerina	2.0
<b>B</b>	Propilenglicol	1.0
<b>B</b>	E.D.T.A	0.1
<b>B</b>	Carbopol 940	0.25
<b>B</b>	Goma Xanthan	0.10
<b>B</b>	Germall Plus	0.5
<b>B</b>	Tween 60	1.69
<b>B</b>	Germall Plus	0.5
<b>B</b>	Agua	Cbp <sup>11</sup>

## 5.6. Producción de emulsión en caliente

Preparación de la Fase acuosa

1. Pesar e identificar las materias primas de acuerdo a lo indicado en la formulación.
2. En un vaso de precipitados pesar el agua destilada indicada en la formulación.
3. Adicionar el E.D.T.A hasta disolución total. Agitar hasta su incorporación total. Mantener en agitación constante.
4. Adicionar la glicerina. Agitar hasta su incorporación total. Mantener en agitación constante.
5. Adicionar el Carbopol 940. Agitar lentamente hasta su total incorporación.

<sup>11</sup> cbp= Cuanto baste para completar el porcentaje.

6. Calentar la fase acuosa utilizando una parrilla con agitación. **Verificar que la temperatura de la fase acuosa no sobrepase de los 75 °C.**
7. Adicionar lentamente el TWEEN 60 y agitar hasta su total incorporación.

#### Preparación de la Fase oleosa

1. Pesar e identificar las materias primas de acuerdo a lo indicado en la formulación.
2. En un vaso de precipitados adicionar el aceite mineral, el miristato de isopropilo, el palmitato de isopropilo y la dimeticona. Agitar hasta su incorporación total. Verificar constantemente la temperatura de la mezcla.
3. Adicionar lanolina cuando el termómetro indique una temperatura de 30 °C. Agitar hasta su incorporación total. Mantener en agitación constante.
4. Adicionar la manteca de karite cuando el termómetro indique una temperatura de 40 °C. Agitar hasta su incorporación total. Mantener en agitación constante.
5. Adicionar el alcohol cetílico cuando el termómetro indique una temperatura de 50 °C. Agitar hasta su incorporación total. Mantener en agitación constante.
6. Adicionar el monoestearato de glicerilo y el alcohol estearílico cuando el termómetro indique una temperatura de 54 °C y agitar hasta su total incorporación.

7. Adicionar el ácido esteárico cuando el termómetro indique una temperatura de 56°C. Agitar hasta su total incorporación.
8. Adicionar el Span 60 cuando el termómetro indique una temperatura de 65°C. Agitar hasta su total incorporación.  
**Verificar que la temperatura de la fase acuosa no sobrepase de los 70 °C.**

#### Emulsificación

1. Incorporar la fase oleosa a la fase acuosa y agitar hasta su total incorporación. Mantener la agitación durante un periodo de 15 minutos.

#### Homogenización

1. Cuando la emulsión alcance una temperatura de 50 °C. La dispersión de las gotas de la emulsión se realiza con un homogeneizador con paleta de hélice de 4 palas a 600 rpm. Mantener la agitación durante 5 minutos.

#### Incorporación de compuestos termolábiles.

1. El conservador se incorpora a la emulsión cuando esta alcance una temperatura de 30 °C, hasta su total incorporación.

#### Regulación de pH.

1. Se agregó trietanolamina hasta alcanzar un pH de 5.5.

### **5.7. Estudio de estabilidad preliminar**

Para el estudio de estabilidad preliminar se prepararon 2 muestras (F2.0 y F2.1) de 250 g. c/u a partir del lote de 500 g. de la formula preparada con poliacrilato de sodio y 2 muestras de 250 g. c/u a partir del lote de 500 g. de la formula preparada con tensoactivos no iónicos (F1.0, F1.1) con la finalidad de someter a estrés térmico cada una de las emulsiones y a su vez tener una muestra patrón la cual se mantuvo a temperatura ambiente.

#### **Estrés térmico**

Las muestras sometidas a estrés térmico fueron la muestra F1.1 y la F2.1. La primera corresponde a la formulación con Tween 60 y Span 60 como agentes emulsificantes, mientras que la segunda formulación corresponde a la fórmula realizada con poliacrilato de sodio como agente emulsificante. Cada una fue acondicionada en un frasco de vidrio con tapa para evitar la pérdida de gases o vapor en el medio. Se dejó un espacio vacío de aproximadamente un tercio de la capacidad del frasco para posibles desprendimiento de gases. La prueba se realizó durante un periodo de 15 días con ciclos de 24 horas a  $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 24 horas a  $T_{\text{Ambiente}}$ . Al finalizar cada ciclo de 24 horas se observaba a simple vista con la finalidad de detectar separación de fases. Las muestras patrón fueron la F1.0 y F2.0

#### **Características organolépticas**

Estas propiedades (aspecto, color, olor) se determinaron por observación visual mediante la comparación de la muestra de referencia (F1.0, F2.0) y las muestras sometidas a estrés térmico.

## **pH**

Medir pH de cada una de las muestras antes y después del periodo de 15 días. La medición se realizó con papel indicador de pH 0-6. Las tiras de papel indicador se sumergieron en las 4 muestras por aproximadamente 30 segundos.

## **Pruebas reológicas**

Las mediciones de viscosidad y tixotropía se realizaron mediante el uso de un reómetro de cono y placa modelo ARES-RFS III. Con una geometría de un diámetro de 25 mm (placa) y un radio de 0.1 (cono). La muestra se colocó en el reómetro y posteriormente se hizo girar el cono sobre su eje, controlando la velocidad de cizalla. Las mediciones se realizaron a una temperatura de 25 °C en un intervalo de rapidez de cizalla de 1 a 150 s<sup>-1</sup>.

## Capítulo 6

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras sometidas a estrés térmico (F1.1 y F2.1) durante un periodo de 15 días con ciclos de 24 horas a  $40\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  y 24 horas a  $T_{\text{Ambiente}}$  no mostraron separación de fases durante y al finalizar el periodo de 15 días.

#### 6.1. Propiedades organolépticas

Posteriormente se prosiguió con la comparación de las muestras patrón (F1.0 y F2.0) con las muestras (F1.1 y F2.1) en busca de un cambio en su color y olor. En la Tabla 6.1 se puede observar que no existe un cambio a simple vista de sus propiedades organolépticas.

Tabla 6.1. Propiedades organolépticas (color y olor).

Propiedades organolépticas		
<b>Color</b>	F1.0 Blanco <sup>12</sup>	F1.1 Blanco <sup>13</sup>
<b>Olor</b>	F2.0 Inodoro	F2.1 Inodoro

#### 6.2. pH

Posteriormente se prosiguió con la comparación de las muestras testigo de cada una de las emulsiones (F1.0 y F2.0) con las muestras sometidas a estrés térmico (F1.1 y F2.1) en busca de cambios de pH.

<sup>12</sup> Ver ANEXO 3: Escala de colores grises.

<sup>13</sup> Ver ANEXO 3: Escala de colores grises.

Tabla 6.2. pH de las muestras.

	pH de las muestras después del periodo de 15 días.	
pH inicial	F1.0	F1.1
5.5	4.0	4.5
pH inicial	F2.0	F2.1
5.0	5.0	5.0

En la tabla 6.2 se puede observar que las muestras F1.0 y F1.1 muestran una disminución con respecto al  $pH_{inicial}$ , siendo la muestra F1.0 la que presenta una mayor disminución del pH mientras que F2.0 y F2.1 no muestran cambio alguno en el  $pH_{inicial}$ .

### 6.3. Viscosidad

#### Viscosidad de la muestra testigo F1.0 y de la muestra sometida a estrés térmico F1.1

En la ilustración 17 y 18 se puede observar cambios de viscosidad al aumentar ( $0 \text{ s}^{-1}$  a  $150 \text{ s}^{-1}$ ) y disminuir ( $150 \text{ s}^{-1}$  a  $0 \text{ s}^{-1}$ ) la rapidez de corte sobre la muestra F1.0 mientras que las ilustraciones 20 y 21 se pueden apreciar los valores de viscosidad obtenidos al aumentar ( $0 \text{ s}^{-1}$  a  $150 \text{ s}^{-1}$ ) y disminuir ( $150 \text{ s}^{-1}$  a  $0 \text{ s}^{-1}$ ) la rapidez de corte sobre la muestra F1.1. En estas cuatro gráficas (ilustración 17,18, 20 y 21) se puede ver que ambas muestras (F1.0 y F1.1) presentan un comportamiento pseudoplástico, el cual se debe a que al aplicar una fuerza de deslizamiento sobre las muestras se lleve a cabo el desenredamiento y reacomodamiento de las cadenas de los polímeros que la conforman, generando menor resistencia al flujo y conforme se va aumentando la velocidad de cizalla se va haciendo más grande el grado de desenroscamiento de las cadenas de los polímeros.

En las ilustraciones 19 y 22 se puede apreciar los ciclos (aumento y disminución) de la rapidez de corte de cada una de las muestras (F1.0 y F1.1 respectivamente). En la muestra F1.0 (ilustración 19) se puede apreciar una disminución de la viscosidad al disminuir la rapidez de corte mientras que en la ilustración 22 se puede observar que la muestra F1.1 presenta un aumento en la viscosidad al término del ciclo. Hay que denotar que en las muestras F1.0 y F1.1 se utiliza carbopol 940 y Goma xanthan como modificadores reológicos y como agentes estabilizantes por lo cual la viscosidad de estas muestras estará muy ligada a las propiedades reológicas de dichas sustancias y a las alteraciones que puedan tener estas por la variación de pH y temperatura que se den en el transcurso de la prueba. Por ello es necesario mencionar que la goma xanthan es un polímero que presenta una gran estabilidad al cambio de pH y de temperatura y que además muestra un comportamiento altamente pseudoplástico debido a su alta capacidad de alineamiento al momento de aplicarle una fuerza de cizalla mientras que el carbopol 940 es un derivado del poli(ácido acrílico) el cual es un polielectrolito que se disocia en sus respectivas especies cargadas al dispersarlo en agua sin embargo, hay que denotar que dichas dispersiones son poco viscosas y algo turbias ya que el grado de disociación es muy débil generando una pobre hidratación y desenrollamiento del polímero por lo que es necesario utilizar una base (en este caso es la trietanolamina) que permita ionizar al polímero generando un mayor desenrollamiento de la cadena del polímero a causa de la repulsión de las cargas generando un aumento de la viscosidad. Teniendo en cuenta las características de estos dos polímeros se puede decir que el aumento de la viscosidad al término del ciclo de la muestra F1.1 se debe a un enredamiento de las cadenas de los polímeros lo cual ofrece una mayor resistencia al flujo y por lo tanto las



gotas de la fase dispersa se harán menos fluidas al aplicar una fuerza de cizalla.

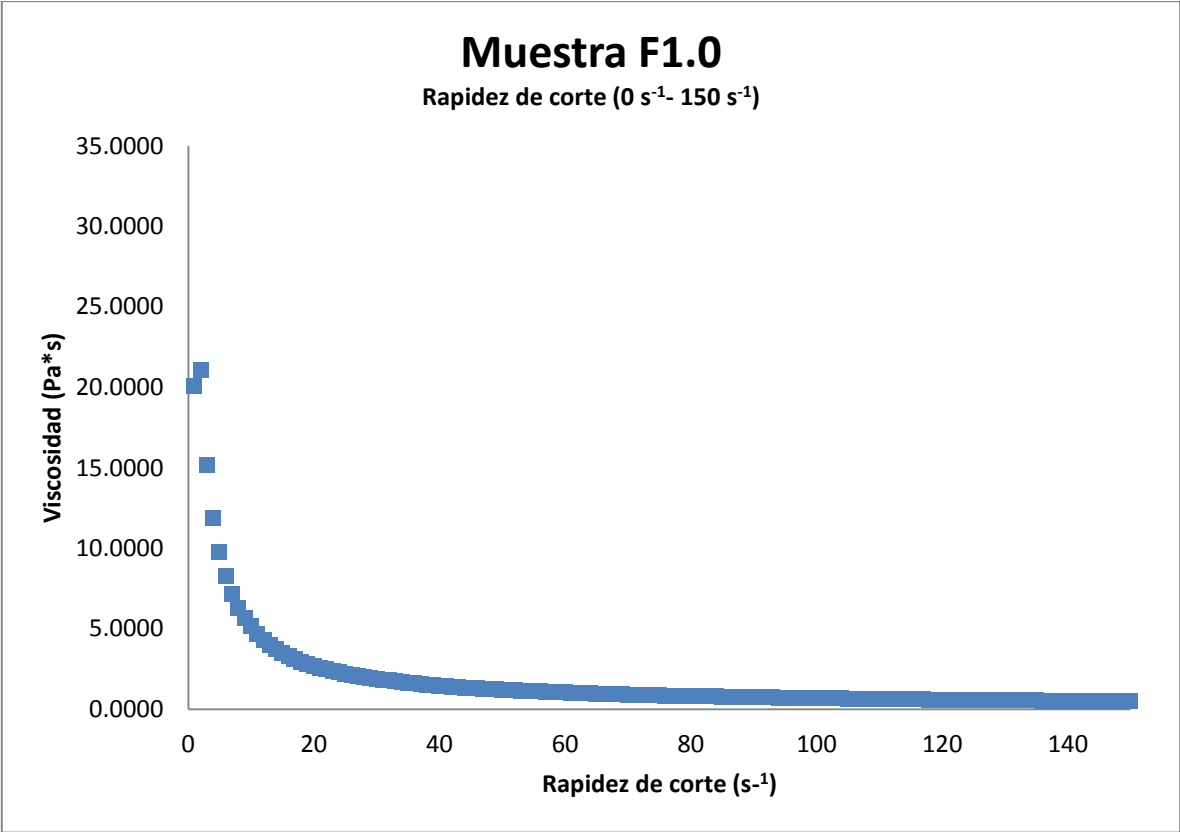


Ilustración 17. Gráfica de viscosidad de la muestra F1.0 ( $0 \text{ s}^{-1}$ - $150 \text{ s}^{-1}$ )

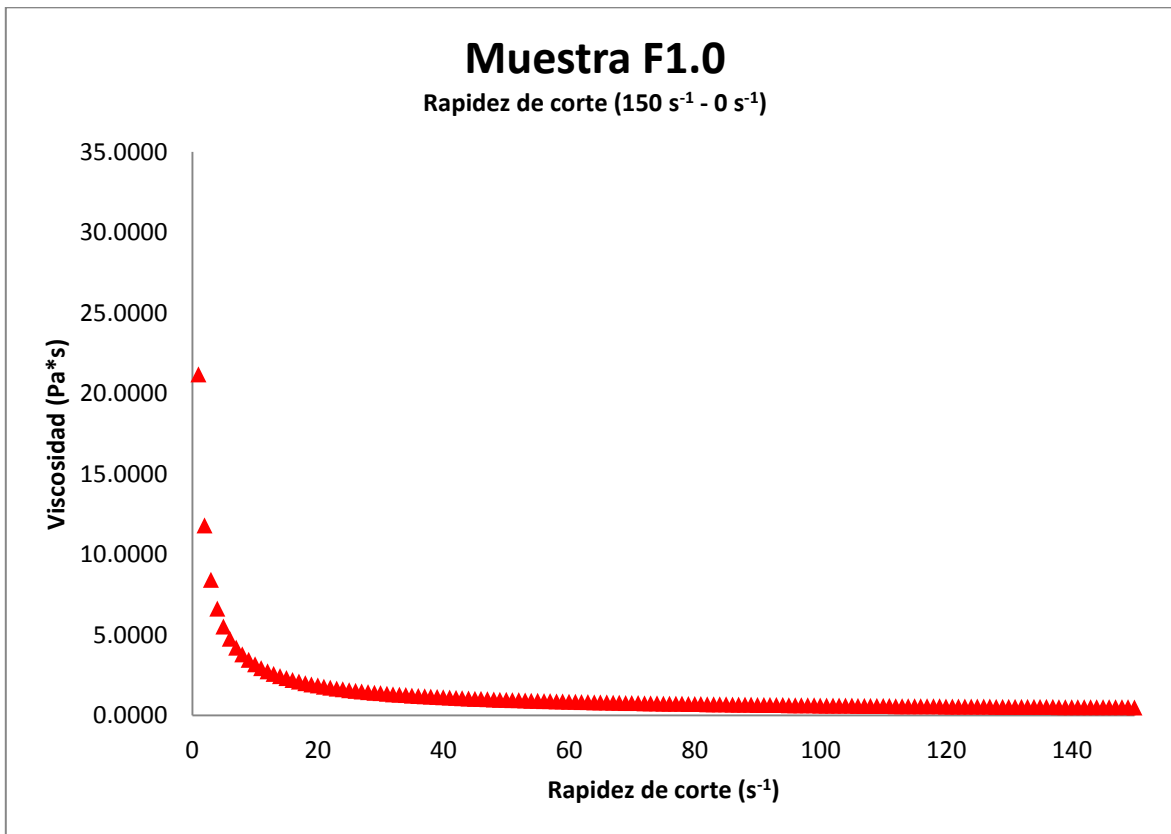


Ilustración 18. Gráfica de viscosidad de la muestra F1.0 ( $150 \text{ s}^{-1} - 0 \text{ s}^{-1}$ ).

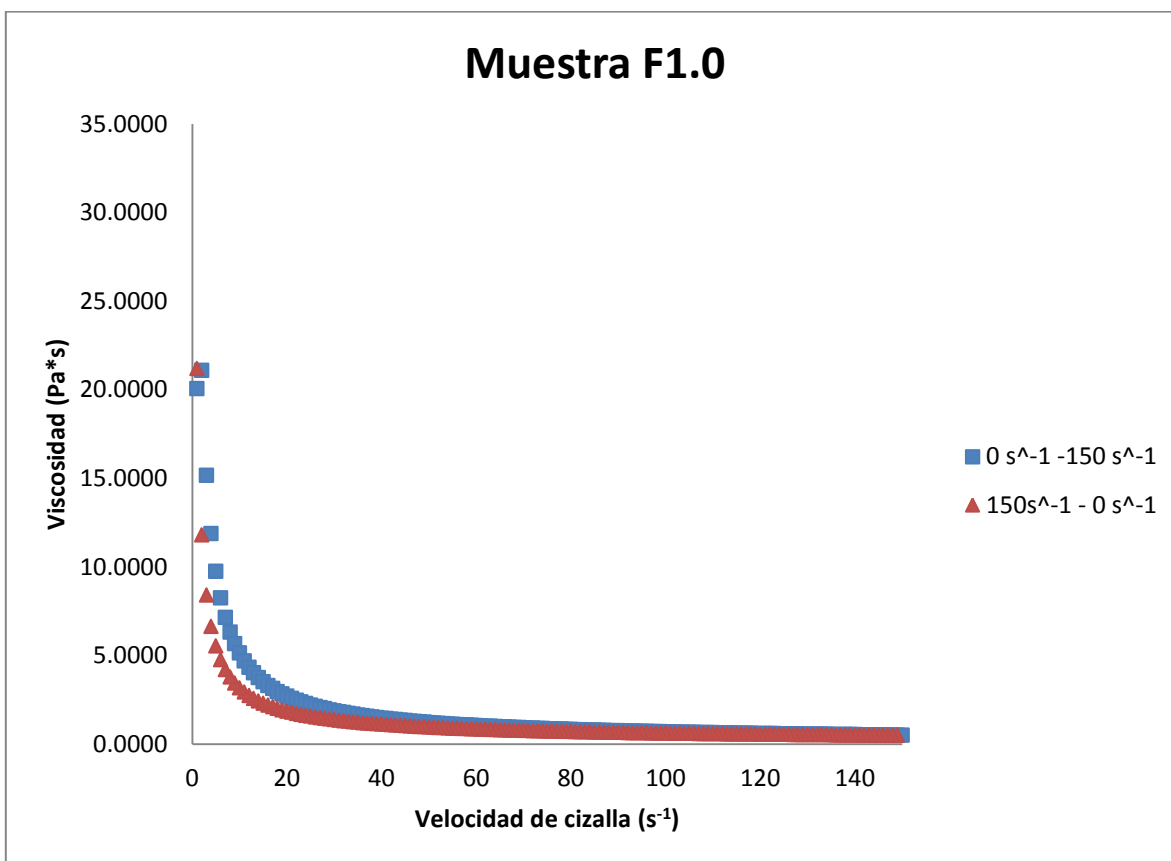


Ilustración 19. Gráfica de viscosidad la muestra F1.0 ( $0 \text{ s}^{-1} - 150 \text{ s}^{-1}$  y  $150 \text{ s}^{-1} - 0 \text{ s}^{-1}$ ).

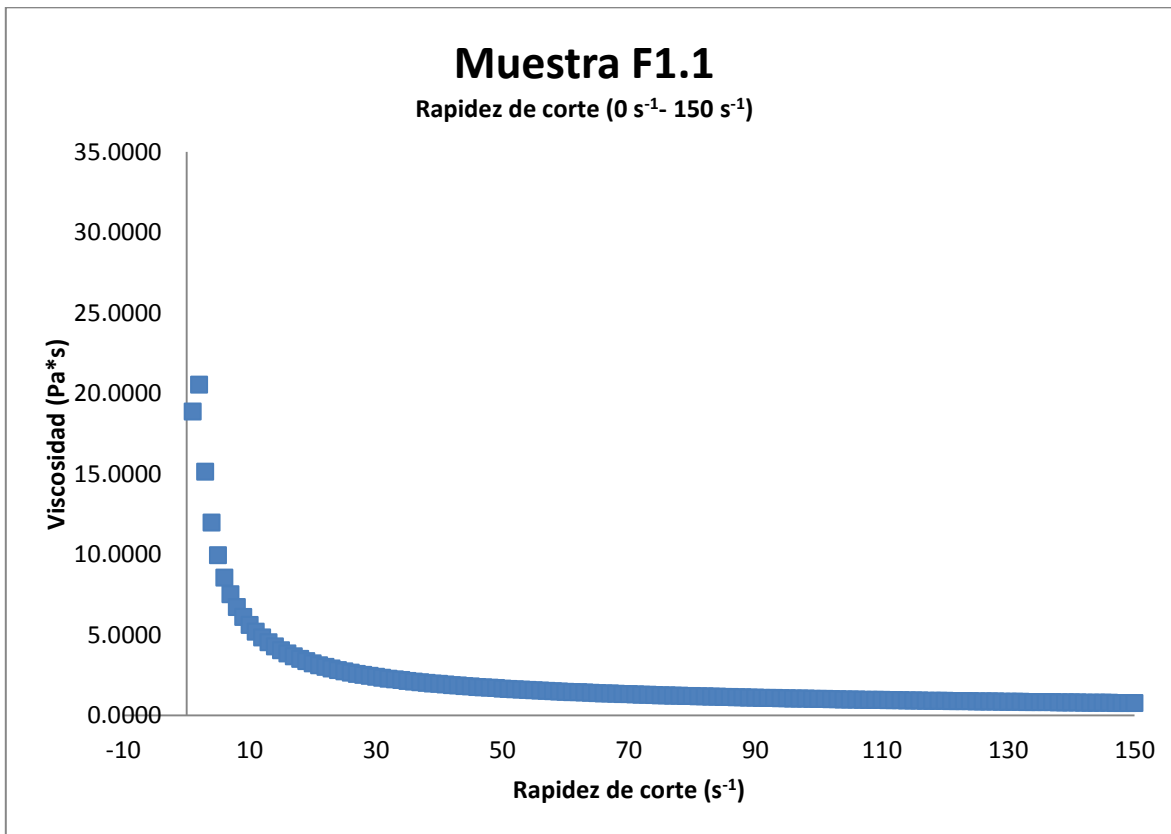


Ilustración 20. Gráfica de viscosidad de la muestra F1.1 ( $0 \text{ s}^{-1}$ - $150 \text{ s}^{-1}$ ).

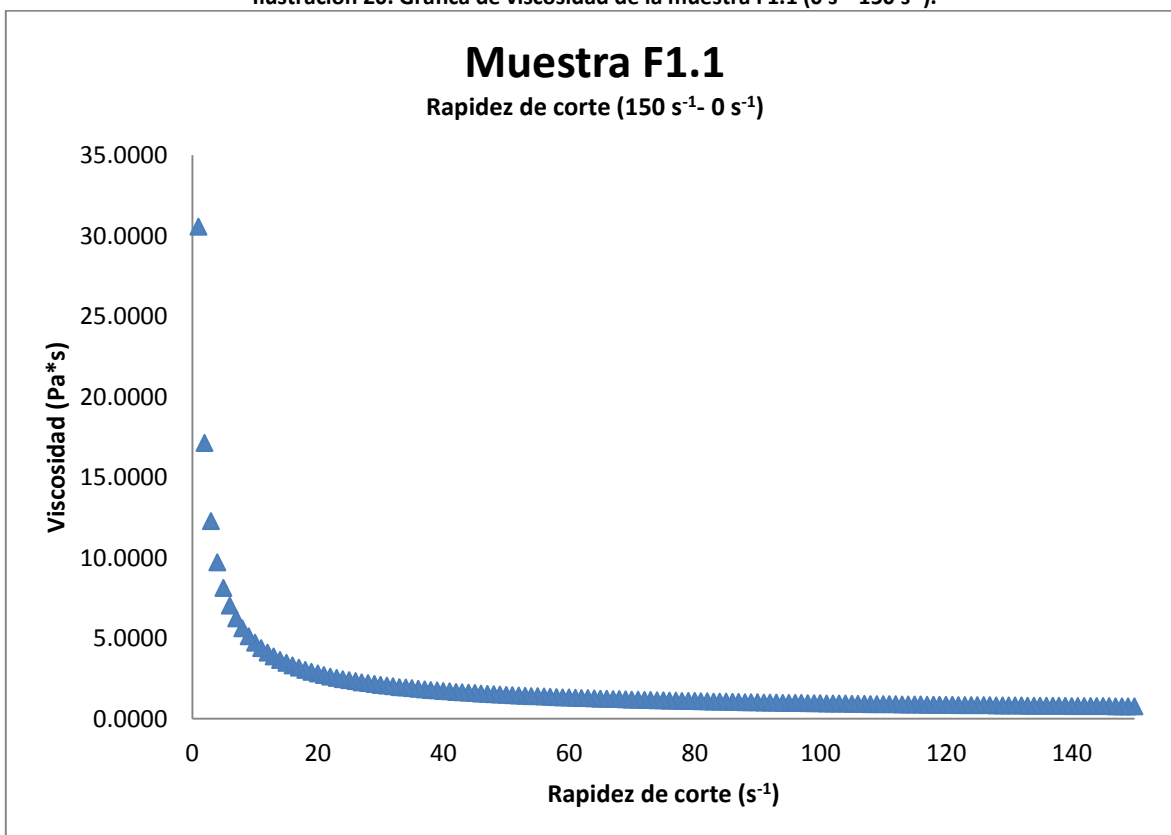


Ilustración 21. Gráfica de viscosidad de la muestra F1.1 ( $150 \text{ s}^{-1}$ - $0 \text{ s}^{-1}$ ).

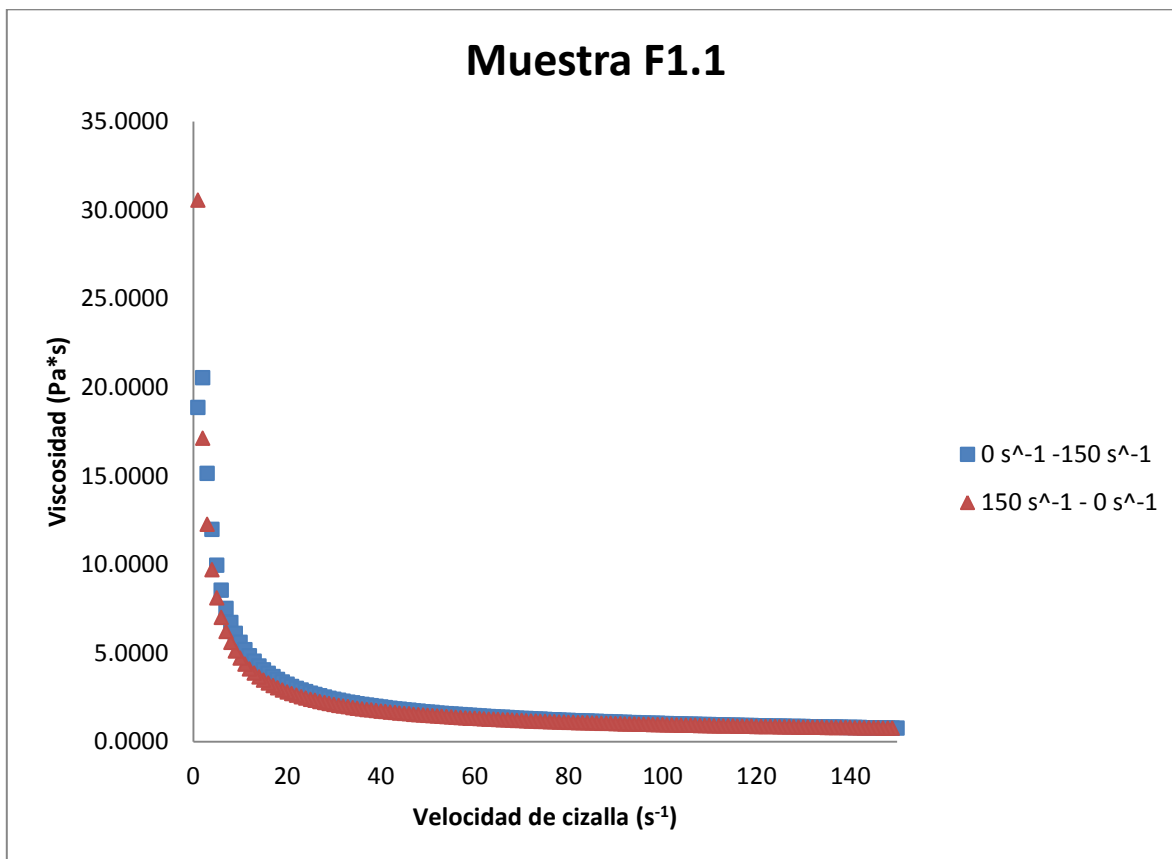


Ilustración 22. Gráfica de viscosidad de la muestra F1.1 (0  $s^{-1}$ -150  $s^{-1}$  y 150  $s^{-1}$ -0  $s^{-1}$ ).

### Viscosidad de la muestra testigo F2.0 y de la muestra sometida a estrés térmico F2.1

En la ilustración 23 y 24 se puede observar cambios de viscosidad al aumentar (0  $s^{-1}$  a 150  $s^{-1}$ ) o disminuir (150  $s^{-1}$  a 0  $s^{-1}$ ) la rapidez de corte sobre la muestra F2.0 mientras que las ilustraciones 26 y 27 se puede apreciar los valores de viscosidad obtenidos al aumentar (0  $s^{-1}$  a 150  $s^{-1}$ ) y disminuir (150  $s^{-1}$  a 0  $s^{-1}$ ) la rapidez de corte sobre la muestra F2.1. En dichas ilustraciones se puede apreciar que ambas muestras presentan una disminución en la viscosidad conforme aumenta la rapidez de corte ya que al aplicar una fuerza de deslizamiento sobre las muestras se lleva a cabo el desenredamiento y reacomodamiento de las cadenas del polímero que la conforman, generando una menor resistencia al flujo y conforme se va aumentando la velocidad de cizalla se va haciendo más grande el grado de desenroscamiento de las cadenas de los polímeros lo cual indica que la las muestras F2.0 y F2.1

tienen un comportamiento pseudoplastico; hay que tomar en cuenta que el aumento de la viscosidad en este tipo de emulsiones se debe a que poliacrilato de sodio al igual que el carbopol 940 es un polielectrolito, sin embargo a diferencia del carbopol 940, el poliacrilato de sodio tiene un grado de disociación mucho mayor al del carbopol 940 por lo cual al ser dispersado en agua comienza a hidratarse y a desenrollarse mucho más rápido debido a que los grupos carboxilatos de sodio al entrar en contacto con el agua se disocia dejando libres los iones sodios ( $\text{Na}^+$ ) dejando libre los grupos  $-\text{COO}^-$  los cuales se repelen entre sí provocando un aumento de la viscosidad. Hay que tomar en cuenta también que los contraiones juegan un papel muy importante en la emulsión ya que dichos iones tratan de ocupar el mayor espacio posible ejerciendo una presión que también conduce al inchamiento y por lo tanto también contribuyen al aumento de la viscosidad de este tipo de emulsiones. En la ilustración 23 y 84 se puede apreciar que ambas emulsiones presentan un aumento de la viscosidad al termino del ciclo por lo que se verá afectada la capacidad de formación de una monocapa debido a que existe un enredamiento de las cadenas provocando que las gotas de la fase dispersa no penetre o no se adhieran tan fácilmente a la piel.

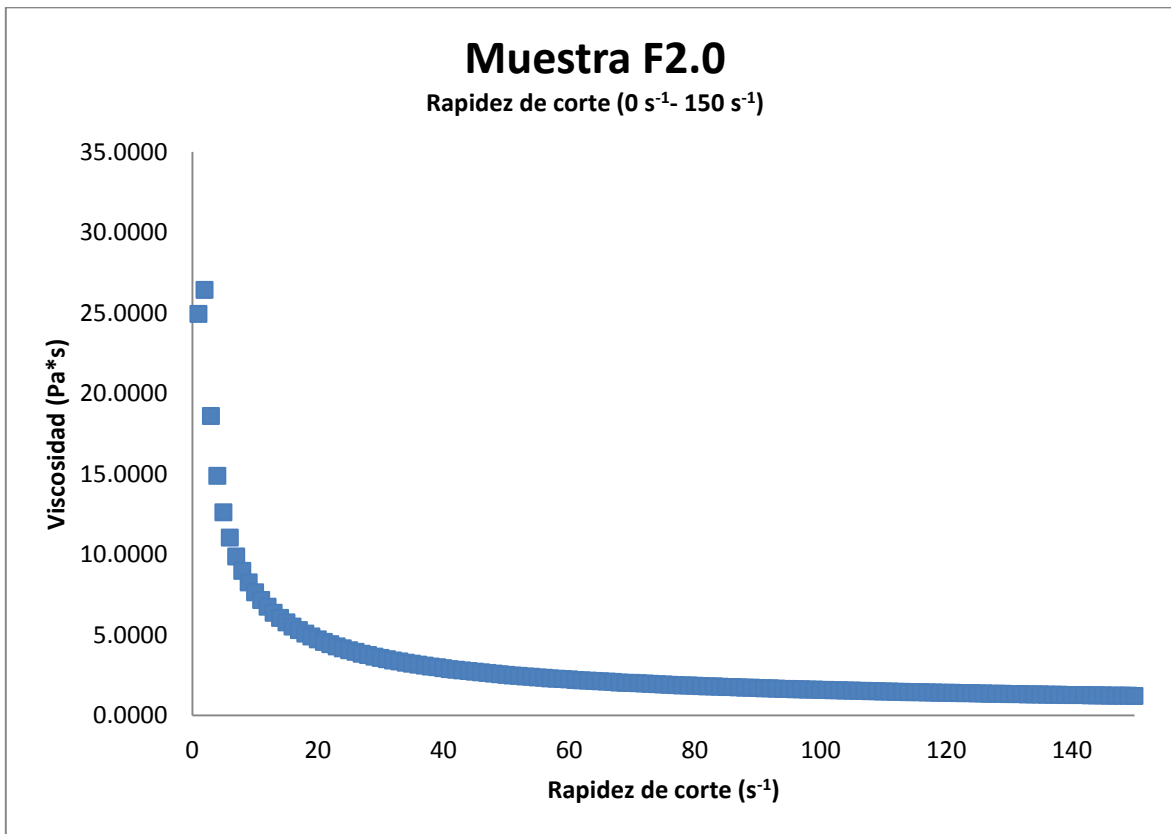


Ilustración 23. Gráfica de viscosidad de la muestra F2.0 ( $0 \text{ s}^{-1}$ - $150 \text{ s}^{-1}$ ).

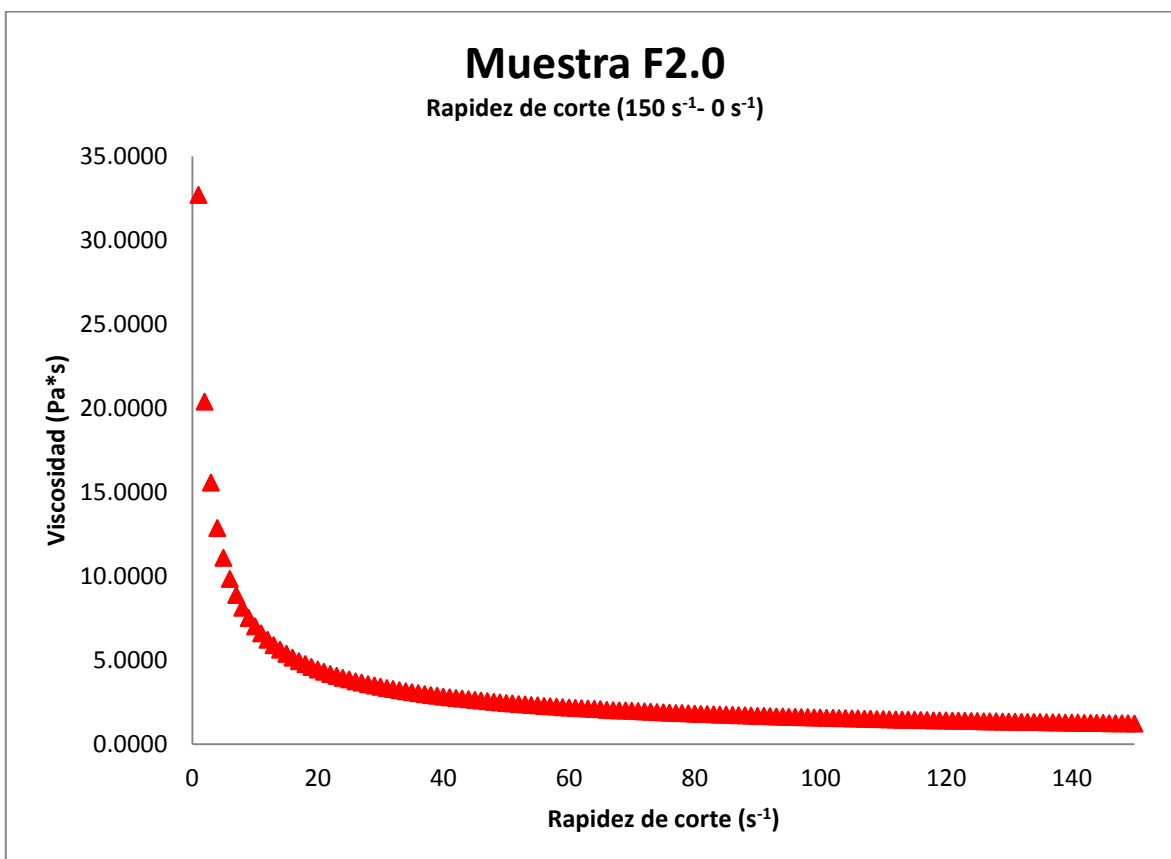


Ilustración 24. Gráfica de viscosidad de la muestra F2.0 ( $150 \text{ s}^{-1}$ - $0 \text{ s}^{-1}$ ).

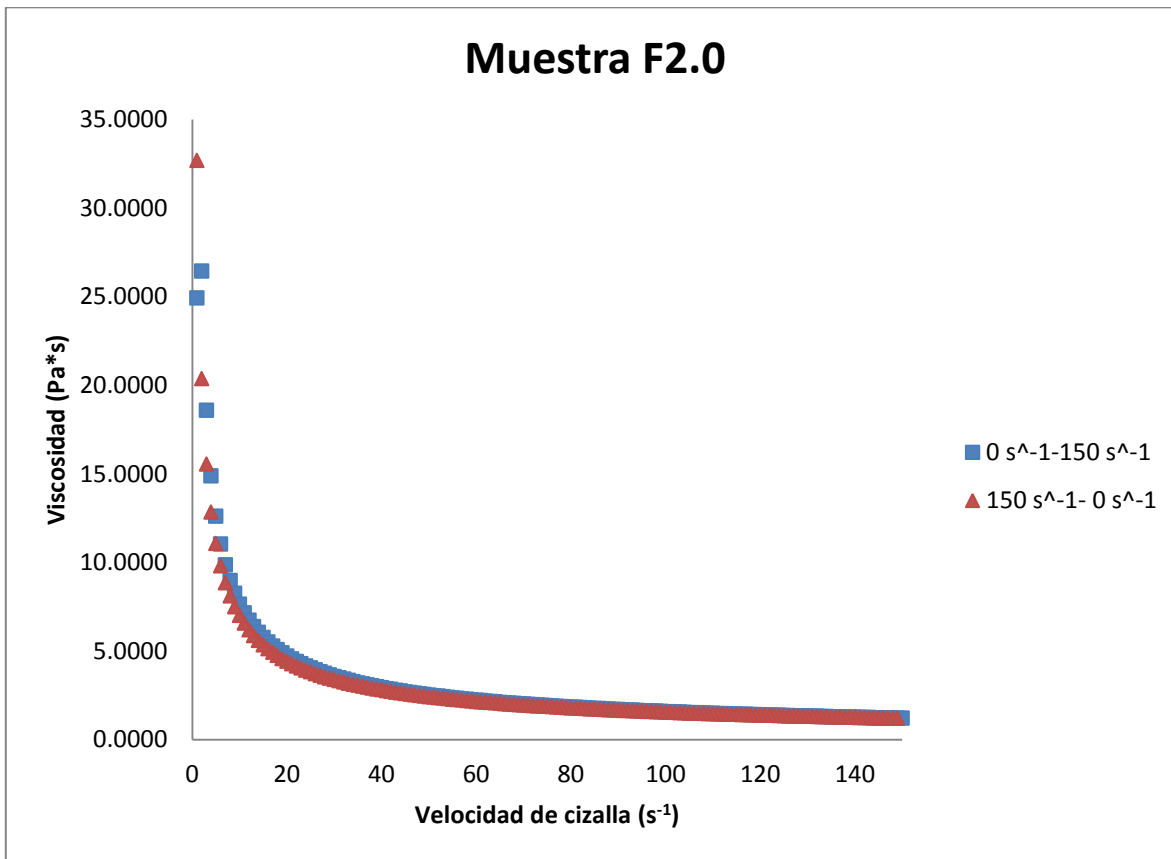


Ilustración 25. Gráfica de viscosidad de la muestra F2.0 (0  $s^{-1}$ -150  $s^{-1}$  y 150  $s^{-1}$ -0  $s^{-1}$ ).

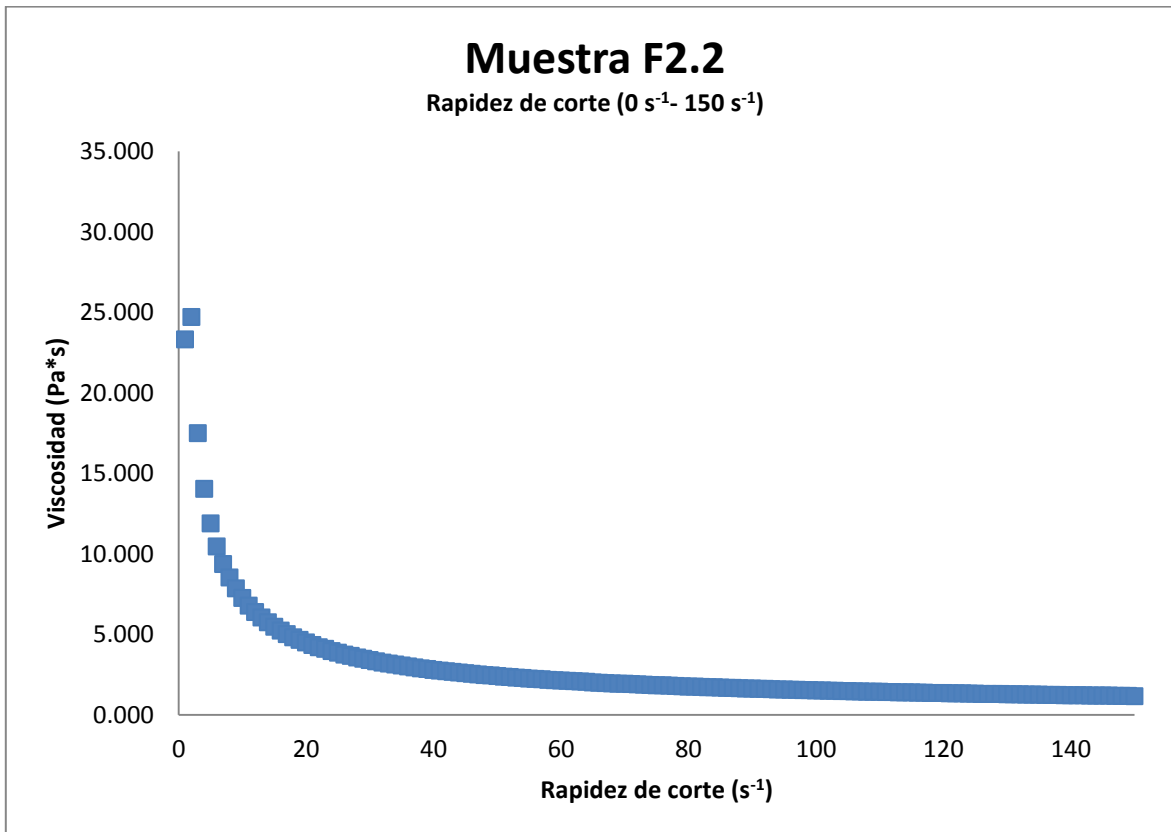


Ilustración 26. Gráfica de viscosidad de la muestra F2.1 (0  $s^{-1}$ -150  $s^{-1}$ ).

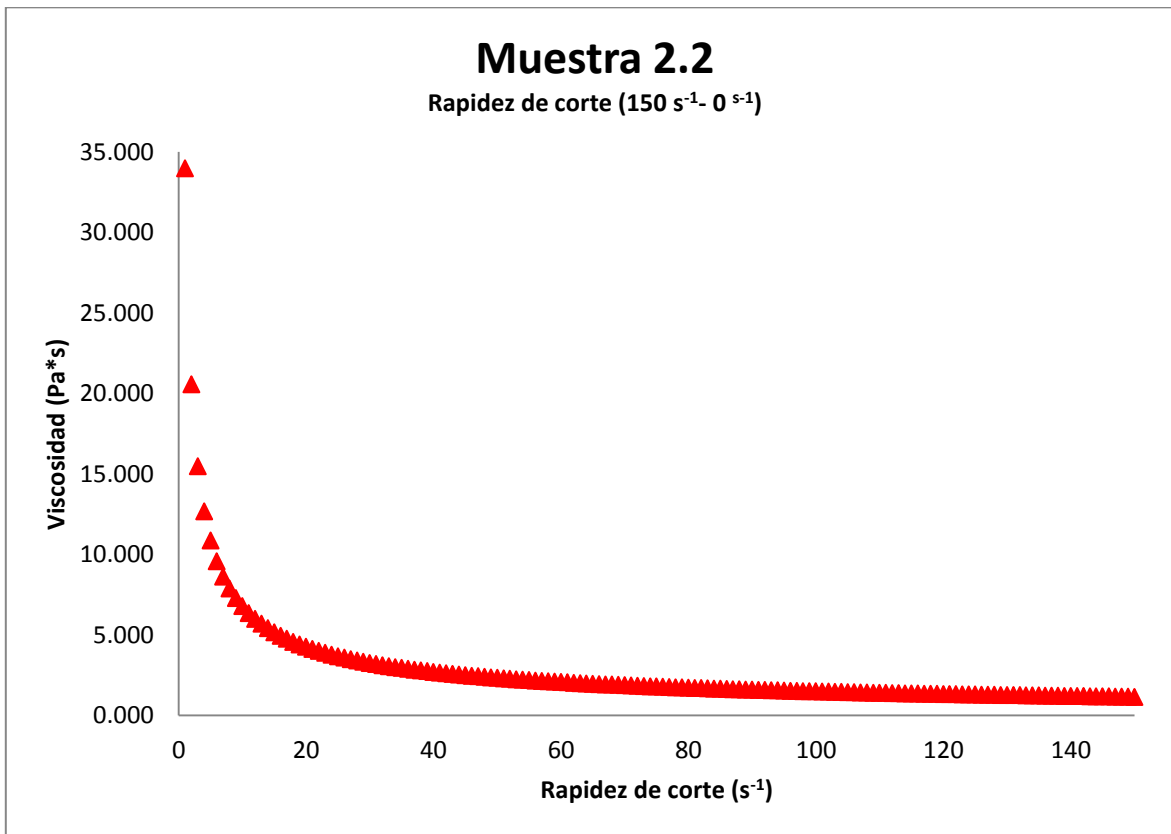


Ilustración 27. Gráfica de viscosidad de la muestra F2.2 ( $150 \text{ s}^{-1}$ - $0 \text{ s}^{-1}$ ).

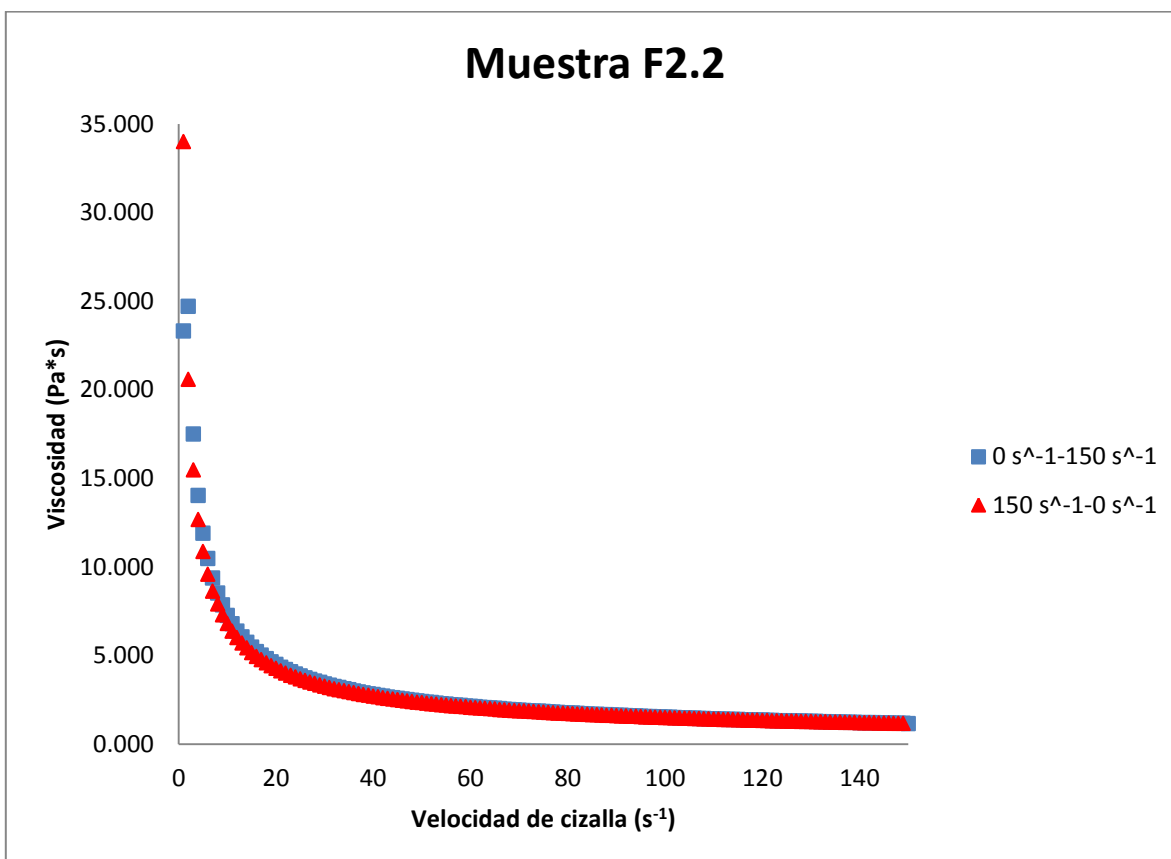


Ilustración 28. Gráfica de viscosidad de la muestra F2.1 ( $0 \text{ s}^{-1}$ - $150 \text{ s}^{-1}$  y  $150 \text{ s}^{-1}$ - $0 \text{ s}^{-1}$ ).



## 6.4. Tixotropía

### Muestra testigo F1.0 y muestra sometida a estrés térmico F1.1

En la ilustración 29 y 30 se puede observar los valores de tixotropía para el primer y segundo ciclo obtenidos al aumentar ( $0 \text{ s}^{-1}$ - $150 \text{ s}^{-1}$ ) y disminuir ( $150 \text{ s}^{-1}$ -  $0 \text{ s}^{-1}$ ) la rapidez de corte sobre la muestra F1.0 mientras que en ilustraciones 32 y 33 muestran los valores de tixotropía para el primer y segundo ciclo obtenidos al aumentar ( $0 \text{ s}^{-1}$ - $150 \text{ s}^{-1}$ ) y disminuir ( $150 \text{ s}^{-1}$ - $0 \text{ s}^{-1}$ ) la rapidez de corte sobre la muestra F1.1. En estos cuatro gráficos (ilustración 29, 30, 32 y 33) se puede observar que ambas muestras presentan un comportamiento tixotrópico, lo cual indica que esta emulsión cosmética tiene un comportamiento no Newtoniano dependiente del tiempo es decir, que la consistencia de estas emulsiones depende de la duración de la agitación y de la velocidad de deslizamiento. Se debe tomar en cuenta que la tixotropía de esta emulsión estará muy ligada al tipo de modificador reológico que se utiliza así como el contenido de la fase interna. En este caso ambas muestras utilizan carbopol 940 y goma xanthan como modificadores reológico sin embargo, la goma xanthan tiene un comportamiento pseudoplástico pero no tiene características tixotrópicas por lo cual el comportamiento tixotrópico de estas muestras esta ligado al carbopol 940 y la concentración de la fase oleosa.

En la ilustración 35 se puede apreciar que la muestra testigo tiene un asa de histéresis mucho mayor lo cual indica que el grado de ruptura estructural de la muestra F1.0 es mayor que en la muestra F1.1 debido a que no existe el suficiente tiempo para que se restablezca la estructura de la muestra F1.0 mientras que la muestra F1.1 existe un mayor restablecimiento de la estructura aunque se requiere de un mayor esfuerzo para que estas estructuras se restablezcan lo cual indica que existe un mayor enredamiento de las cadenas del polímero.

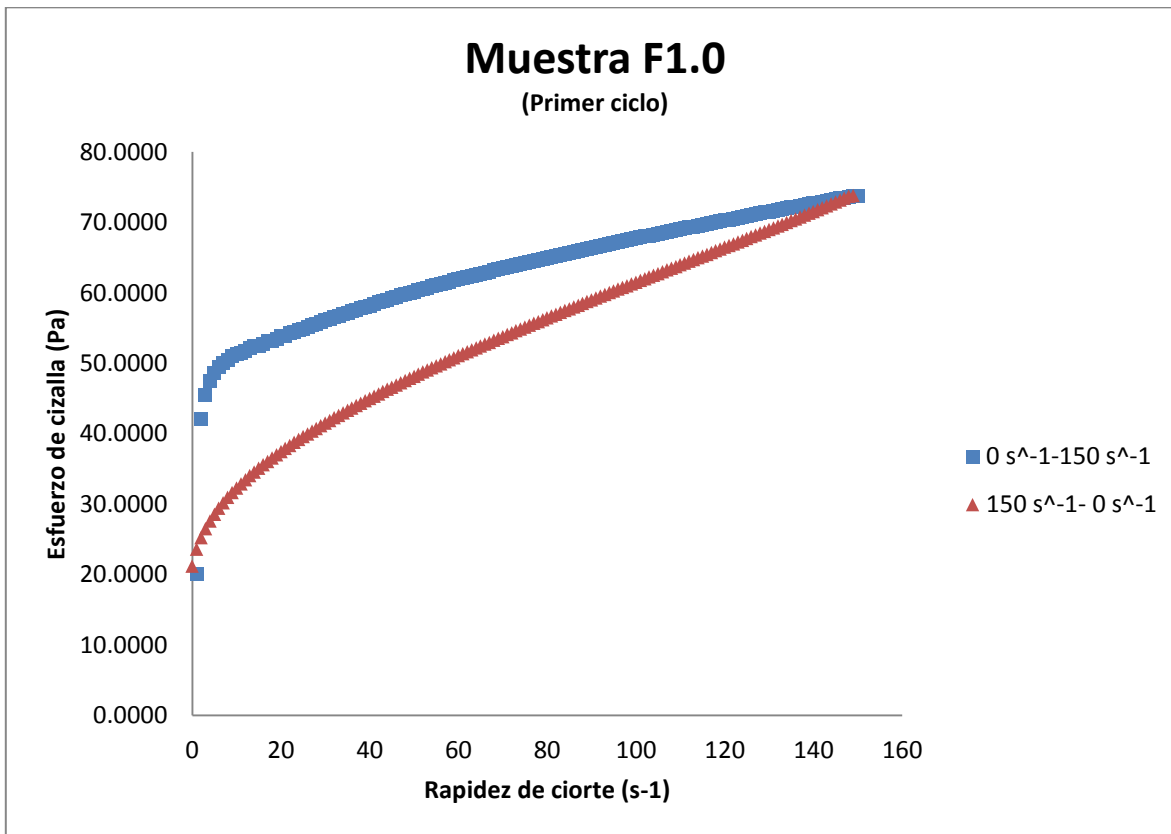


Ilustración 29. Gráfica de tixotropía (primer ciclo) de la muestra F1.0.

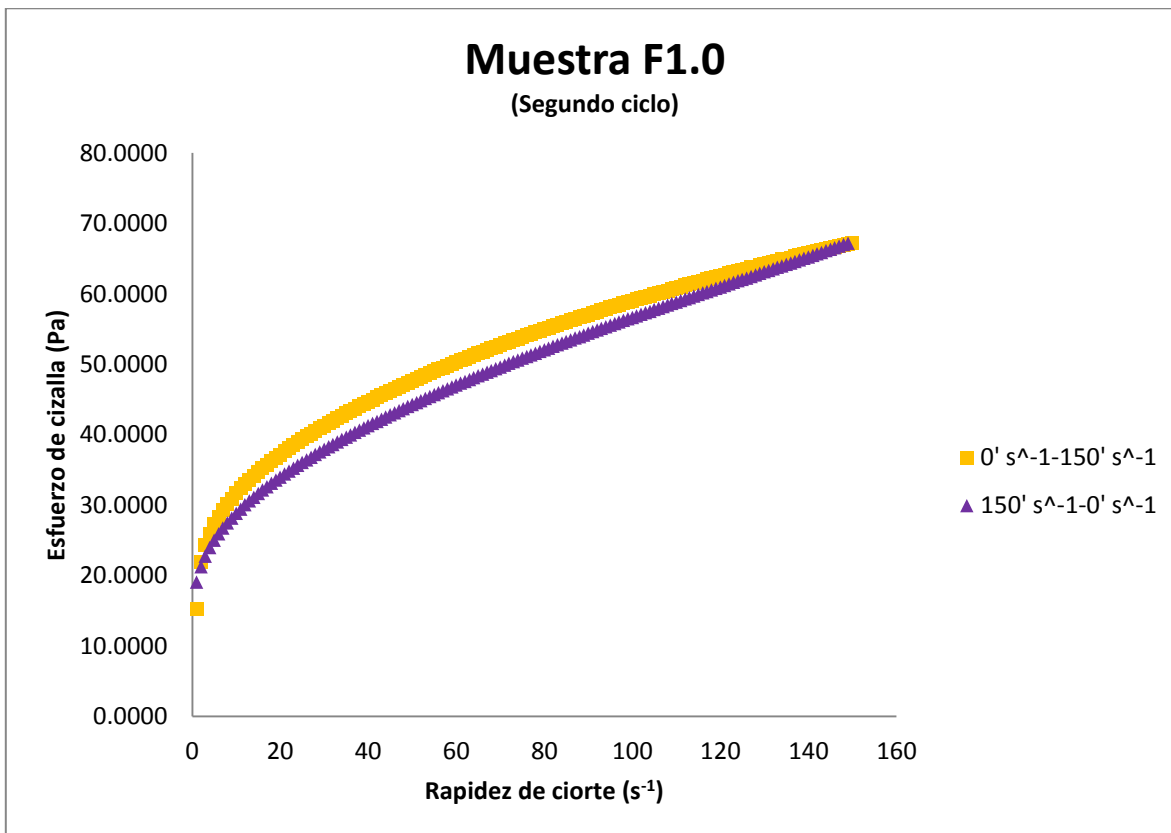


Ilustración 30. Gráfica de tixotropía (segundo ciclo) de la muestra F1.0.

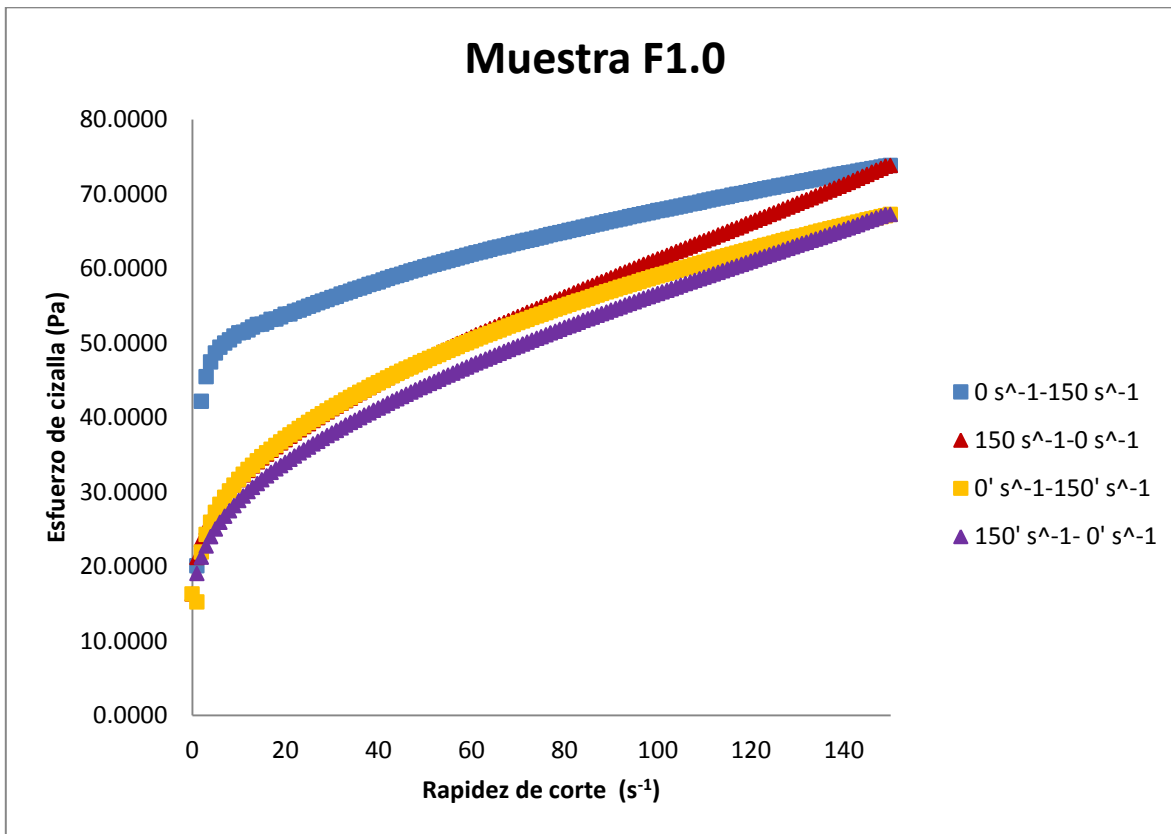


Ilustración 31. Gráfica de tixotropía (primer y segundo ciclo) de la muestra F1.0.

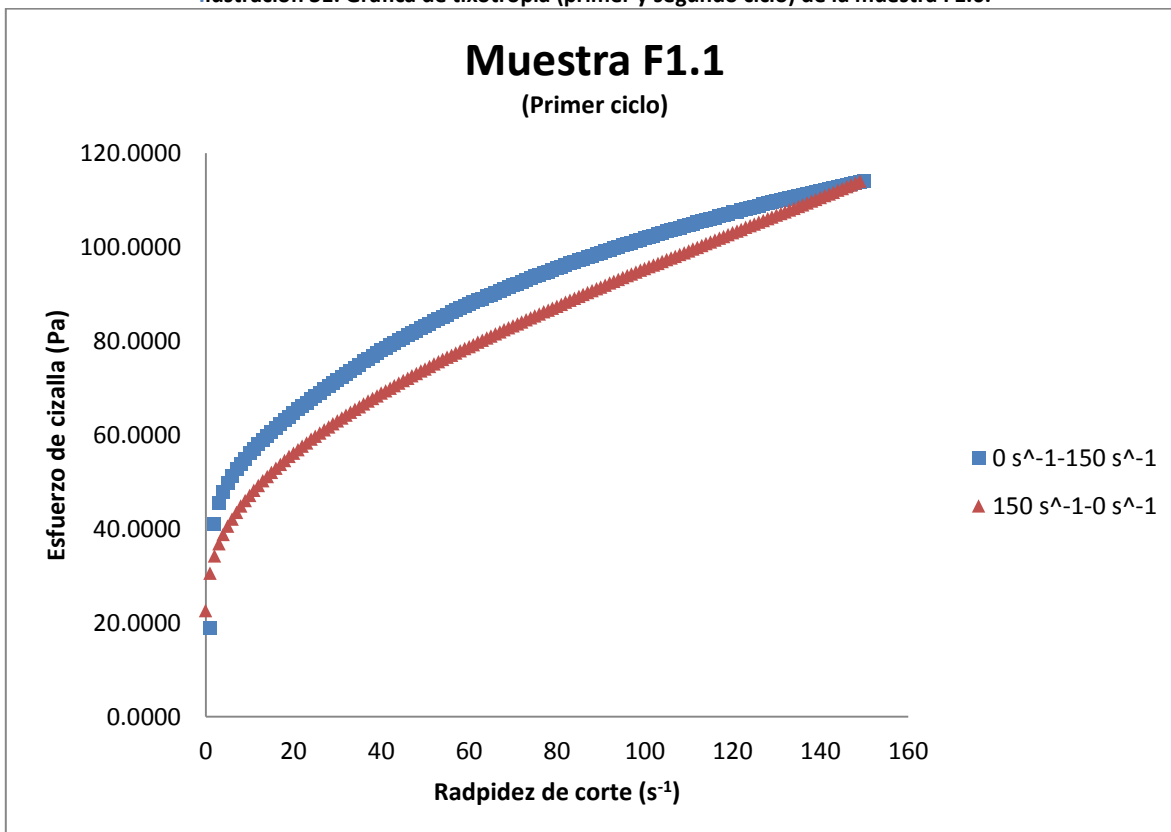


Ilustración 32. Gráfica de tixotropía (primer ciclo) de la muestra F1.1.

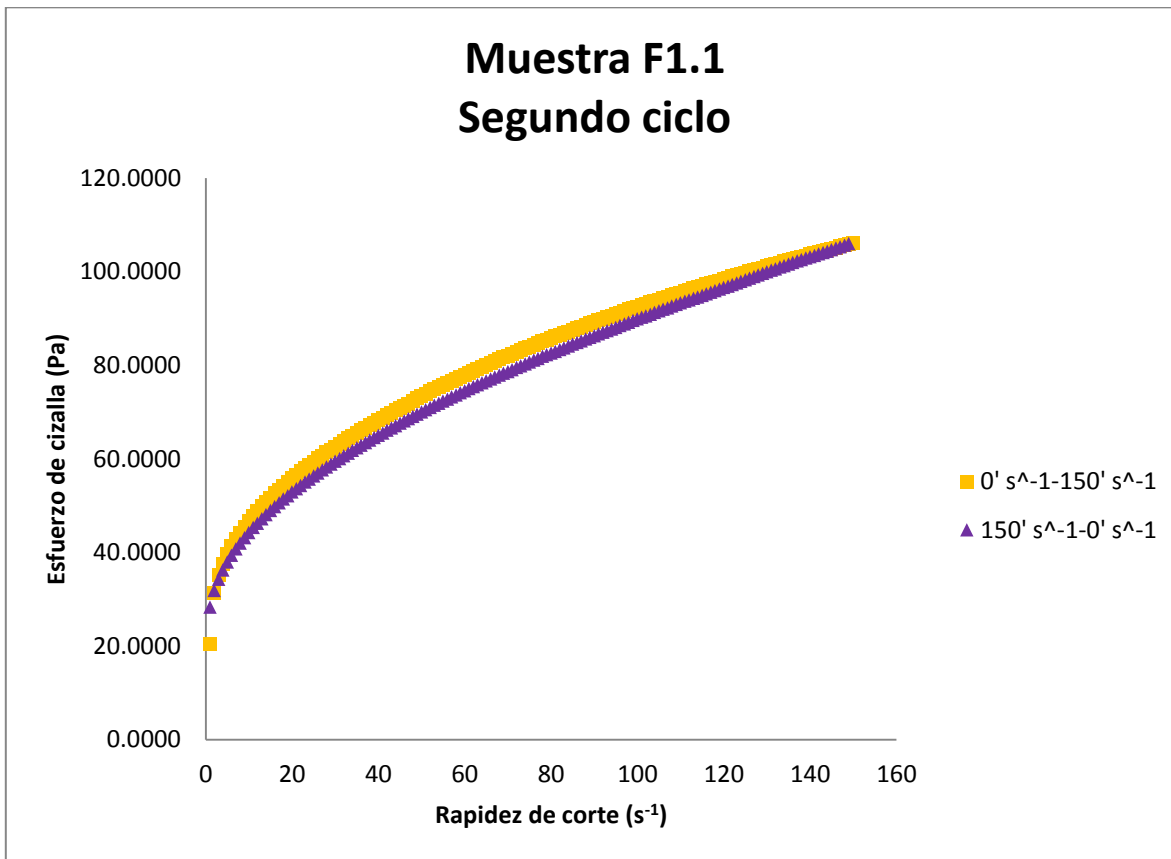


Ilustración 33. Gráfica de tixotropía (segundo ciclo) de la muestra F1.1.

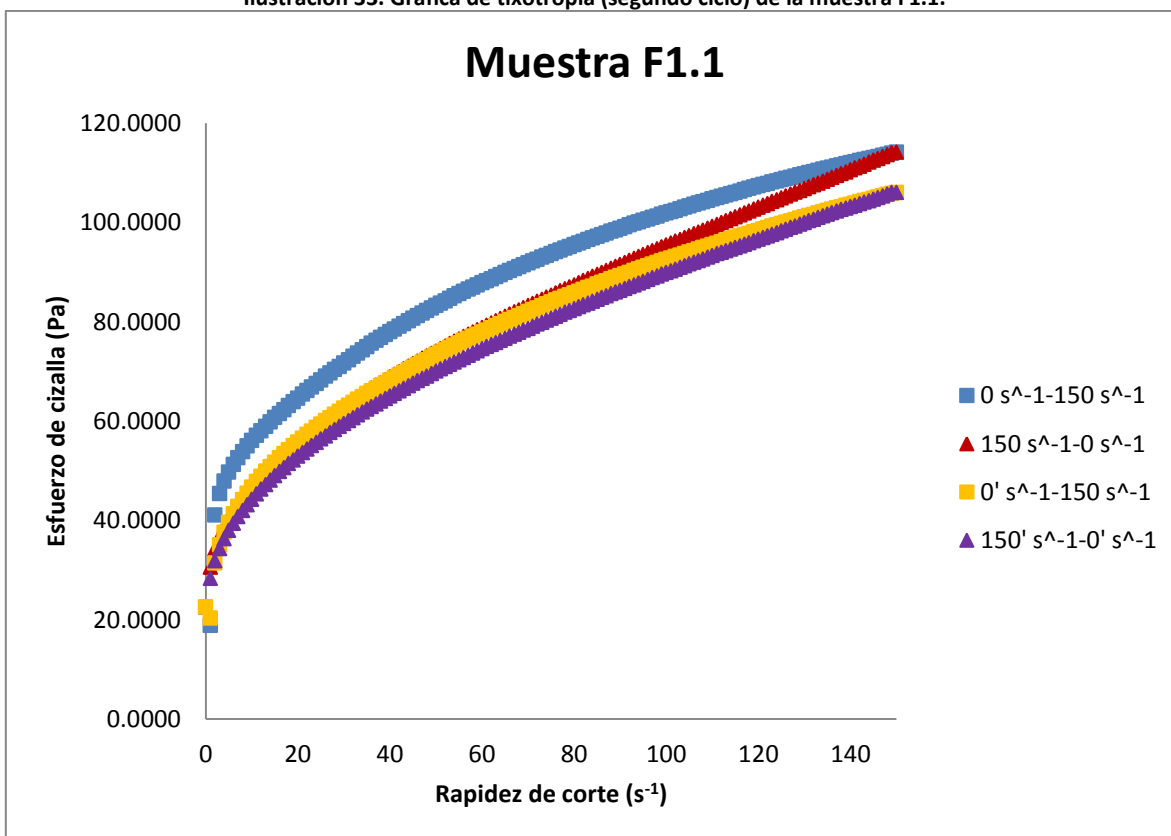


Ilustración 34. Gráfica de tixotropía (primer y segundo ciclo) de la muestra F1.1.

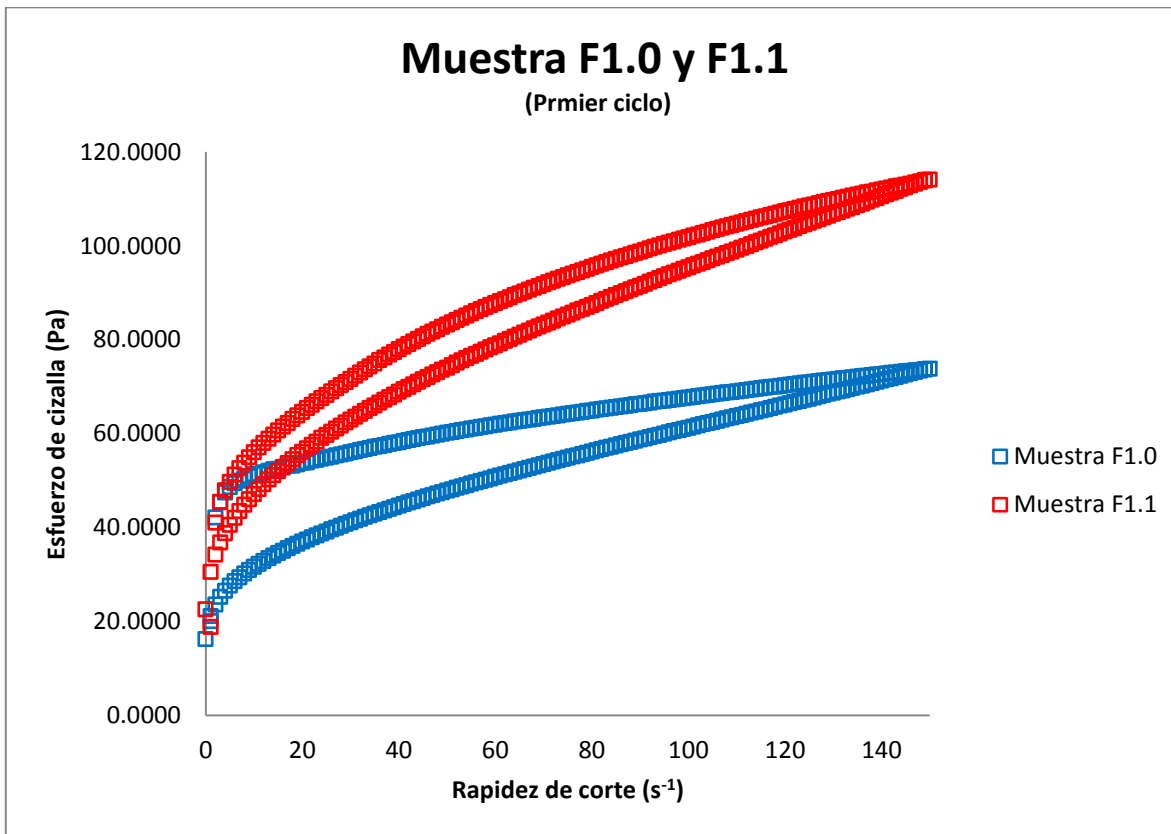


Ilustración 35. Comparación del primer ciclo tixotrópico de las muestras F1.0 y F1.1.

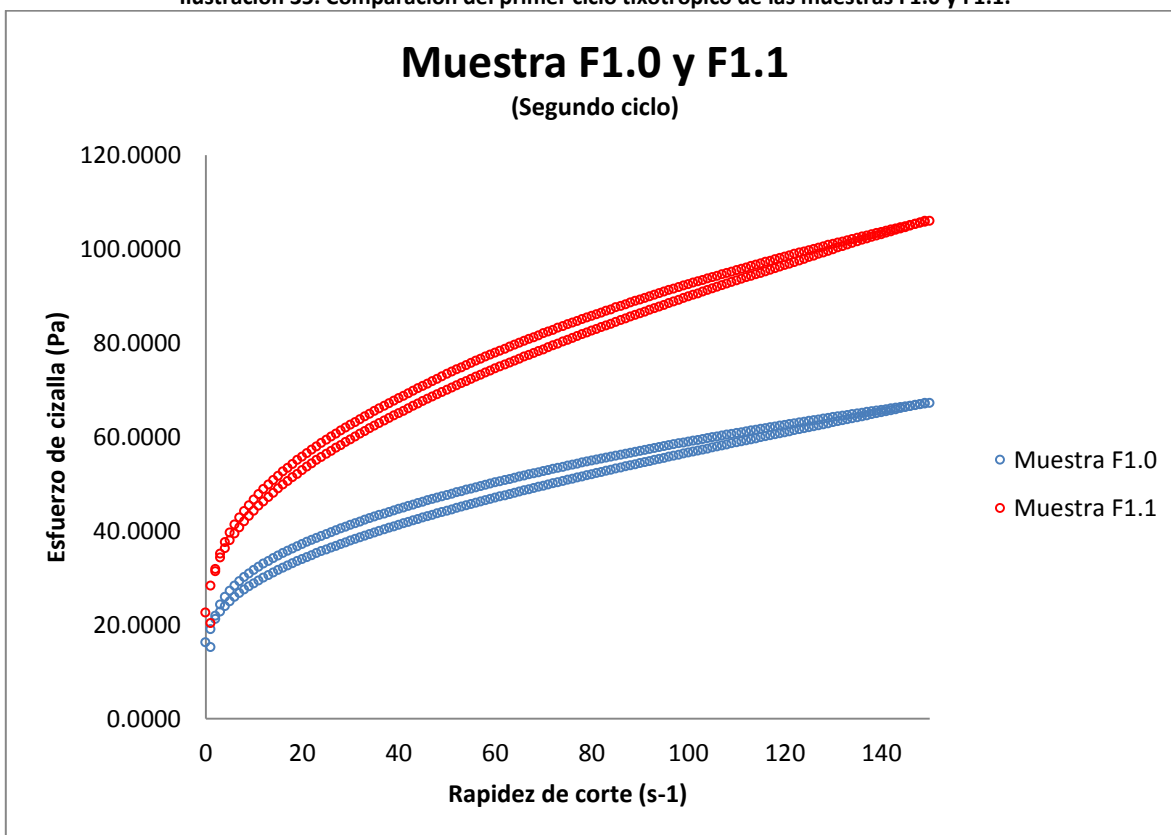


Ilustración 36. Comparación del segundo ciclo tixotrópico de la muestra F1.0 y F1.1.

### **Muestra testigo F2.0 y muestra sometida a estrés térmico F2.1**

En la ilustración 37 y 38 se puede observar los valores de tixotropía para el primer y segundo ciclo obtenidos al aumentar ( $0 \text{ s}^{-1}$ - $150 \text{ s}^{-1}$ ) y disminuir ( $150 \text{ s}^{-1}$ -  $0 \text{ s}^{-1}$ ) la rapidez de corte sobre la muestra F2.0 mientras que las ilustraciones 40 y 41 muestran los valores de tixotropía para el primer y segundo ciclo al aumentar ( $0 \text{ s}^{-1}$ - $150 \text{ s}^{-1}$ ) y disminuir ( $150 \text{ s}^{-1}$ - $0 \text{ s}^{-1}$ ) la rapidez de corte sobre la muestra F2.1. En estos cuatro gráficos (ilustración 37, 38, 40 y 41) se puede observar que ambas muestras presentan un comportamiento tixotrópico, lo cual indica que esta emulsión cosmética tiene un comportamiento no Newtoniano dependiente del tiempo es decir, que la viscosidad de estas emulsiones depende de la duración de la agitación y de la velocidad de deslizamiento. En estas ilustraciones se puede observar que el asa de histéresis en cada uno de los ciclos es casi inapreciable lo que indica que el grado de ruptura tixotrópica de la estructura es mucho menor es decir que la estructura que se rompe por las altas velocidades de cizalla se restablece casi por completo lo cual permite considerar estas muestras como sistemas continuos debido a la baja concentración de la fase oleosa y a la mayor capacidad de las gotas de aceite para recuperar su forma después de aplicar una fuerza sobre estas.

En la ilustración 43 se puede apreciar que la muestra patrón tiene un asa de histéresis mucho mayor lo cual indica que el grado de ruptura estructural de la muestra F1.0 es mayor lo cual indica que no existe el suficiente tiempo para que se restablezca la estructura de la muestra F1.0 mientras que la muestra F1.1 existe un mayor restablecimiento de la estructura y tampoco se requiere de un mayor esfuerzo para que estas estructuras se restablezcan.

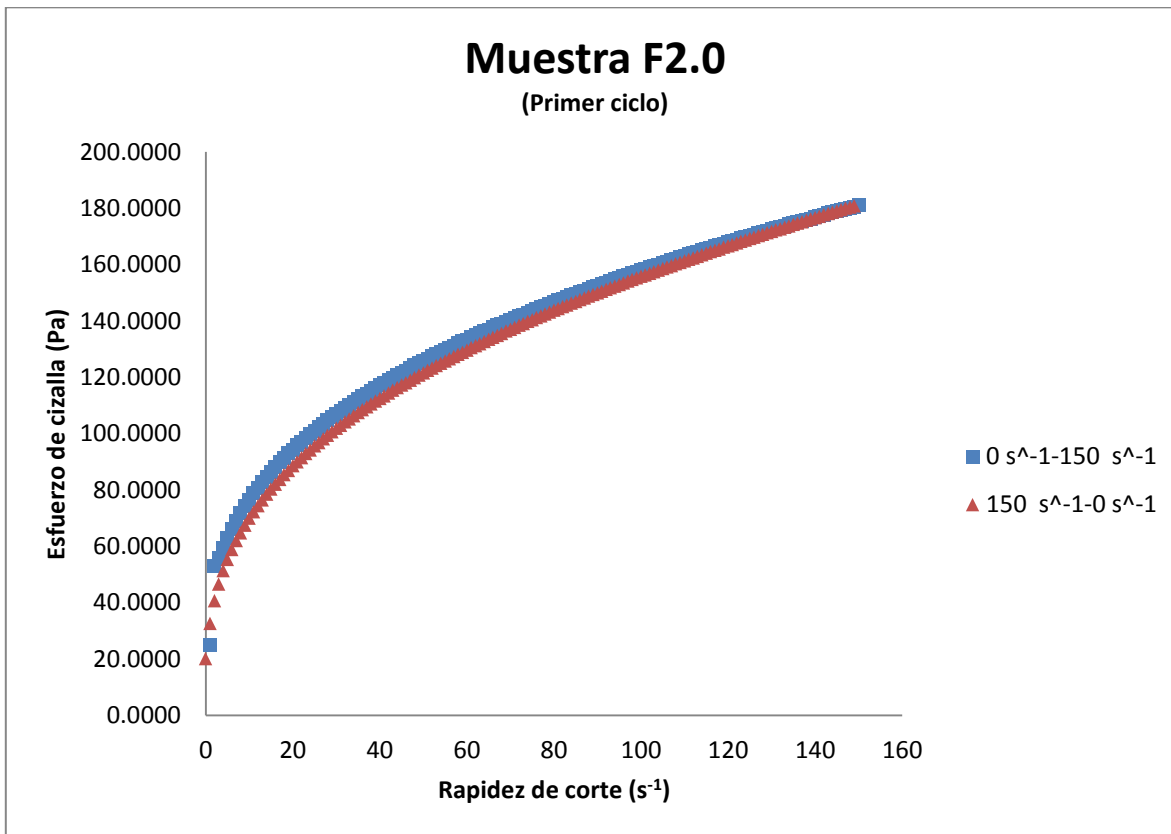


Ilustración 37. Gráfica de tixotropía (Primer ciclo) de la muestra F2.0



Ilustración 38. Gráfica de tixotropía (segundo ciclo) de la muestra F2.0.

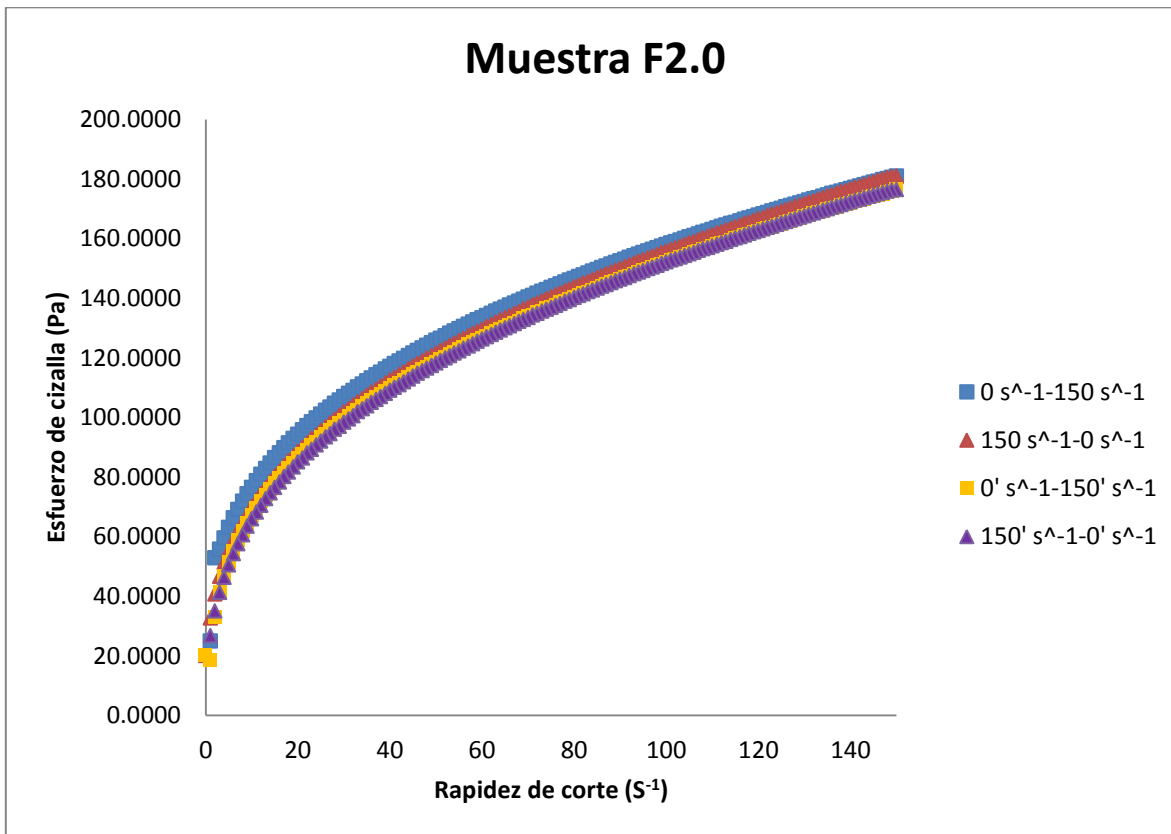


Ilustración 39. Gráfica de tixotropía (primer y segundo ciclo) de la muestra F2.0.



Ilustración 40. Gráfica de tixotropía (primer ciclo) de la muestra F2.2.



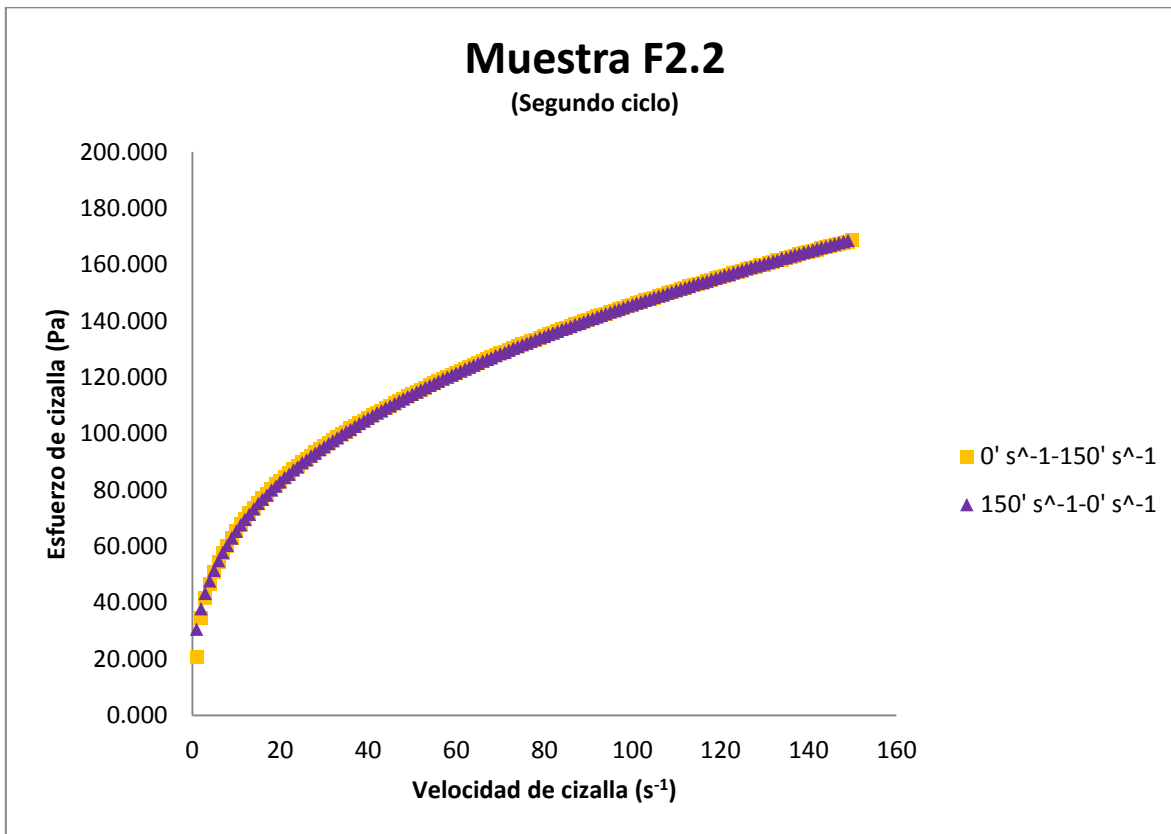


Ilustración 41. Gráfica de tixotropía (segundo ciclo) de la muestra F2.2.

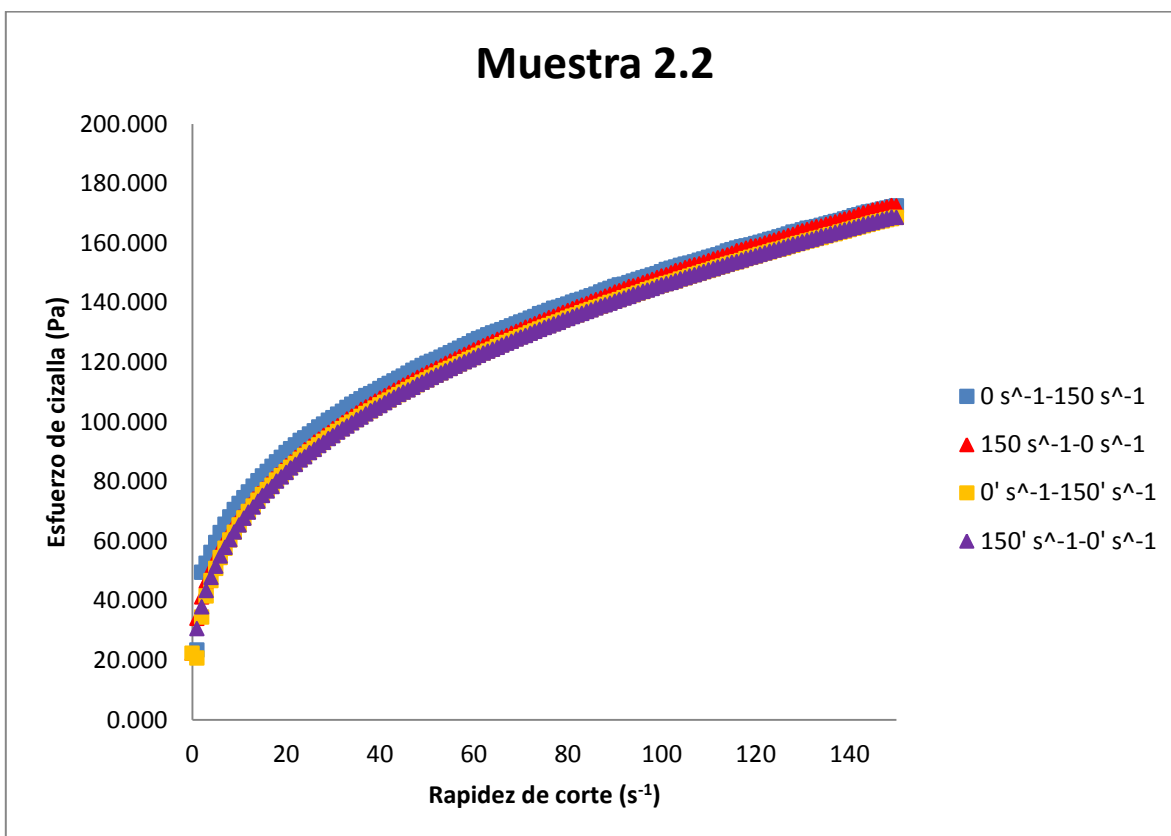


Ilustración 42. Gráfica de tixotropía de la muestra 2.2.

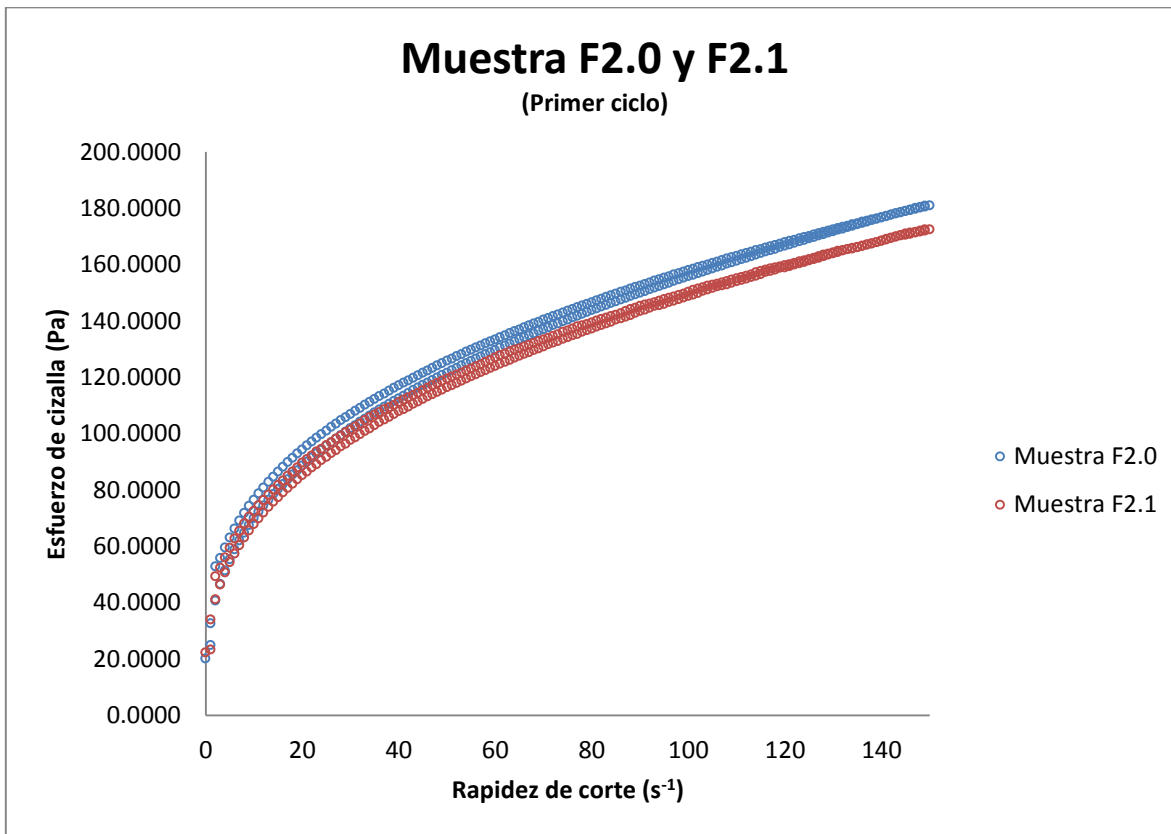


Ilustración 43. Gráfica de primer ciclo tixotrópico de las muestras F2.0 y F2.1.

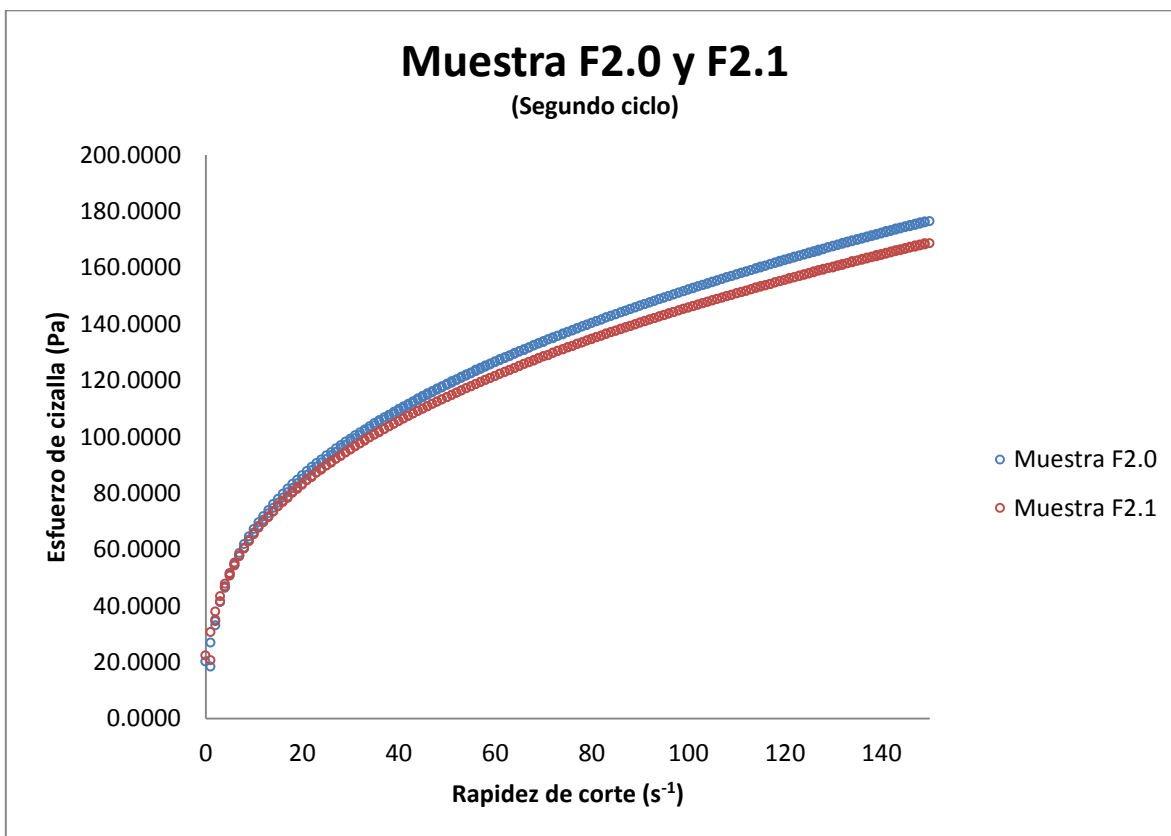


Ilustración 44. Gráfica del segundo ciclo tixotrópico de las muestras F2.0 y F2.1.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos obtenidos de viscosidad y tixotropía de las muestras testigo y las muestras sometidas a estrés térmico, se puede establecer que la emulsión formulada con poliacrilato de sodio (muestra F2.0 y F2.1) forma emulsiones más estables; como se puede apreciar en las gráficas de viscosidad y tixotropía de dichas muestras. Además el uso de poliacrilato de sodio como emulsificante tiene la ventaja de que no se requiere conocer el HLB de la fase oleosa y tampoco es necesario adicionar algún otro compuesto para mejorar la estabilidad de dicha emulsión sin embargo estos sistemas tienden a tener un mayor porcentaje de agua por lo cual es necesario prevenir altas concentraciones de iones que pudieran interactuar con los grupos  $-\text{COO}^-$  ya que de ser así, la estructura del polímero se colapsaría provocando la separación de las fases, otro problema en este tipo de emulsiones es que no permite porcentajes muy altos de fase oleosa.

## Bibliografía

- N°
- 1 Drew Myers, 2006, **Surfactant Science and technology**, 3<sup>ra</sup> Edición, EUA, Jhon Wiley & Sons, Inc. p. 1-28, 220-243.
  - 2 Dr. Charlet Egbert, 1996, **Cosmética para farmacéuticos**, 1<sup>ra</sup> Edición, España, ACRIBIA, S.A. p. 61-68, 103-110.
  - 3 J.B. Wilkinson y R.J. Moore, 1990, **Cosmetología de Harry**, 7<sup>a</sup> Edición, España, DÍAZ DE SANTOS, S.A. p. 747-837.
  - 4 Miller Cavitch, Susan, 2003, **Guía Práctica Para Hacer Jabón**, 1<sup>ra</sup> Edición, España, Paidotribo. P. 259-261.
  - 5 Badui Dergal, Salvador, 1993, **Química de los alimentos**, 3<sup>ra</sup> Edición, México, Addison Wesley Longman de México, S.A. de C.V. p. 259-270.
  - 6 Viglioglia, Pablo Alberto y Rubin, Jaime, 2005, **Cosmetría II**, Edición Homenaje, Argentina, Skyy media Group. p. 90-119.
  - 7 Becher, Paul, 2001, **Emulsions: Theory and practice**, 3<sup>ra</sup> Edición, Estados Unidos de Norte América, Oxford University Press. P. 183-230.
  - 8 N.Cubero, A.Monferrer y J.Villalta, 2002, **Aditivos alimentarios**, 1<sup>ra</sup> Edición, España, Ediciones Mundi-Prensa. p. 161-169.
  - 17 S.Silberbberg, Martin, **Química General**, 2<sup>da</sup> Edición, México, McGraw-Hill Companies, Inc., 2002. p. 1035-1038.
  - 18 Bonadeo Igino, 1964, **Cosméticos extracutáneos**, Editorial Científico-Médica, Barcelona. p. 457-563.
  - 19 O. Barel Andréa, 2009, **Hanbook of cosmetic science and technology**, 3<sup>ra</sup> Edición, Editorial Marcel Dekker, Inc., New York. p. 417-431.
  - 21 Klaus Wolff... [et.al.], 2009, **Dermatología en medicina general**, 7<sup>a</sup> Edición, Médica Panamericana, Buenos Aires.
  - 22 Aftel, Mandy, 2002, **"Pequeña historia del perfume: la alquimia de las**

- esencias"**, Barcelona, PAIDÓS. p. 55-101.
- 23 Drew Myers, 1999, **Surfaces, Interfaces, and Colloids: Principles and Applications**, Segunda Edición, Jhon Wiley & Sons, Inc.
- 24 Alfonso R. Gennaro, 2003, **Remington Farmacia**, 20ª Edición, Médica panamericana, Buenos Aires. p. 365-385.
- 26 Bregni Carlos, Pasquali C. Ricardo & Sacco Natalia, 2009, **"The studies on Hydrophilic-Lipophilic Balance (HLB): Sixty Years after William C. Griffin's Pioneer Work (1949-2009)"**, *Latin American Journal of Pharmacy*, 2009, núm. 28.
- 27 Ullmann, Fritz, 2003, **Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry**, WILEY-VCH, Vol. 11.
- 28 E. Desmond Goddard, James V. Gruber, 1999, **"Principles of polymer science and technology in cosmetic and personal care"**, Marcel Dekker, Inc., Vol.22. p. 217.
- 29 Klaus Wolf...[et.al.], 2009, **"Dermatología en medicina general"**, 7ª Edición, Médica Panamericana, Buenos Aires. p. 2357-2371.
- 30 L. Mott Robert, **"Mecánica de fluidos aplicada"**, 4ª Edición, Prentice Hall, México. p. 26-46.
- 31 Gösta Bylund, 2003, **"Manual de industrias lácteas"**, 3ª Edición, Mundi-Prensa, Madrid. p. 37-44.

### Bibliografía electrónica

Nº

- 9 Hamilton dos Santos, **"Emulsiones Cosméticas"**, *Cosméticos & Tecnología Latinoamericana*, Edición digital, Vol.1, núm.4, Julio-Agosto del 2010. En [www.cosmeticsonline.la](http://www.cosmeticsonline.la)
- 10 Klein, Ken, **"Formulando Emulsiones Cosméticas: Una Guía para Principiantes"**, *Cosméticos & Tecnología Latinoamericana*, Edición digital, Vol.4, núm.2, Abril-Junio de 2005. En [www.cosmeticsonline.la](http://www.cosmeticsonline.la)

- 11 D.Goncalves Sebastiao, "**Razones para Preservar Cosméticos**", *Cosméticos & Tecnología Latinoamericana*, Edición digital, Vol. 1, núm.5, Septiembre-Octubre de 2010. En [www.cosmeticsonline.la](http://www.cosmeticsonline.la)
- 12 Franquilino, Erica, "**Tendencias de mercado en perfumería**", *Cosméticos & Tecnología Latinoamericana*, Edición digital, Vol. 2, núm.4, Julio-Agosto de 2011. En [www.cosmeticsonline.la](http://www.cosmeticsonline.la)
- 13 Fàbregas, Anna y Del Pozo, Alfonso, "**Conceptos básicos de hidratación cutánea (III). Mecanismos de hidratación activa y pasiva**", *OFFARM*, Edición digital, Vol.25, núm.9, Octubre 2006. En [www.dfarmacia.com](http://www.dfarmacia.com)
- 14 Fàbregas, Anna y Del Pozo, Alfonso, "**Conceptos básicos de hidratación cutánea (IV). Hidratación activa: Humectantes**", *OFFARM*, Edición digital, Vol.26, núm.1, Enero 2007. En [www.dfarmacia.com](http://www.dfarmacia.com)
- 15 M.C.Romero y Alfonso del pozo, "**Siliconas y sus derivados organomodificados. Utilización en cosmética (I). Introducción**", *OFFARM*, Vol.23, núm.7, Julio-Agosto de 2004. En [www.dfarmacia.com](http://www.dfarmacia.com)
- 16 Food and Drug Administration, "**Aditivos de color y cosméticos**", en <http://www.fda.gov/ForIndustry/ColorAdditives/ColorAdditivesinSpecificProducts/InCosmetics/ucm110032.htm> (21 de mayo de 2012).
- 20 **Neutralizing Carbopol<sup>R\*</sup> and Pemulen<sup>TM</sup> Polimers in Aqueous and Hidroalcoholic Systems,** Lubrizol, <http://espanol.lubrizol.com/PersonalCare/Products/Carbopol/940.html> (06 de Junio de 2012).
- 25 CANIPEC, **La industria cosmética en el 2011,** en [http://www.canippec.org.mx/woo/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5&Itemid=2](http://www.canippec.org.mx/woo/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=2) (29 de julio de 2012).

# ANEXO 1

## TABLE 1<sup>14</sup>

	Application of Surfactant	Reference Numbers Identified in Table 4	
		Typical Single Surfactant	Typical Blend (Approx. HLB Range)
AGRICULTURAL	Herbicide, Emulsifiable Concentrate		
	2, 4D	401	
	Chlordane		951 (11-12)
	Insecticide Emulsifiable Concentrate		Blends of 901, 902, 903, 904 (10-14)
	Absorption Base, W/O	205, 206	253 (4-6)
	Bath Oils	132, 308, 911, 610	
	Creams, O/W		
	All Purpose		Blends of 200, 300, 500, 600 Classes
	Aluminum Salt (Antiperspirant)	131	551 (16-17)—600 Class (16-17)
	Cold Creams, O/W		Blends of 200, 300, 500, 600 Classes, preferably stearates, and 421, 422
COSMETICS	Stearic Acid, O/W		Blends of 200, 300, 500, 600 Classes
	Lotions, O/W		
	Aluminum Salt	131	551 (16-17)—600 Class (16-17)
	Mineral Oil		Blends of 200, 300, 500, 600 pref. stearates, 255
	Stearic Acid		Blends of 200, 300, 500, 600 Classes
	Creams and Lotions, W/O	205, 206	253 (4-6)
	Hair Dressing (see Lotion, Mineral Oil)		
	Oils, Emulsifiable	601, 606, 609	600 Class
	Solubilization		
	Essential Oils	301, 605	
FOODS	Mineral Oils	611, 612	657 (10-16)
	Waxes	611, 612	
	Cakes and Cake Mixes		
	White, Chocolate, Yellow	111, 114	151 (4-8)
	Sponge		151 (4-8)
	Candy		
	Chocolate, Confectionery Coating, Bloom Retardant	203	252 (5-10)
	Ingredient to Prevent Sticking	112	
	Starch Jellies Tenderizer	113	
	Sugar Coating, Panning	303	
Chewing Gum Plasticizer	112, 113		
Coffee Whiteners	101	154, 155, 252 (3-8)	
Color Dispersants			
O/W	301-306		
W/O	102		
Dehydrated Fruits and Vegetables			
Foam Mat Process	113		
Potatoes, Reconstituted	113		
Dog Food	111, 114		
Emulsified Shortening	111	151, 153 (4-6)	
Fat and Oil Emulsions			
Gravies	113		
Hydrogenated Shortening, Lard, etc.		151 (6-7)	
Margarine	111, 112		
Safflower, Cottonseed, etc.		151 (5-6)	
Flavor Oil "Emulsions"			
O/W Emulsion		152 (10-12), 252	
Solubilizer or Dispersing Agent, O/W	306		
Ice Cream and Frozen Desserts	101, 141, 305		
Added "Dryness"	306		

After experimentally determining the "Required HLB" for your own emulsion ingredients, look up your application here. Opposite it you will find references to suggested typical "single" ATLAS surfactants for your evaluation, as well as suggestions for blends you can make of two or more surfactants. Refer to Table 4 to find chemical identity and HLB range of various surfactants and blends. Surfactants and blends will almost inevitably "work best" for you if selected or blended to match the "Required HLB" you have previously determined.

<sup>14</sup> THE HLB SYSTEM a time-saving guide to emulsifier selection.

**TABLA 1**

	Application of Surfactant	Reference Numbers Identified in Table 4	
		Typical Single Surfactant	Typical Blend (Approx. HLB Range)
FOODS—cont.	Icings	111, 303	153 (5-9)
	Peanut Butter	112, 113	
	Puddings (Starch Base Custard Type)	102, 113	
	Toppings	101	252 (8-9)
	Wetting of Cocoa Powder	306	
	Acid Stable Emulsions	Blends of 200, 300, 400, 500, 600, 700, and 801	
	Alkali Stable Emulsion, W/ O	Blends of 600 (Generally above 8)	
	Alkali Stable Emulsion, W/O	Blends of 600 (Generally below 6)	
	Cleaning and Degreasing Emulsion		
	Cresylic Acid		251 (8-10)
	Kerosene Type	911	
	Mineral Oil		
	O/W Fluid Emulsion		255, 352, 852 (10-12)
	O/W Mayonnaise Emulsion		352 (8-12)
W/O	205	254 (3-6)	
Mold Release (Silicone Emulsion)		600 Series (8-12)	
INDUSTRIAL PRODUCTS	Paint		
	Pigment Suspension	631, 801	362 (12-15)
	Vehicle Emulsion		
	Linseed Oil	801	851 (10-14)
	Polymerization		854 (12-16)
	Plasticizer Emulsion		354 (12-14)
	Polish Emulsion		
	Wax Base	306, 612	
	Polyethylene	633	656 (10-12)
	Solubilization—Water in Solvent	912	
	Solvent Emulsion	911	
	Water Displacement, Dewatering	307	
	Wax Emulsions		
	Hydrocarbon	306, 612	352, 353 (9-11)
Polyethylene	633	656 (10-12)	
Ointment Bases			
Anhydrous, Absorption W/O	205, 206		
Anhydrous, Washable	303, 304, 307, 501	353 (10-12)	
Ointment, O/W			
Emollient or Oily Type	501	352, 353, 354 (8-14)—651 (10-14)	
“Greaseless” or Vanishing Type	131, 501	351, 353, 354 (8-12)	
Ointment, W/O	206	253, 257 (4-7)	
PHARMACEUTICALS	Oil Emulsions		
	Mineral Oil		352, 353 (10-14)
	Fish or Vegetable Oils		353, 354, 361 (12-15)
	Protective Cream		252 (8-10)
	Solubilization		
	Flavor Oils	306	
	Vitamin Oils	301, 306	
	Suppository Base	304	363 (6-10)—381 (10-14)
	Dyeing		
	Assistants	612, 701	
	Carrier Emulsion		853 (8-12)
	Dispersants, O/W	301, 306	
	Dispersants, W/O	203, 205	
	Textile Chemical Emulsions		
Mineral Oil		Blends of 200, 300, 800	
Wax		Blends of 200, 300, 600, 800	
TEXTILE CHEMICALS			



# ANEXO 2

## TABLA 2<sup>15</sup>

Reference Number	Surfactant Identity	H L B												
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30
<b>Class 100 — Mono and diglycerides</b>														
101	ATMOS 150, palmitate-stearate			■	■									
102	ATMOS 300, oleate		■	■										
111	ATMUL 80, oleate-palmitate		■	■										
112	ATMUL 84, stearate		■	■										
113	ATMUL 124, stearate		■	■										
114	ATMUL 500, stearate-oleate		■	■										
131	ARLACEL 165, stearate								■	■				
132	ARLACEL 186, oleate		■	■										
Blends of:														
151	1ATMUL 80/SPAN 60/TWEEN 60													
152	ATMOS 300/TWEEN 80													
153	ATMUL 80/TWEEN 60													
154	ATMOS 150/TWEEN 60													*
155	ATMOS 150/SPAN 60/TWEEN 60													*
<b>Class 200 — Sorbitan fatty acid esters</b>														
201	ARLACEL 20 or SPAN 20, laurate													
202	ARLACEL 40 or SPAN 40, palmitate													
203	ARLACEL 60 or *SPAN 60, stearate													
204	ARLACEL 65 or SPAN 65, stearate (tri)													
205	ARLACEL 80 or SPAN 80, oleate													
206	ARLACEL 83, oleate (sesqui)													
207	ARLACEL 85 or SPAN 85, oleate (tri)													
216	ARLACEL C, oleate (sesqui)													
Blends of:														
251	SPAN 20/TWEEN 20													
252	SPAN 60/TWEEN 60													
253	SPAN 80/TWEEN 80													
254	SPAN 85/TWEEN 85													
255	SPAN 20/ARLACEL C/TWEEN 20													*
256	SPAN 60/SPAN 80/TWEEN 20													
257	SPAN 60/SPAN 80/TWEEN 60													
<b>Class 300 — Polyoxyethylene sorbitan fatty acid esters</b>														
301	TWEEN 20, laurate													
309	TWEEN 21, laurate													
302	TWEEN 40, palmitate													
303	TWEEN 60, stearate													
304	TWEEN 61, stearate													
305	TWEEN 65, stearate (tri)													
306	1TWEEN 80, oleate													
307	TWEEN 81, oleate													
308	TWEEN 85, oleate (tri)													
Blends of:														
351	TWEEN 20/SPAN 20													
352	TWEEN 40/SPAN 40													
353	TWEEN 60/SPAN 60													
354	TWEEN 80/SPAN 80													
361	TWEEN 60/SPAN 80													*
362	TWEEN 60/SPAN 85													
363	TWEEN 61/SPAN 80													
364	TWEEN 80/SPAN 60													
371	TWEEN 60/MYRJ 52													
381	TWEEN 60/TWEEN 61													
382	TWEEN 81/TWEEN 85													
383	TWEEN 60/TWEEN 65													
<b>Class 400 — Polyoxyethylene sorbitol esters</b>														
411	ATLAS G-1086, oleate													
421	ATLAS G-1702, beeswax													
422	ATLAS G-1726, beeswax													
423	ARLATONE T, oleate													
424	ATLAS G-1441, lanolin derivative													

\* Available from vegetable source raw materials  
 \*\* Blends of mono- and diglycerides and p.o.e. stearate  
 \*\*\*\* These ARLACEL emulsifiers are especially light-colored (peroxide bleached) SPAN type products.

<sup>15</sup> THE HLB SYSTEM a time-saving guide to emulsifier selection.



### ANEXO 3

