

**DESARROLLO DE DOS ANTIESPUMANTES EN DISPROQUIN S.A.S CON
APLICACIÓN EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PAPEL**

Andrés Felipe Rojas Daza

Director (a)

Dr. Edwin Flórez López

Director (a)

Dr. Carlos David Grande Tovar

**Universidad Santiago de Cali
Facultad de Ciencias Básicas,
Programa de Química
Cali, Colombia
2019**

**DESARROLLO DE DOS ANTIESPUMANTES EN DISPROQUIN S.A.S CON
APLICACIÓN EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PAPEL**

Andrés Felipe Rojas Daza

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título
de:
Químico.**

**Director (a)
Dr. Edwin Flórez López
Director (a)
Dr. Carlos David Grande Tovar**

**Línea de Investigación:
Química molecular y supramolecular (USC); Innovación y obtención de
nuevos productos (UA)
Grupo de Investigación:
Química y biotecnología (USC); Fotoquímica y fotobiología (UA)**

**Universidad Santiago de Cali
Facultad de Ciencias Básicas,
Programa de Química
Cali, Colombia**

2019

IMPACTOS

Relacione el (los) impacto(s) que presentó el Trabajo de Grado

IMPACTO	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Económico	Nuevos mercados y aumento en las ganancias	Disproquin S.A.S
Responsabilidad social	Generación de un nuevo empleo	Pasante Universidad Santiago De Cali
Científico	Ponencia oral en la XV semana de la química USC, II Congreso de química del caribe, XVI encuentro de investigación formativa facultad de ciencias básicas USC.	Disproquin S.A.S, Universidad Santiago de Cali, Comunidad científica
Indicadores de Gestión		
Tecnológico	Desarrollo de dos nuevos productos	Industria química y papelera
Técnico	Conocimiento en manejo de reactores a nivel de laboratorio y piloto	Pasante Universidad Santiago de Cali
Ambiental	Productos que bajaron impacto ambiental	Comunidad, fauna y flora
Social	Producción de mejor calidad del papel, oportunidad de nuevos empleos	Comunidad, sector papelerero
Cultural		

DESARROLLO DE DOS ANTIESPUMANTES EN DISPROQUIN S.A.S CON APLICACIÓN AL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PAPEL

Andrés Felipe Rojas Daza ¹, Dr. Edwin Flórez López ¹, Dr. Carlos David Grande Tovar ²

¹ Grupo de investigación QUIBIO, Universidad Santiago de Cali, Centro de investigación en Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Química, Calle 5 # 62-00 Barrio Pampalinda, Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia.

² Grupo de Investigación de Fotoquímica y Fotobiología, Universidad del Atlántico, Carrera 30 No 8-49, 081008 Puerto Colombia, Colombia

Correo autor: andres.rojas06@usc.edu.co ¹

Correo autores de correspondencia: edwin.florez00@usc.edu.co ¹; carlosgrande@mail.uniatlantico.edu.co ²

RESUMEN

En la industria papelera la generación de espuma es un factor importante debido a que provoca que el papel obtenga estructuras porosas afectando su calidad. Por otra parte, los productos antiespumantes son muy efectivos suprimiendo la espuma que se genera en diferentes procesos. Por esta razón, se desarrollaron dos antiespumantes de base hidrocarburo y silicona. Para su caracterización, se determinaron los parámetros fisicoquímicos como pH, porcentaje de sólidos totales, viscosidad, tamaño de partícula y densidad. Así mismo, se caracterizó por espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier (FTIR) uno de los componentes del antiespumante de base hidrocarburo. Mediante un diseño experimental se comparó la eficiencia del antiespumante de base hidrocarburo con un antiespumante comercial seguido de un estudio de eficiencia del antiespumante de base silicona. Finalmente, se demostró que el antiespumante de base hidrocarburo es más eficiente como anti y desespumante que el producto comercial. En consecuencia, el compuesto antiespumante de base silicona mostró alta eficiencia a una temperatura entre 70 y 90 °C y un pH entre 8 y 11. Todos estos resultados muestran que estos productos se podrían utilizar en diferentes tipos de industrias.

Palabras clave: Antiespumante; desespumante; emulsión; hidrocarburo, silicona.

DEVELOPMENT OF TWO DEFOAMERS IN DISPROQUIN S.A.S WITH APPLICATION TO THE PAPER PRODUCTION PROCESS

ABSTRACT

In the paper industry the generation of foam is an important factor because it causes the paper to get porous structures affecting its quality. On the other hand, antifoam products are very effective in suppressing the foam generated in different processes. For this reason, two hydrocarbon and silicone-based antifoams were developed. For their characterization, physicochemical parameters such as pH, percentage of total solids, viscosity, particle size and density were determined. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), one of the components of the hydrocarbon-based antifoam, was also used. An experimental design was used to compare the efficiency of the hydrocarbon-based antifoam with a commercial antifoam followed by an efficiency study of the silicone-based antifoam. Finally, it was demonstrated that the hydrocarbon-based antifoam is more efficient as an antifoam and defoamer than the commercial product. Consequently, the silicone-based antifoam compound showed high efficiency at a temperature between 70 and 90 °C and a pH between 8 and 11. All these results show that these products could be used in different types of industries.

Keywords: Antifoam; defoamer; emulsion; hydrocarbon; silicone.



1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, existe la necesidad de un control efectivo de la espuma en la industria de pulpa y papel y en específico en los procesos de fabricación de pulpa alcalina [1], la cual, se genera a partir de una mezcla de hidróxido de sodio y sulfuro de sodio con astillas de madera dura (proceso Kraft) [2]. Esta mezcla genera un desecho llamado licor negro que posee residuos de lignina, hemicelulosa, extractivos y componentes inorgánicos [3]. La lignina y la hemicelulosa se transforman durante el proceso en jabones de ácido carboxílico alifático y los extractivos estabilizan la espuma generada por los jabones [3].

En la fabricación del papel, en el aumento creciente de las velocidades de la máquina de papel con circuitos de agua cerrados donde hay presencia de sustancias formadoras y estabilizadoras de espuma, existe un mayor peligro de que entre aire en la suspensión de la fibra, lo que puede interrumpir el drenaje del papel en la máquina y, en última instancia, puede conducir a estructuras porosas de las hojas de papel [4].

Una de las soluciones para el control efectivo de la espuma es el desarrollo de diferentes composiciones antiespumantes [1]. Las materias primas que se utilizan para fabricar agentes antiespumantes incluyen casi todos los compuestos orgánicos hidrófobos los cuales, pueden ser sustancias puramente orgánicas o en forma de mezclas emulsionadas [5].

Los agentes antiespumantes que contienen partículas hidrofóbicas como sílice han sido un éxito comercial en los últimos años por su alta efectividad. Generalmente, estas composiciones se producen como dispersiones de aceite en las cuales comprenden más del 80% de aceite en peso [1]. Sin embargo, una de las problemáticas de este tipo de composiciones es su alto costo [5], su inflamabilidad, el etiquetado relativamente estricto, su almacenamiento, los procedimientos de limpieza especiales y los derrames [1].

Se han encontrado agentes antiespumantes en jabones basados en ácidos grasos de 20 a 22 átomos de carbono los cuales están disponibles a partir de aceite de colza y aceites de pescado como fuentes naturales [6]. Sin embargo, es una desventaja la concentración relativa requerida de los ácidos grasos, que es del orden del 2,5% al 3,5% en peso [6].

Existen dispersiones antiespumantes en agua que consisten en alcoholes alifáticos, ácidos grasos, jabones de ácidos grasos, ceras y emulsionantes las cuales son muy efectivas en la industria de fabricación del papel. Sin embargo, todavía existe la necesidad de proporcionar agentes antiespumantes aún más efectivos en vista de que las velocidades de las máquinas de papel con circuitos de agua cerrados cada vez son más rápidas [4]. Además, los agentes antiespumantes solo deben contener componentes que sean toxicológicamente seguros y fácilmente biodegradables, de modo que cualquier agente antiespumante que ingrese a las aguas residuales no cause problemas ambientales [4].

Para aumentar la eficiencia del antiespumante, es común añadir partículas hidrofóbicas finamente divididas, como sílice hidrofóbica o ceras, a la formulación. La razón es que las partículas sólidas hidrofóbicas son capaces de desestabilizar las láminas de espuma mediante un proceso de deshumidificación [7]. En términos sencillos, la película surfactante que estabiliza la lámina de espuma no es capaz de humedecer los sólidos hidrofóbicos y "se encoge hacia atrás". Una zona inestable resulta donde la lámina se desestabiliza [7].

El aceite de silicona por sí mismo muestra poca actividad inhibitoria de la espuma con respecto a las soluciones acuosas con tensoactivos. La mayoría de los antiespumantes de silicona no son aceites



de silicona puros, sino formulaciones de silicona suplementadas con partículas sólidas hidrófobas finamente divididas. Estas partículas presumiblemente confieren las propiedades actuales de inhibición de la espuma, mientras que el aceite de silicona actúa como un aceite portador hidrofóbico que ofrece propiedades de propagación buenas [8].

Por este motivo se desarrolló una emulsión antiespumante de base de un hidrocarburo y un compuesto antiespumante de base de silicona que proporciona una alta efectividad capaz de soportar las velocidades de las máquinas de papel a diferentes condiciones de dureza total y temperatura. Por otro lado, se logró que fuera amigable con el medio ambiente y toxicológicamente seguro. Finalmente, se comparó la emulsión antiespumante de base hidrocarburo con un antiespumante comercial de marca registrada utilizando la norma ASTM E2407-04.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Materiales

Las materias primas utilizadas en el desarrollo de los antiespumantes fueron proporcionadas por Disproquin S.A.S (Juanchito-Candelaria, Colombia) una compañía que manufactura productos químicos utilizados en la fabricación de pulpa y papel.

2.2. Métodos

2.2.1. Desarrollo de la emulsión antiespumante de base hidrocarburo

Se realizó una emulsión de aceite en agua en un reactor de doble chaqueta S2-2L (Toptionlab, Xian, China). El procedimiento consistió en fundir parafina calentando entre 60 °C - 80 °C y mezclándola con un ácido graso a 200 rpm. Seguidamente, se adicionó una amina lentamente con el fin de generar un emulsionante *In Situ* formando una amida. A continuación, se adicionó un surfactante no iónico etoxilado teniendo en cuenta el balance hidrofílico-lipofílico (HLB). Finalmente, se agregó lentamente una solución acuosa de un espesante.

2.2.2. Desarrollo del compuesto antiespumante de base silicona

Se realizó una dispersión de sílice en aceite de silicona utilizando un dispersor Ultra Turrax T50 (IKA, Staufen, Alemania) a una temperatura entre 100 y 200 °C.

2.2.3. Caracterización de los agentes antiespumantes

Se determinó, el contenido de sólidos totales a través del horno de secado Memmert UN30 (Mettler GmbH + Co.KG, Büchenbach, Alemania) [9], la viscosidad dinámica utilizando el viscosímetro Brookfield RVT (Brookfield engineering laboratories Inc, Middlebord, USA) [10], el pH utilizando el pH-metro Hanna Edge CO24085E (Hanna instruments Inc, Rhone Island, USA) [11], el tamaño de la partícula de una solución al 10%, utilizando el analizador de tamaño de partícula AS-2011 (AimSizer scientific LTD, Dandong, China) [12], apariencia [13], color [14] y densidad [15]. La



medición de FTIR se realizó en un equipo de infrarrojos IRAffinity-1 (Shimadzu Scientific Instruments, Kioto, Japon.), utilizando pastillas de KBr.

2.2.4. Diseño experimental empleado en las pruebas de eficiencia anti y desespumante para la emulsión antiespumante de base hidrocarburo.

Se realizó un diseño experimental factorial de 2³ con dos variables y tres niveles. La primera variable fue temperatura (°C) y sus niveles fueron 25°C, 30°C y 35°C. La segunda variable fue dureza total (ppm) y sus niveles fueron 500, 650 y 800.

2.2.4.1. Prueba de eficiencia desespumante.

El procedimiento consistió en agregar 250 mL de una solución de dodesilsulfato de sodio (SDS) al 0,1% con una dureza total determinada para cada ensayo en una licuadora Blender ETL 7012G (Waring commercial, Torrington, USA). Seguidamente, se prendió la licuadora cambiando las velocidades (0 a 7) en un tiempo de 30s. Transcurridos los 30s se dejó reposar por 8 minutos y se anotó el volumen de espuma inicial V_{ei} (mL). Posteriormente, se dosificó 400 ppm de la emulsión antiespumante y se agitó por 1 minuto lentamente. Finalmente, se dejó en reposo por 5 minutos y se anotó el volumen de espuma final V_{ef} [16]. El porcentaje de reducción de espuma se calculó con la ecuación 1 mostrada a continuación.

$$\% \text{ Reducción de espuma} = \frac{V_{ei} - V_{ef}}{V_{ei}} * 100 \quad (1)$$

2.2.4.2. Prueba de eficiencia antiespumante.

La prueba consistió en agregar 250 mL de una solución de dodesilsulfato de sodio (SDS) al 0,1% con una dureza total determinada para cada ensayo en una licuadora Blender ETL 7012G (Waring commercial, Torrington, USA). Seguidamente, se dosificó 400 ppm de la emulsión antiespumante y se prendió la licuadora cambiando las velocidades (0 a 7) en un tiempo de 30s. Transcurridos los 30s se dejó reposar por 8 minutos y se anotó el volumen de espuma final V_{ef} (mL). El volumen de espuma inicial V_{ei} se tomó de la prueba desespumante [16]. El porcentaje de inhibición de espuma se calculó con la ecuación 2 mostrada a continuación.

$$\% \text{ Reducción de inhibición} = \frac{V_{ei} - V_{ef}}{V_{ei}} * 100 \quad (2)$$

2.2.5. Prueba eficiencia para el antiespumante de base de silicona

La prueba consistió en agregar 500 mL de licor negro a 80°C con una dureza de 160 ppm y un pH de 10,81 en una celda de espuma, que consiste en un cilindro graduado de laboratorio, cuya parte inferior se modificó con un orificio de extracción para permitir el drenaje y la recirculación. Posteriormente, se recirculó el licor negro y se anotó el volumen de espuma cada 30 segundos; a los dos minutos se dosificó 400 ppm del antiespumante y se anotó cada 30 segundos hasta llegar al volumen de espuma más cercano antes de dosificar el antiespumante. La prueba se realizó por triplicado [17], [18].



2.2.6. Análisis estadístico de los datos

Se realizó un estudio de distribución normal de los datos obtenidos en el diseño experimental con el fin de comparar el antiespumante desarrollado de base hidrocarburo con el antiespumante comercial, sin embargo, los resultados mostraron una distribución anormal, es decir, los datos no estaban normalizados. Por esta razón, no fue posible realizar la comparación. Por otro lado, los experimentos se realizaron por triplicado y los resultados se expresan como las medias de estas mediciones con la desviación estándar.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Desarrollo de los agentes antiespumantes

La preparación de emulsiones de partículas esféricas de parafina requiere que la homogenización sea a una temperatura entre 15 y 20°C por encima del punto de fusión [19]. Esto se debe a que la viscosidad de la parafina fundida disminuye lo que ocasiona que en la emulsión las gotas de la fase dispersa sean más pequeñas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que en un aumento drástico de la temperatura, la tasa de coalescencia de las gotas aumenta [19]. El uso de un ácido graso y una amina en la formulación antiespumante conllevó a la generación de una amida grasa la cual tiene propiedades emulsionantes, dispersantes y son realmente útiles en diversas aplicaciones donde se forman emulsiones invertidas [20]. La formación de esta amida en la preparación de la emulsión antiespumante entre 60 y 80°C se demuestra en la sección 3.2.

Por otro lado, los agentes de control de espuma a base de sólidos hidrófobos también tienen la ventaja de que la temperatura tiene poco efecto en su rendimiento de desespumado. Los sólidos hidrófobos (por ejemplo, sílice hidrofobizada, ceras o amidas, ácidos grasos y sus sales, aminas o poliurea) son útiles en antiespumantes tanto por separado o una combinación de ellos [17].

3.2. Caracterización del emulsionante generado a partir del ácido graso y la amina mediante espectroscopia FTIR.

La figura 1 muestra el espectro IR del ácido graso, la amina y la muestra de amida grasa respectivamente. En el espectro de la amida grasa (espectro IR verde) se observa una banda en 3423 cm^{-1} correspondiente a la tensión del enlace O-H proveniente de la amina sustituida en una banda de 3370 cm^{-1} (espectro IR rojo) [21]. Por consiguiente, hay algunas señales bastante considerables para ambos compuestos en 2919 y 2848 cm^{-1} , que pueden asignarse a la vibración de estiramiento asimétrica y simétrica de los grupos de metileno y metilo [22]. Por otro lado, se observa unas bandas entre 1370 y 1469 cm^{-1} para los espectros IR rojo y verde que se asignan a la vibración de flexión de los grupos metilo y metileno respectivamente. Durante la reacción de amidación, el cambio más significativo para corroborar la formación de una amida se produce en la región espectral entre 1800 cm^{-1} y 1550 cm^{-1} , correspondiente a la reubicación de la vibración de estiramiento del grupo C = O desde 1705 cm^{-1} (C = O en ácidos grasos - espectro IR rojo) a 1643 cm^{-1} (C = O en amidas - espectro IR verde) [23],[24]. Por otro lado, la banda 1563 cm^{-1} y 867 cm^{-1} (Espectro IR - rojo) muestra la deformación en el plano (muy débil y difícil de detectar) y fuera del plano (ancho) del enlace N-H [25],[26] correspondiente a la vibración de flexión en tijera y torsión



respectivamente [22], la cual no se observa en el espectro IR – verde de la amida terciaria. Debido al enlace por puente de hidrógeno intenso en los ácidos carboxílicos, la frecuencia ancha del estiramiento del O-H se desplaza a aproximadamente 3000 cm^{-1} , centrada en la parte superior de la absorción del C-H. Esta absorción ancha del O-H (la cual puede tener un borde o bandas pequeñas alrededor de 2643 cm^{-1}) se extiende más allá de la región del estiramiento del C-H como se observa en el espectro IR azul; por consiguiente este tipo de bandas no se observan en el espectro de la amida grasa (Verde) [27]. Finalmente, en la región espectral cercano a 1072 cm^{-1} se encuentra las vibraciones de estiramiento de los enlaces N-C y C-O como se observa en los espectros IR rojo y verde [25],[27].

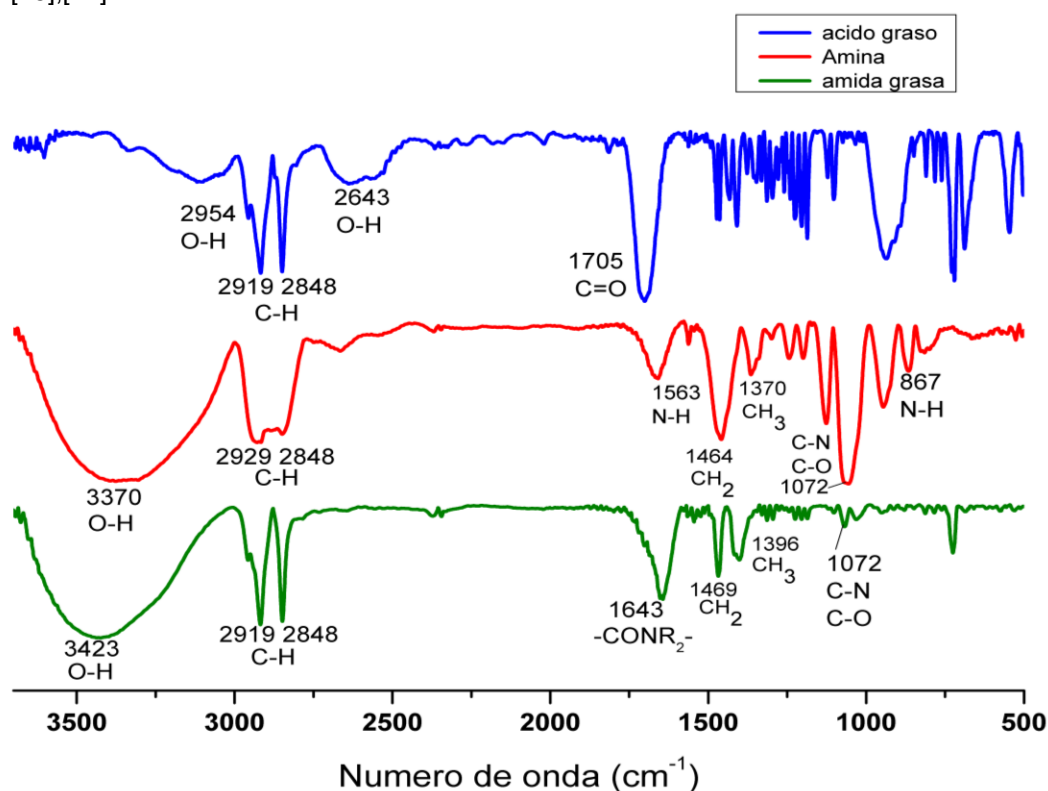


Figura 1. Espectro infrarrojo de transformada de Fourier (FTIR) del emulsionante generado In situ y sus respectivas materias primas.

3.3. Caracterización fisicoquímica de los agentes antiespumante.

La caracterización fisicoquímica de la emulsión antiespumante desarrollada, denominada antiespumante MS30 se realizó con base en un antiespumante comercial de marca registrada, el cual posee unos rangos de especificaciones fisicoquímicas. Se midieron los parámetros fisicoquímicos a las dos antiespumantes y los resultados se ilustran en la tabla 1.



Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de los antiespumantes a base de hidrocarburo.

Parámetro fisicoquímico	Especificaciones	Antiespumante MS30	Antiespumante comercial
Apariencia	Líquido	Líquido	Líquido
Color	Blanco a amarillo claro	Blanco	Blanco
pH	6—9	8,89 ± 0,49	6,95 ± 0,53
Densidad (Kg/m ³)	900 -1000	973,6 ± 2,4	989,5 ± 6,3
Viscosidad (mPa*s)	300 – 1000	777 ± 38	348 ± 26
Sólidos (%)	27 -31	30,82 ± 0,04	28,51 ± 0,04
Tamaño de partícula (µm)	D ₅₀	0,42 ± 0,03	0,54 ± 0,04
	D ₉₈	0,75 ± 0,04	0,82 ± 0,04

Por otro lado, se realizó la caracterización fisicoquímica del compuesto antiespumante de base silicón la cual se ilustra en la tabla 2.

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica del antiespumante de base de silicón.

Parámetro fisicoquímico	Valor
Apariencia	Líquido
Color	Ligeramente amarillo
pH	7,99 ± 0,11
Densidad (Kg/m ³)	959,3 ± 6,8
Viscosidad (mPa*s)	960 ± 25
Sólidos (%)	99,94 ± 0,01

La viscosidad del agente antiespumante es de gran importancia debido a que determina parámetros de procesamiento importantes, como la facilidad de bombeo, medición, y la dispersabilidad en la formulación [28].

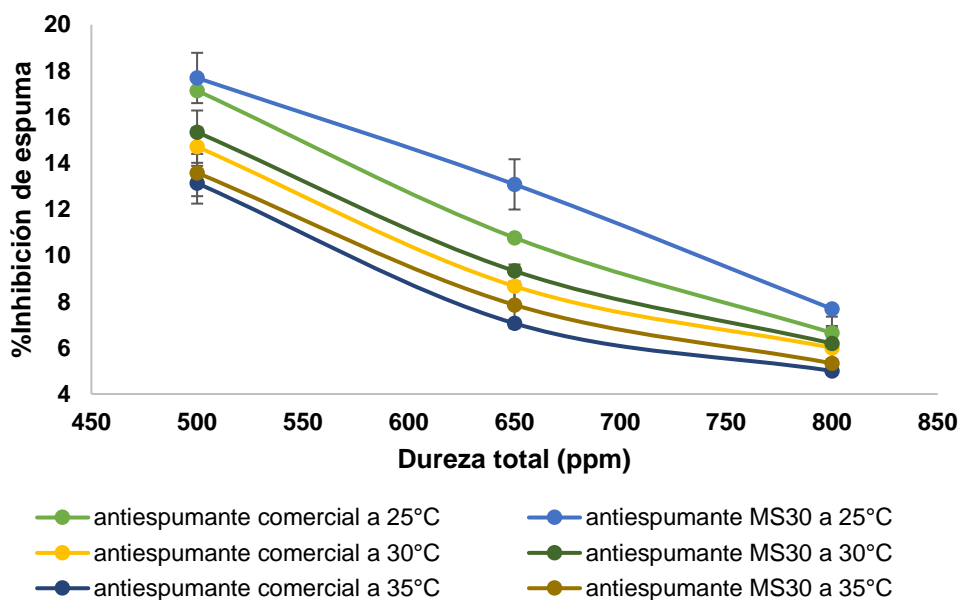
Por otro lado, el tamaño de partícula de las gotitas antiespumantes ejerce una influencia sobre la eficacia de la emulsión antiespumante [28]. Esto debe estar en el rango del diámetro de la lámina de espuma que se encuentra alrededor de 0,1µm a 1µm [28],[29]. Por otro lado, las emulsiones se vuelven inestables con el aumento del tamaño de partícula [28].

Por consiguiente, el pH del agua de proceso en la producción de pasta Kraft oscila entre 8 y 11 [30] para ello, es conveniente utilizar un agente antiespumante que se encuentre dentro de ese rango para evitar la baja eficiencia del mismo.

3.4. Efecto anti y desespumante en las pruebas de eficiencia de los antiespumantes de base hidrocarburo.

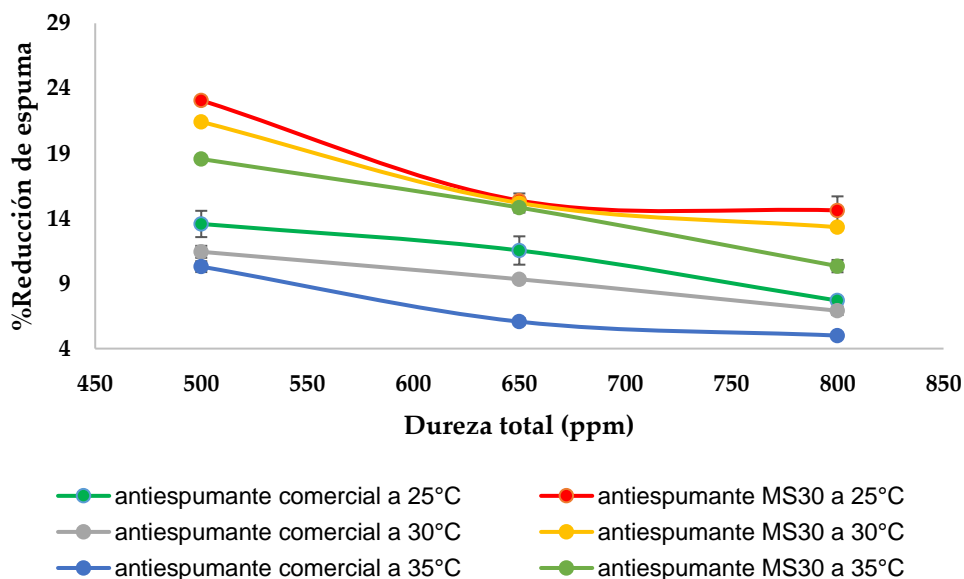


Se realizó un estudio de eficiencia comparando un antiespumante comercial con la emulsión antiespumante a base de hidrocarburo en diferentes condiciones de temperatura y dureza total. En primer lugar se observó el efecto antiespumante que consiste en prevenir espuma excesiva [31]. Los resultados (Gráfica 1) muestran en primera instancia que el porcentaje de inhibición de espuma disminuye a medida que aumenta la concentración de dureza en el medio de espumación. Esto es debido a que la adición de iones Ca^{+2} promueve la adsorción de surfactante al reducir la repulsión eléctrica entre las moléculas de surfactante iónico adyacentes en la interfaz aire-agua y, por lo tanto, mejora la repulsión de la doble capa que estabiliza las películas delgadas. Por ende la estabilidad de la espuma aumenta a medida que se añade una cantidad adecuada de dureza [32]. En segunda instancia, se observó que el antiespumante MS30 muestra un mejor comportamiento como antiespumante a las temperaturas de ensayo comparado con el antiespumante comercial, esto es debido a que el antiespumante MS30 posee un porcentaje de sólidos totales un poco mayor que el antiespumante comercial lo que genera una mayor eficiencia.



Gráfica 1. Efecto antiespumante – base hidrocarburo.

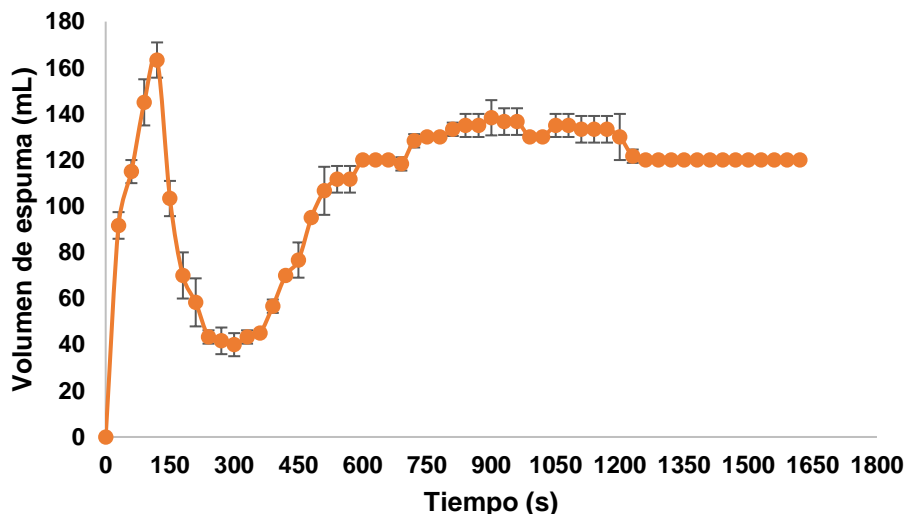
En segundo lugar, se observó el efecto desespumante cuyo objetivo principal es inducir un rápido colapso de la espuma ("efecto de choque") [31]. Los resultados (Gráfica 2), demuestran que el antiespumante MS30 a diferentes temperaturas generó un porcentaje de reducción de espuma mayor que el antiespumante comercial en concentraciones de dureza de 500, 650 y 800 ppm las cuales se presentan en los sistemas de producción de pulpa y papel [33]. Esto es debido a que el antiespumante MS30 posee partículas hidrofóbicas que generan un mayor efecto de choque al entrar en contacto con la espuma. Por otro lado, se observa que la eficiencia de los antiespumantes disminuye con el aumento de la temperatura ya que un aumento de esta variable incrementa la velocidad de separación de las fases y por ende la tasa de coalescencia en las emulsiones [34].



Gráfica 2. Eficiencia desespumante - base hidrocarburo.

3.5. Evaluación de la eficiencia del antiespumante de base silicona

En la gráfica 3 se describe la capacidad del antiespumante de base silicona para reducir la altura de la espuma a 40 mL inmediatamente después de la adición del antiespumante, la cual se descompone muy rápido lo que se conoce como “caída o efecto de choque” desde una altura inicial de aproximadamente 163 mL. Posteriormente, el nivel de espuma aumentó de nuevo hasta un nivel cercano a la altura inicial la cual fue de 120 mL donde permaneció estable durante 390 s, esto se debe a que la presión hacia abajo caracteriza la persistencia del antiespumante, es decir, el tiempo que permanece vigente. Específicamente, es el tiempo que transcurre hasta que la espuma alcanza nuevamente un nivel de espuma particular. Por otro lado, las condiciones extremas como temperatura, alcalinidad y altas fuerzas de cizallamiento causan la pérdida de eficiencia del antiespumante. Finalmente, se demostró que el antiespumante de base silicona redujo un 75,5% y obtuvo una persistencia de 5 minutos hasta llegar a un nivel máximo de espuma el cual fue de 138 mL.



Gráfica 3. Prueba de eficiencia del antiespumante de base silicona utilizando licor negro a 80°C.

4. CONCLUSIONES

Se logró desarrollar un antiespumante de base hidrocarburo que cumple con las especificaciones fisicoquímicas descritas por el antiespumante comercial de marca de registrada. Por otro lado, el diseño experimental para evaluar la eficiencia de los antiespumantes de base hidrocarburo demostró que a medida que aumentó la temperatura y la dureza total la espuma se estabilizó, por ende, la eficiencia de los antiespumantes disminuyó. Finalmente, se evidenció que los dos antiespumantes evaluados obtuvieron mayor eficiencia en la prueba desespumante comparada con la prueba antiespumante.

Se desarrolló un compuesto antiespumante 100% activo de base silicona el cual evidenció una alta eficiencia a condiciones extremas de temperatura y pH, demostrando que la eficiencia de este tipo de antiespumantes no se ve afectada en condiciones de alta temperatura y un pH alcalino.

5. PERSPECTIVAS

Se pretende realizar emulsiones del antiespumante de base silicona a diferentes concentraciones y evaluarlo a nivel de planta piloto y planta de producción junto a la emulsión antiespumante de base hidrocarburo con el fin de comercializarlos en la industria de pulpa y papel. Por otro lado, realizar un análisis térmico de las emulsiones fabricadas con el fin de evaluar su estabilidad y durabilidad. Finalmente, el antiespumante de base silicona sería útil en otras industrias como la industria del petróleo, de pinturas, alimenticia, farmacéutica logrando así, nuevos mercados para la empresa Disproquin S.A.S.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen y a gradecen a la empresa Disproquin S.A.S como principal financiador de esta investigación.



Los autores agradecen a los ingenieros Alberto corredor, Ana leticia Márquez, al grupo de investigación y desarrollo y al laboratorio de calidad de la empresa Disproquin S.A.S por su apoyo con equipos, materiales y conocimientos en el sector papelerero.

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Roald and P. Smalley, "Water-Based Defoamer Compositions," US Patent 4,032,473, 1997.
- [2] Textos científicos, "Proceso de obtención de pulpa al sulfato o Kraft," *Textos científicos*, 2005. [Online]. Available: <https://www.textoscientificos.com/papel/pulpa/kraft>. [Accessed: 11-Mar-2019].
- [3] S.-H. Chao, L. Vermeire, and T. Laxen, "Understanding the Foaming and Dynamic Behaviour of Black Liquor Components," *TAPPSA J.*, no. coded 0, pp. 1–9, 2007.
- [4] H. Duesseldorf, "Aqueous dispersions of antifoam agents," US 5,679,286, 1997.
- [5] F. Limburgerhof and W. Heidelberg, "Aqueous antifoaming emulsions," US 4,009,119, 1977.
- [6] H. Overath and E. Leichlingen, "Powdery antifoaming compositions for aqueous systems their preparation and use," US 4,421,666, 1983.
- [7] BASF, "Practical guide to defoamers." [Online]. Available: <https://insights.basf.com/files/PracticalGuide-Defoamers.pdf>. [Accessed: 13-Mar-2019].
- [8] E. Lück and G. von R. Lipinski, "Foams and Foam Control," *Ulmann's Encycl. Ind. Chem.*, pp. 671–692, 2012.
- [9] Instituto colombiano de normas tecnicas y certificación, "Calidad del Agua. Determinación del contenido de sólidos." Icontec internacional, Bogotá D.C, 2015.
- [10] Disproquin S.A.S., *Determinación de la viscosidad mediante viscosímetro Brookfield*. Colombia: Farmacopea Estadounidense USP 38 <912>, 2015, pp. 1–4.
- [11] Disproquin S.A.S., *Determinación del pH*. Colombia: Farmacopea Estadounidense USP 38 <791>, 2015, pp. 1–3.
- [12] Disproquin S.A.S., *Procedimiento de determinación de tamaño de partícula*. Colombia: normas ISO 7 3320- 7 (7 999) y 92 76-1(7998)., 2015, pp. 1–8.
- [13] Disproquin S.A.S., *Determinación de la apariencia*. Colombia, 2015, pp. 1–3.
- [14] Disproquin S.A.S., *Determinación del color*. Colombia: Farmacopea Estadounidense USP 38 <631>, 2015, pp. 1–3.
- [15] Disproquin S.A.S., *Determinación de la densidad*. Colombia, 2015, pp. 1–5.
- [16] ASTM Internacional, *Standard Test Method for Effectiveness of Defoaming Agents*, vol. 4. 2015, pp. 4–6.
- [17] Evonik Industries, "SIPERNAT® specialty silica and AEROSIL® fumed silica for defoamer." [Online]. Available: <https://www.sipernat.com/product/sipernat/en/industries/defoamers/>. [Accessed: 11-Apr-2019].
- [18] H. Nünchritz, W. Burghausen, J. Burghausen, E. Leckwitz, and C. Röderau, "Antifoam Formulation," US 6,605,183 B1, 2003.
- [19] M. Y. Koroleva, O. S. Gorbachevski, and E. V. Yurtov, "Paraffin wax emulsions stabilized with polymers, surfactants, and nanoparticles," *Theor. Found. Chem. Eng.*, vol. 51, no. 1, pp. 125–132, 2017.
- [20] C. Quenton, A. Balestrini, S. Nazar, B. Pegorari, G. Floridi, and G. Li Bassi, "Hydrocarbon free emulsifier," US20180282607A1, 2018.
- [21] O. F. Dawodu and A. Meisen, "Identification of products resulting from carbonyl sulphide-induced degradation of diethanolamine," *J. Chromatogr. A*, vol. 587, no. 2, pp. 237–246, 1991.



- [22] S.-C. Litescu, E. D. Teodor, G.-I. Truica, A. Tache, and G.-L. Radu, "Fourier transform infrared. Spectroscopy - useful analytical. Tool for Non-Destructive Analysis," *Infrared Spectrosc. - Mater. Sci. Eng. Technol.*, vol. 18, pp. 353–368, 2012.
- [23] M. Khanmohammadi, M. H. Kojidi, A. B. Garmarudi, A. Ashuri, and M. Soleymani, "Quantitative monitoring of the amidation reaction between coconut oil and diethanolamine by attenuated total reflectance fourier transform infrared spectrometry," *J. Surfactants Deterg.*, vol. 12, no. 1, pp. 37–41, 2009.
- [24] C. Valencia, C. H. Valencia, F. Zuluaga, M. E. Valencia, J. H. Mina, and C. D. Grande-Tovar, "Synthesis and application of scaffolds of chitosan-graphene oxide by the freeze-drying method for tissue regeneration," *Molecules*, vol. 23, no. 10, 2018.
- [25] S. William, *The Sadiler Handbook of Infrared Spectru.*. Philadelphia: Sadtler Research Laboratories, 1978.
- [26] Y. Paula, *Química Orgánica*, Quinta. Mexico D.F: Pearson Educación, 2008.
- [27] L. Wade, *Química orgánica. Volumen 1*, Séptima. Mwxico D.F: Pearson Educación, 2011.
- [28] Wacker, "Silicone products for antifoam agent in the detergents industry." [Online]. Available: https://www.wacker.com/cms/media/documents/markets_brands/consumer_care_1/household_science/Household_Science_Antifoam.pdf. [Accessed: 22-Apr-2019].
- [29] TEGO Foamex, "Antiespumantes." [Online]. Available: <https://docplayer.es/25463789-Antiespumantes-tego-foamex.html>. [Accessed: 22-Mar-2019].
- [30] A. Sanz, "Tecnología de la celulosa. La industria papelera." [Online]. Available: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>. [Accessed: 22-Apr-2019].
- [31] N. D. Denkov, "Mechanisms of Foam Destruction by Oil-Based Antifoams," *Langmuir*, vol. 20, no. 22, pp. 9463–9505, 2004.
- [32] H. Zhang, "Effect of Oils, Soap and Hardness on the Stability of Foams," Rice University, 2003.
- [33] G. Bahamon, (Disproquin S.A.S, Cali, Valle del Cauca, Colombia) "Comunicación personal," 2019.
- [34] S. M. Valladares, "Estabilidad De Emulsiones Relacionada Con El Proceso De Deshidratación De Crudos," Universidad de los Andes, 2005.