

“Análisis de propiedades de coadyuvantes agrícolas y su impacto en la atomización de gotas”

Herrera, Mildred^a, Renaudo, Carlos^{a,b}, Bertin, Diego^{a,b}, Bucalá, Verónica^{a,b}

^a Planta Piloto de Ingeniería Química – PLAPIQUI (UNS – CONICET), Bahía Blanca, Argentina

^b Departamento de Ingeniería Química – Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina

mherrera@plapiqui.edu.ar

Resumen

Los coadyuvantes agrícolas son comúnmente incorporados a los caldos de pulverización para controlar el tamaño de las gotas atomizadas, y mejorar el esparcimiento, adherencia y penetración de las gotas depositadas en los cultivos y sitios objetivo. En el presente trabajo se reportan y analizan resultados de densidad, viscosidad y tensión superficial estática y dinámica correspondientes a soluciones acuosas de dos coadyuvantes agrícolas diferentes: un tensioactivo y emulsionante de base oleosa y un antideriva, adherente y antievaporante. La viscosidad de las soluciones fue determinada mediante un viscosímetro Rotavisc lo-vi (IKA). Los valores de tensión superficial fueron obtenidos mediante el equipo OCA 15 EC (DataPhysics), el cual consiste de un sistema óptico, una unidad de dosificación automática y un software de procesamiento de imágenes. Todas las experiencias se realizaron en temperaturas entre 15 y 35°C y HR superiores al 50%. Es verificado que la tensión superficial estática disminuye gradualmente con el aumento de la concentración de coadyuvante hasta alcanzar la concentración micelar crítica. Para una misma concentración, se encuentra que la solución del producto antideriva presenta una dinámica más lenta en el cambio de tensión superficial con respecto a la solución de tensioactivo. En base a las propiedades medidas, el impacto de la concentración de las soluciones acuosas sobre la distribución de tamaño de gotas atomizadas es analizado.

Palabras clave: Coadyuvantes agrícolas, tensión superficial, densidad, viscosidad, atomización.

INTRODUCCIÓN

Los agroquímicos, mezclados con agua, forman caldos de pulverización que se aplican a cultivos mediante maquinaria terrestre o aérea. El tamaño de las gotas es una variable crítica para garantizar la calidad de pulverización (Al Heidary et al., 2014). Gotas pequeñas penetran en cultivos densos y aumentan los impactos por superficie, pero se evaporan rápido y son arrastradas por el viento. Las gotas grandes son menos susceptibles al arrastre por viento, pero tienen mayor riesgo de escurrimiento. Cada agroquímico tiene un rango óptimo de diámetros de gotas proporcionado por los fabricantes.

Las propiedades fisicoquímicas de las soluciones varían según los principios activos y coadyuvantes utilizados. Los adyuvantes mejoran el rendimiento de herbicidas y pesticidas, facilitando una mejor mezcla, manejo, eficacia, seguridad, distribución y reducción de la deriva.

Este estudio analiza la densidad, viscosidad y tensión superficial de soluciones acuosas de dos coadyuvantes agrícolas: un tensioactivo y emulsionante oleoso, y un antideriva, adherente y antievaporante. Se evalúa el

impacto de la concentración en la distribución del tamaño de gotas atomizadas.

OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es determinar la densidad, viscosidad y tensión superficial de soluciones acuosas de dos coadyuvantes agrícolas y analizar su impacto en el tamaño de gotas atomizadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron dos coadyuvantes. Uno es un alcohol lineal etoxilado (A), es decir, un tensioactivo no iónico de fácil biodegradación. Tiene propiedades tensioactivas y un buen humectante y emulsionante. El otro es un aceite vegetal (B) con propiedades antideriva, adherente y antievaporante.

La densidad y la tensión superficial estática de las soluciones se determinaron utilizando un tensiómetro (Krüss Easydyne V2-05 GmbH, Hamburgo, Alemania). La densidad se midió a temperatura y humedad ambiente, para soluciones acuosas al 0.24% v/v de A y al 0.04% v/v de B. Estas concentraciones representan valores máximos de rangos de concentración en que suelen ser utilizados. Las mediciones se realizaron para soluciones de A con

concentraciones hasta 0.24% v/v y de B hasta 0.04% v/v. Las mediciones de tensión superficial también se realizaron a condiciones ambiente.

La viscosidad se midió con un viscosímetro (Rotavisc lo-vi, IKA, Staufen, Alemania) en una configuración de cilindro concéntrico con el husillo Elvas (Elvas-1, IKA, Staufen, Alemania).

Las viscosidades se midieron para de soluciones acuosas al 0.24% v/v de A y al 0.04% v/v de B, variando la temperatura de las soluciones entre 15 y 35°C.

La tensión superficial dinámica por encima de un segundo se midió a 20°C utilizando un instrumento de medición óptico (OCA 15EC, Dataphysics Instruments GmbH, Filderstadt, Alemania). La configuración experimental consta de un sistema de medición por vídeo con una cámara USB de alto rendimiento y un soporte para jeringas de precisión. A la jeringa se conectó una cánula, que se colocó verticalmente en el soporte. Un sistema controlado por software impulsó un motor para garantizar una velocidad constante durante la dispensación de líquido, formando la gota cuando el líquido alcanzó la punta de la cánula. Se utilizó el software dpiMAX (versión 2.0.118) para recopilar, valorar y evaluar los datos medidos. Las soluciones de A y B se prepararon con concentraciones hasta 0.24 y 0.04% v/v, respectivamente.

Con el OCA-15, las mediciones de tensión superficial dinámica se realizaron utilizando el método de gota pendiente. Esta técnica implica monitorear la silueta de una gota axisimétrica suspendida de la punta de una cánula y resolver la ecuación de Young-Laplace.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los resultados de densidad. Para las concentraciones analizadas, el agregado de los coadyuvantes no modifica la densidad con respecto a la del agua.

Tabla 1. Densidad de soluciones de coadyuvantes.

Solución	Densidad (g/cm ³)
Agua	0.998
A 0.24%	0.998
B 0.04%	0.998

En la Tabla 2 se presentan los resultados de viscosidad. Para la concentración de A analizada y para las

temperaturas estudiadas, el agregado del coadyuvante no modifica significativamente la viscosidad respecto a la del agua. Sin embargo, las soluciones de B mostraron viscosidades mayores a las del agua. Además, como se esperaba, se verifica que la viscosidad de las soluciones disminuye al aumentar la temperatura.

Tabla 2. Viscosidad de soluciones de coadyuvantes.

T (°C)	Agua	A 0.2 % v/v	B 0.04 % v/v
15	1.29	1.30	1.78
25	1	1.04	1.35
35	0.83	0.93	1.17

En la Figura 1 se muestran los resultados de tensión superficial estática en función de la concentración de las soluciones. Como se esperaba, a medida que la concentración de adyuvante en la solución tiende a cero, la tensión superficial de equilibrio se acerca a la del agua (es decir, 72,5 N/m). La tensión superficial disminuye al aumentar la concentración de surfactante hasta que se alcanza la concentración micelar crítica (CMC). En concentraciones superiores a la CMC, la tensión superficial permanece constante debido al proceso energéticamente más favorable de formación de micelas en lugar del transporte de especies surfactantes a la interfaz. La CMC se estima a partir de la ruptura en la curva de tensión superficial versus concentración de tensioactivo, indicada por el cambio significativo en la derivada de la tensión superficial con respecto a la concentración. La CMC de cada solución es cercana al 0,01% para ambos coadyuvantes.

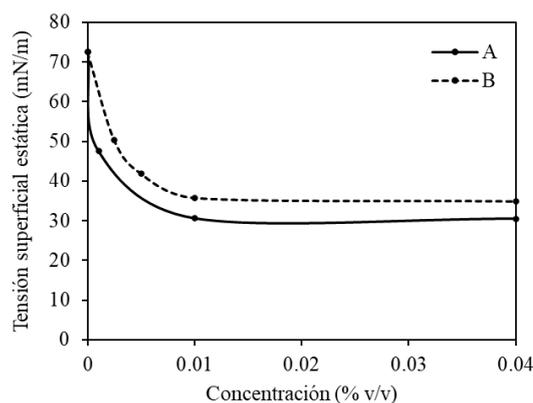


Figura 1. Tensión superficial estática de soluciones de coadyuvantes.

Para la solución del coadyuvante A en su CMC (0,01% v/v), en la Figura 2 se presenta la tensión superficial dinámica en función del tiempo. Inicialmente, la

tensión superficial de la gota es similar a la del agua, disminuyendo gradualmente hasta alcanzar el valor de equilibrio. El comportamiento de la tensión superficial de esta solución es rápido, ya que en menos de 3 segundos la tensión superficial se reduce a la mitad del total que puede reducirse para llegar a su valor de equilibrio. Para concentraciones por debajo y por encima de la CMC, se observa un comportamiento similar.

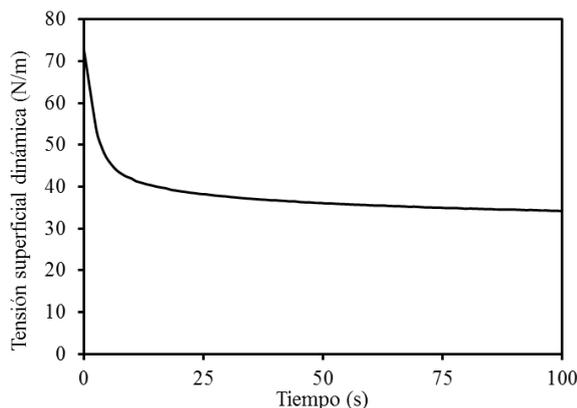


Figura 2. Tensión superficial dinámica de una solución de A en su CMC.

Para diferentes concentraciones de soluciones del coadyuvante B, en la Figura 3 se presenta la tensión superficial dinámica en función del tiempo. Salvo para la concentración de 0.04% v/v, la tensión superficial tiene una dinámica lenta. Por ejemplo, para la CMC, la tensión superficial se reduce a la mitad del total que puede reducirse para llegar a su valor de equilibrio en aproximadamente 55 segundos. Solo para concentraciones muy encima de la CMC (e.g., 0.04% v/v, Figura 3), la dinámica se vuelve rápida.

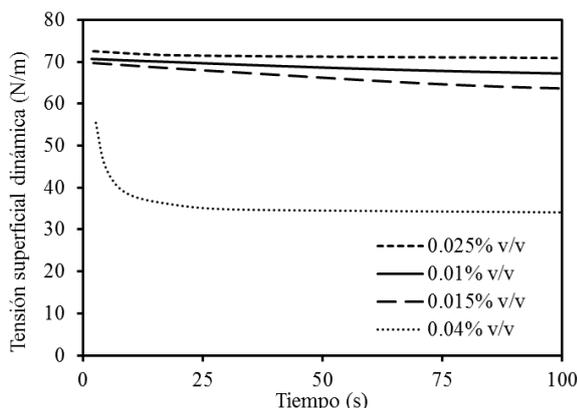


Figura 3. Tensión superficial dinámica de soluciones de B.

DISCUSIÓN

La densidad de las soluciones de ambos coadyuvantes no cambia significativamente con respecto a la del agua, por lo que no se espera que la densidad tenga un efecto considerable en el tamaño de las gotas. En cuanto a la viscosidad, el coadyuvante A no modifica significativamente la viscosidad respecto al agua, mientras que el coadyuvante B la aumenta. El diámetro de las gotas atomizadas tiende a aumentar con la viscosidad (Lefebvre y McDonell, 2017). Entonces, para soluciones que contienen al coadyuvante B, se espera que las soluciones formen gotas más grandes en comparación con el agua o con las soluciones de A.

Una disminución en la tensión superficial dinámica generalmente resulta en una mayor fracción de gotas pequeñas y en una disminución del tamaño promedio de las gotas. Sijs y Bonn (2020) sugieren que la escala de tiempo para la formación de gotas en procesos de atomización es del orden de 20 ms. De acuerdo a los resultados obtenidos, aunque las soluciones de A tienen una dinámica rápida, la disminución de la tensión superficial a los 20 ms en comparación con la del agua no es demasiado significativa. Por lo tanto, se espera que el agregado de A produzca una disminución pequeña en el tamaño de las gotas formadas. Para soluciones de B, con excepción de concentraciones muy altas, la tensión superficial a los 20 ms permanece igual a la del agua, con lo cual no se esperan cambios en el tamaño de las gotas debido a esta propiedad.

CONCLUSIONES

La tensión superficial estática disminuye con el aumento de la concentración de coadyuvante hasta alcanzar la concentración micelar crítica. Además, se observa que la solución antideriva cambia más lentamente su tensión superficial que la solución de tensioactivo, por lo que se espera que afecte la distribución del tamaño de las gotas obtenidas mediante atomización.

BIBLIOGRAFÍA

- Al Heidary et al. (2014) doi: 10.1016/j.cropro.2014.05.006
Lefebvre y McDonell (2017). doi: 10.1201/9781315120911
Sijs y Bonn (2020). doi: 10.1002/ps.5742