



GENERACIÓN DE GOTAS EN JUNTURAS MICROFLUÍDICAS

Cabrera Santos, Nicolás^{1*}; Mansilla, Ramiro Andrés^{1,2}; Labaroni, María Sol¹; Perazzo, Carlos Alberto^{3,5}; Rinderknecht, Felipe⁴; Freire Caporale, Daniel⁴; Gomba, Juan Manuel^{1,2};

¹ Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), FCEX, Instituto de Física Arroyo Seco IFAS, Pinto 399, 7000 Tandil, Buenos Aires, Argentina

² CIFICEN (UNCPBA-CICPBA-CONICET), Pinto 399, 7000 Tandil, Buenos Aires, Argentina

³ IMETTyB, CONICET-Universidad Favaloro, Solís 453, C1078AAI, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

⁴ Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Iguá 4225, 11500, Montevideo, Uruguay

⁵ Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Favaloro, Sarmiento 1853, C1198AAG, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

*E-mail: nico.santosca27@gmail.com

Presentamos resultados experimentales de la generación de gotas de aceite en agua en microjunturas T. El chip transparente ha sido construido con PDMS, donde todos los canales poseen un ancho constante de $130 \pm 15 \mu\text{m}$. La geometría consiste en un canal recto, por donde se inyecta agua, y otro canal que descarga aceite sobre el primero formando ambos un ángulo de 90 grados. Los caudales son inyectados mediante una única bomba lineal de dos jeringas, que admite el uso de jeringas de diferentes diámetros en forma simultánea. La visualización del flujo se lleva a cabo con un microscopio invertido. Para diferentes combinaciones de caudales de entradas, analizamos la tasa de generación de gotas, su geometría, y se compara con modelos existentes en la literatura.

Introducción

Este trabajo nos centramos en el desarrollo de una técnica para la generación y caracterización de microgotas en dispositivos microfluídicos. De las diversas configuraciones de microcanales para la formación controlada de gotas, hemos empleado canales en forma de T. Allí, las gotas se generan por un proceso de corte al hacer confluir dos fases líquidas, la fase continua por el canal principal y la fase dispersa por el canal lateral. Hemos empleado chips microfluídicos de PDMS con canales de $(130 \pm 15) \mu\text{m}$ de ancho y una bomba de microfluídica de dos jeringas para la inyección controlada de los líquidos. Como fase continua y dispersa usamos aceite y agua, respectivamente. Variamos los caudales de entrada de ambos fluidos, primero siendo estos iguales y luego modificando cada uno por separado en el rango de los $50 \mu\text{L/hr}$ a $700 \mu\text{L/h}$. Con el uso de un microscopio óptico invertido (Leica DMI8) registramos el flujo cerca de la junta de los canales. Del análisis de imágenes determinamos la variación del largo y la distancia entre las mismas con los parámetros de flujo. Además, implementamos un método para determinar la profundidad de los microcanales, basado en el llenado a caudal constante, y contrastamos los resultados con mediciones realizadas con el microscopio.

Caracterización del canal - Metodología

Se ha determinado una ley de escala simple que relaciona la longitud L de las gotas como [1,2]

$$\frac{L}{W} = 1 + \alpha \frac{Q_{disp}}{Q_{cont}}$$

- L : longitud de las gotas generadas dentro del canal
- W : ancho del canal
- Q_{disp} : caudal de inyección del agua
- Q_{cont} : caudal de inyección de aceite
- α : cte de orden 1, cuyo valor particular depende de la geometría de la unión T

A su vez, podemos estimar la profundidad h (ecuación de altura) a partir de la velocidad de avance de la interfase agua-aire como:

$$h = \frac{Q}{W \cdot v}$$

donde v es la velocidad de la interfase agua-aire

Al utilizar jeringas de distintos diámetros para generar diferentes caudales, utilizamos la ecuación que relaciona estas cantidades entre sí

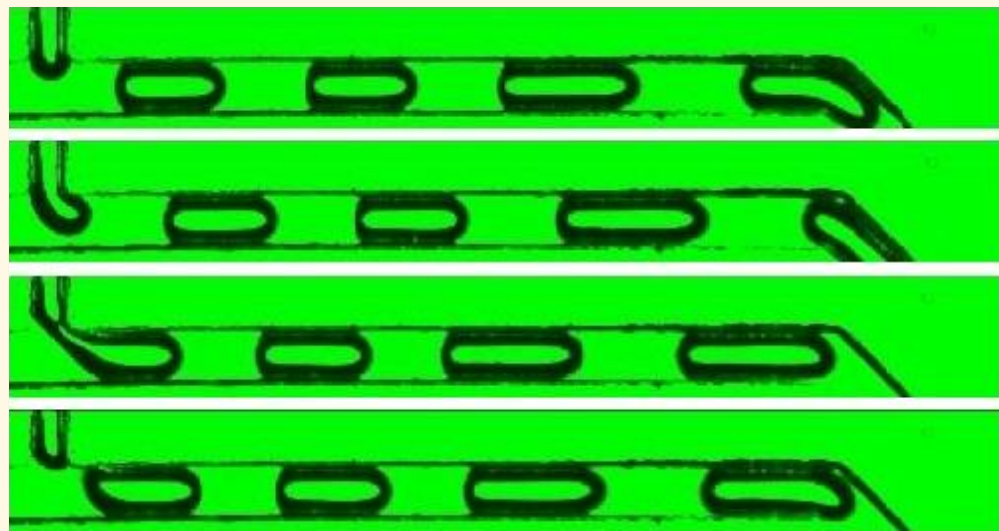
$$\frac{Q_{disp}}{Q_{cont}} = \frac{r_{disp}^2}{r_{cont}^2}$$

Pasos para caracterización

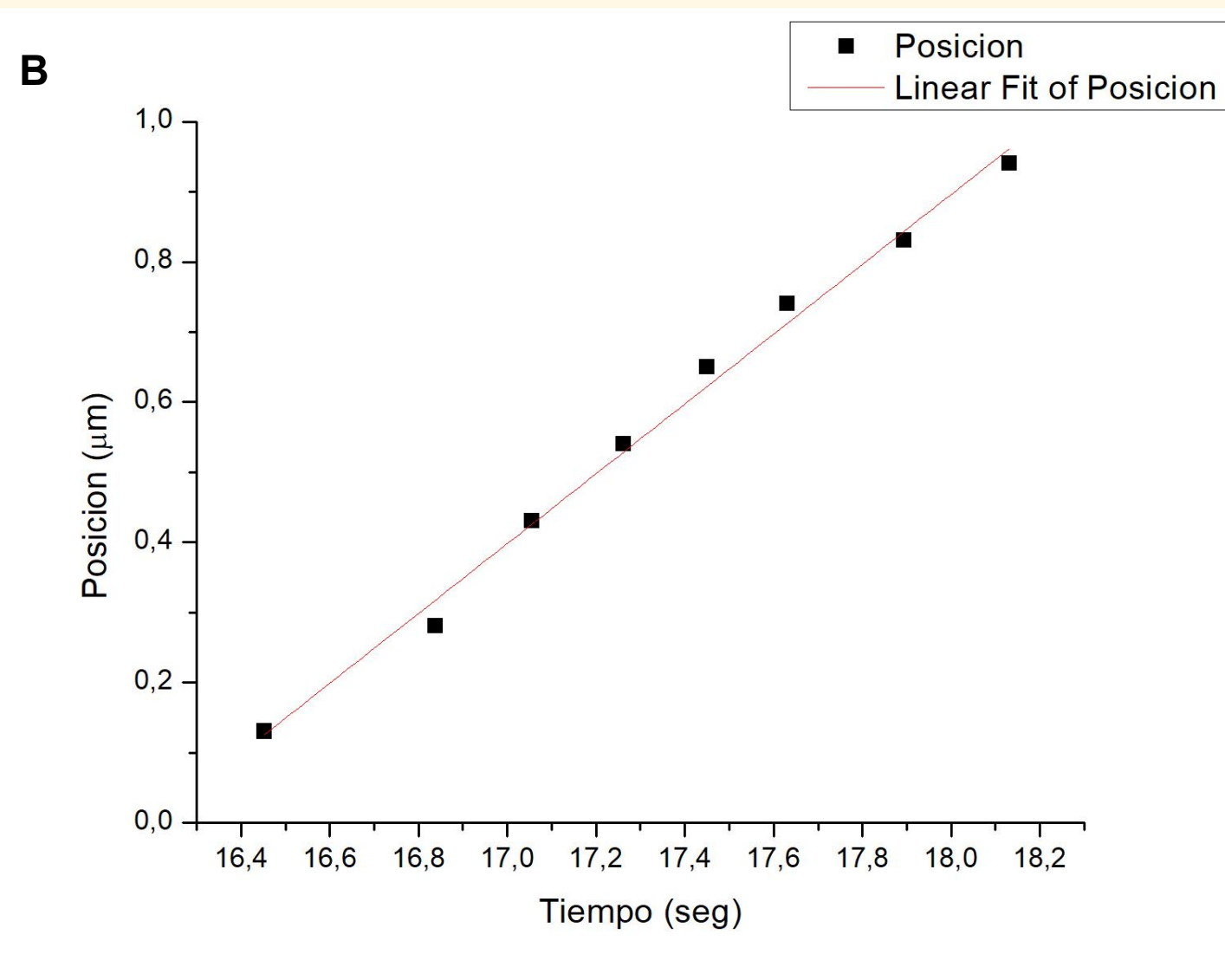
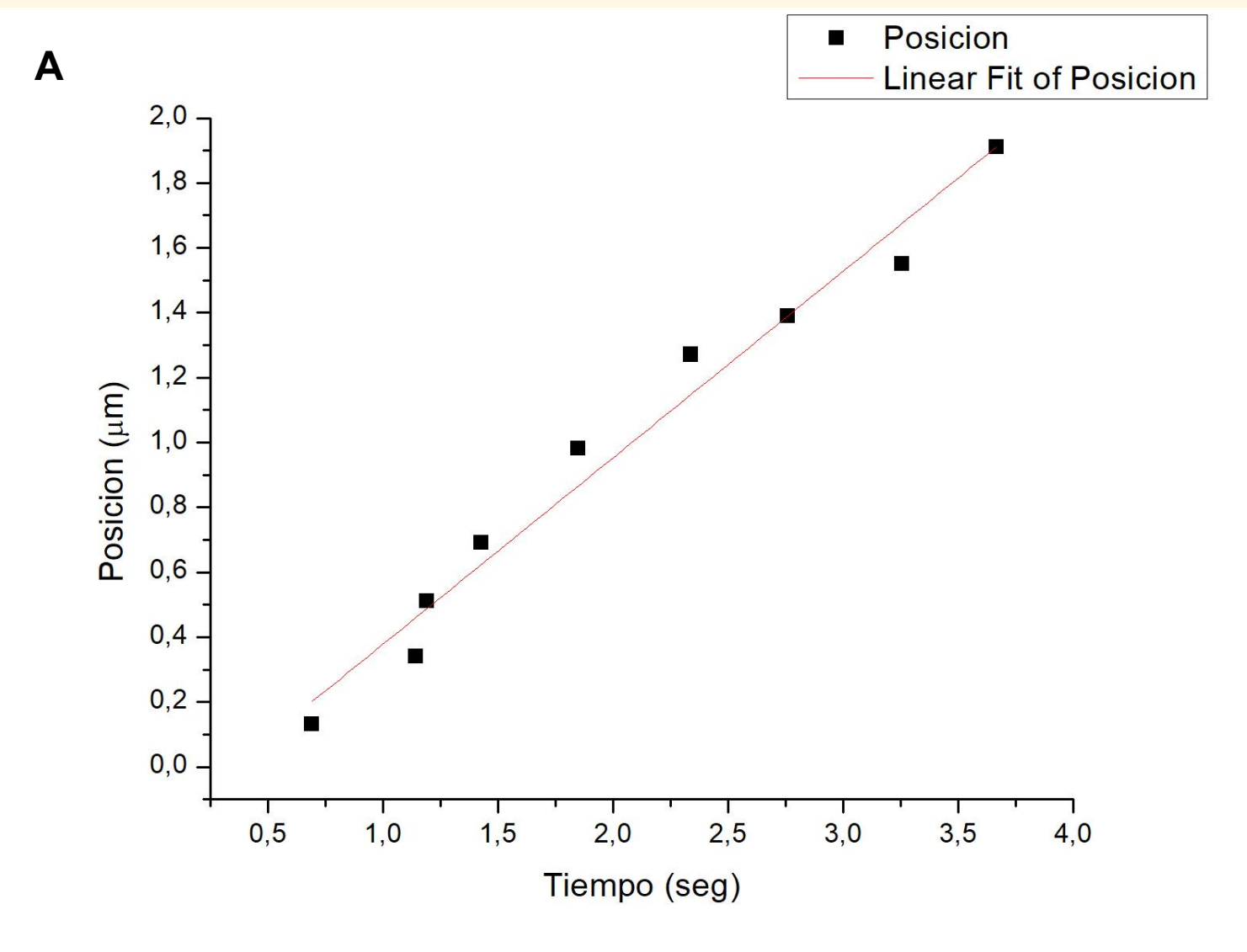
- Seleccionamos el canal, las jeringas y las agujas a utilizar
- Medimos directamente el ancho w y estimamos la profundidad h a partir de la velocidad de avance de la interfase agua-aire.
- Finalmente inyectamos agua en una fase continua de aceite



Variables consideradas durante el análisis.

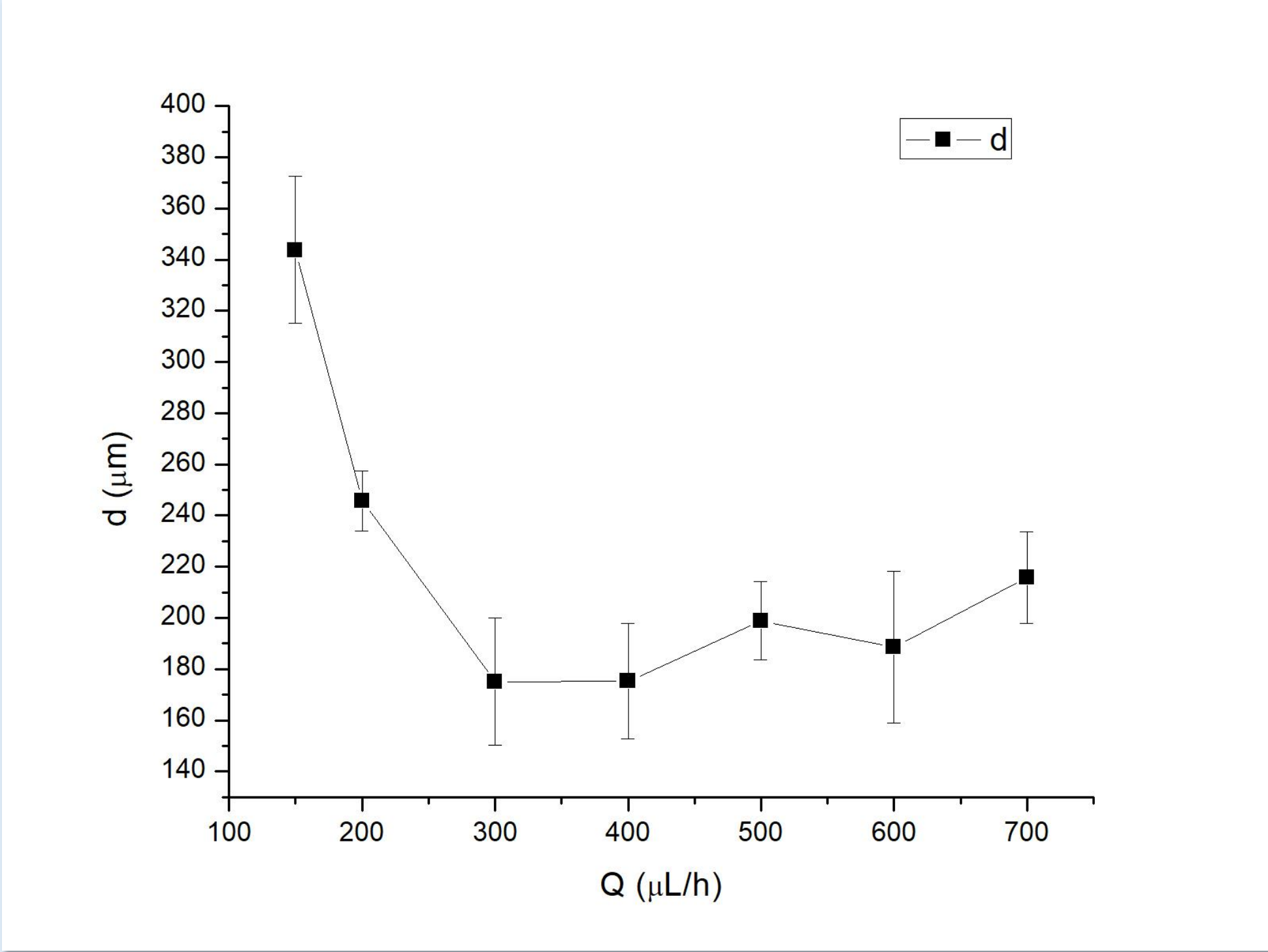


Formación de una gota dentro del canal micrométrico

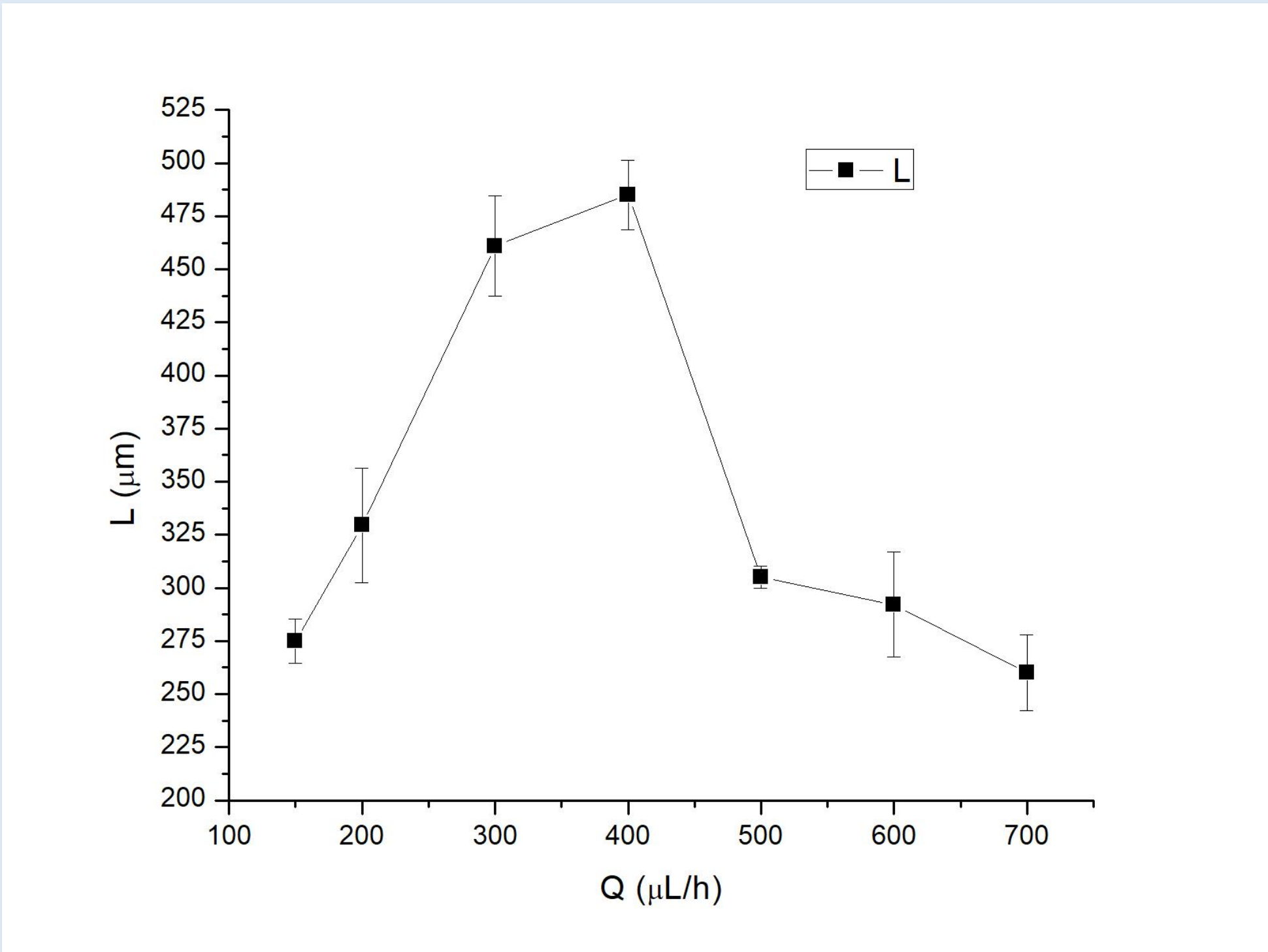


Figuras A y B: velocidad de la interfase agua-aire dentro del canal

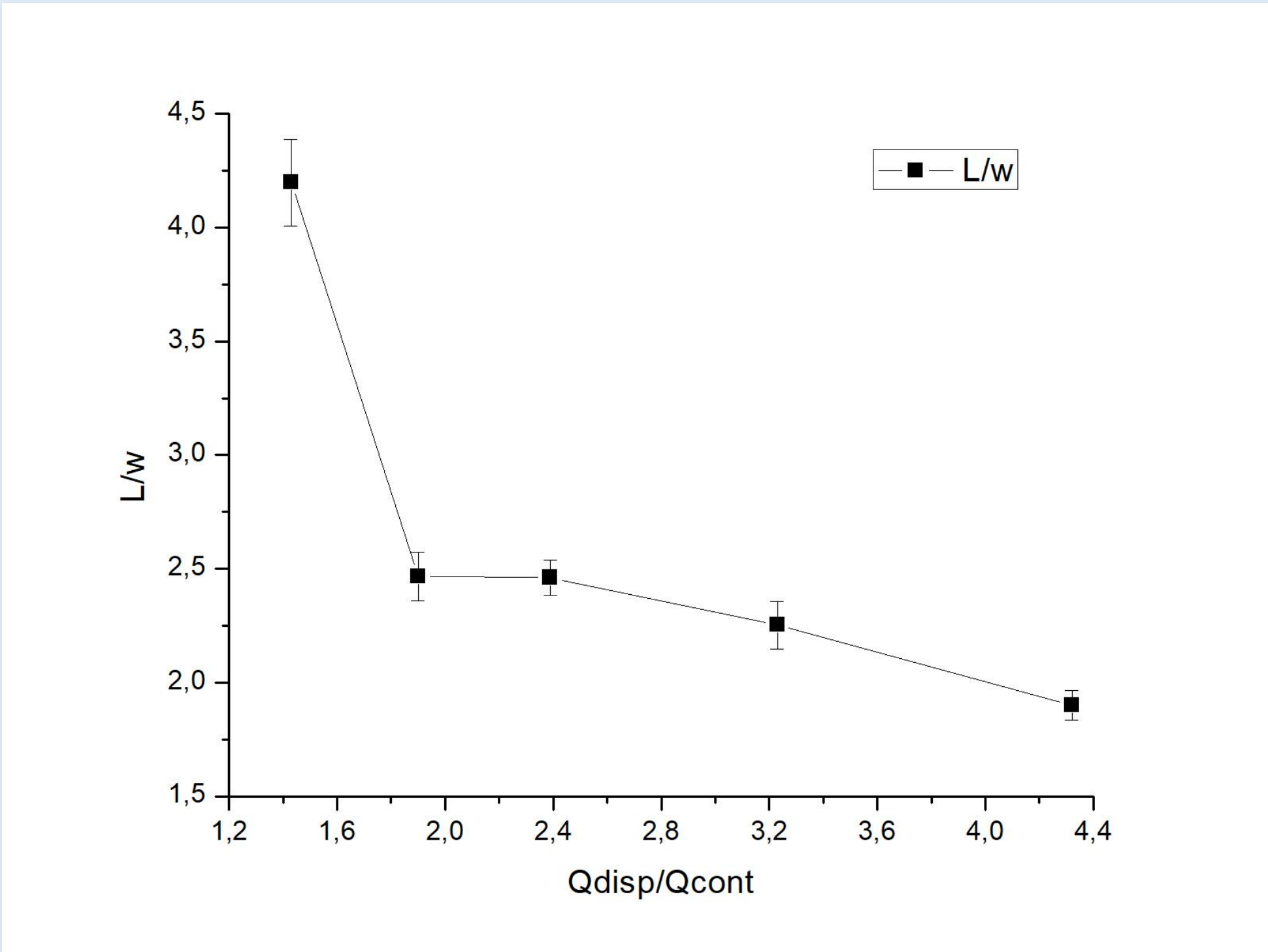
Resultados - Caracterización de las gotas generadas



Distancia d entre gotas en función del caudal de entrada Q , Para el caso $Q_{disp} = Q_{cont}$



Largo L de las gotas en función del caudal de entrada Q , para el caso $Q_{disp} = Q_{cont}$



Largo de las gotas adimensional, L/w , en función de la razón de caudales

Conclusiones

- Estimamos $h = 231 \pm 18 \mu\text{m}$.
- La distancia d entre gotas muestra un abrupto descenso hasta $Q = 300 \mu\text{L/h}$ para luego crecer suavemente tendiendo hacia un valor cercano a $220 \mu\text{m}$.
- El largo de las gotas L muestra un comportamiento que no sigue la relación reportada [1,2] para una razón de caudales igual a 1.
- La disminución de L/W con el aumento de la razón de caudales es inverso a la reportada [1,2]. Asimismo, vemos que la dispersión en las mediciones aumenta a medida que la relación de caudales es menor.

Las discrepancias que observamos invitan a revisar, como trabajo a futuro, el rango de validez de las hipótesis del modelo.

Bibliografía

- [1] "Formation of droplets and bubbles in a microfluidic T-junction - scaling and mechanism of break-up" Piotr Garstecki, Michael J. Fuerstman, Howard A. Stone and George M. Whitesides. Lab Chip 6, 437-446 (2006).
[2] "Droplet formation in microfluidic T-junction generators operating in the transitional regime. II. Modeling", T. Glawdel, C. Elbuken, and C. Ren *, Phys. Rev. E 016323 (2012).

Agradecimiento: Agradecemos a la Agencia Nacional de Investigación en Innovación por el apoyo económico a través del Fondo Clemente Estable, proyecto código FCE_3_2024_1_180940.