

Análisis de la concentración de azúcar en agua destilada usando la técnica de moteado



Emmanuel Torres-Sirangua¹, Luis M. Ledesma Carrillo¹, Ruth I. Mata Chávez¹.

¹Universidad de Guanajuato, DICIS, Departamento de Estudios Multidisciplinarios sede Yuriria.
Av. Universidad s/n. Col. Yacatitas. Yuriria, Guanajuato. México.

Resumen

Este estudio exploró la relación entre los patrones de moteado generados por una fibra óptica plástica expuesta a soluciones de azúcar en diferentes concentraciones y la posibilidad de utilizar redes neuronales para clasificar dichas soluciones. Se hicieron experimentos con dos fibras ópticas, variando la concentración de azúcar y capturando imágenes de los patrones de moteado. Estas imágenes fueron procesadas digitalmente para extraer características relevantes y posteriormente ser utilizadas para entrenar redes neuronales convolucionales. Los resultados obtenidos mostraron que las redes neuronales lograron clasificar las concentraciones de azúcar con una precisión de 91% y 88% para cada fibra, respectivamente. Estos hallazgos sugieren que los patrones de moteado pueden contener información discriminante sobre la concentración de solutos y que las redes neuronales son una herramienta eficaz para extraer dicha información. A largo plazo, esta investigación podría contribuir al desarrollo de sensores ópticos basados en fibras ópticas para aplicaciones en monitoreo ambiental y control de procesos industriales, ofreciendo una alternativa más económica y menos invasiva a las técnicas convencionales.

• Introducción

Los patrones de moteado, generados por la interferencia de ondas de luz coherentes, han sido ampliamente estudiados en diversos campos de la óptica. Ver figura 1. Estudios previos han demostrado que las características de estos patrones pueden proporcionar información valiosa sobre las propiedades de los medios a través de los cuales se propaga la luz.

Algunos de estos artículos proporcionan una visión general de las aplicaciones clínicas de la imagen de contraste de moteado láser y refuerzan la idea de que los patrones de moteado pueden contener información valiosa sobre los tejidos biológicos[1]. Existen previas aplicaciones médicas que, de igual manera, se enfocan en el desarrollo de un sensor de glucosa no invasivo basado en el análisis de patrones de moteado en fibras ópticas [2].

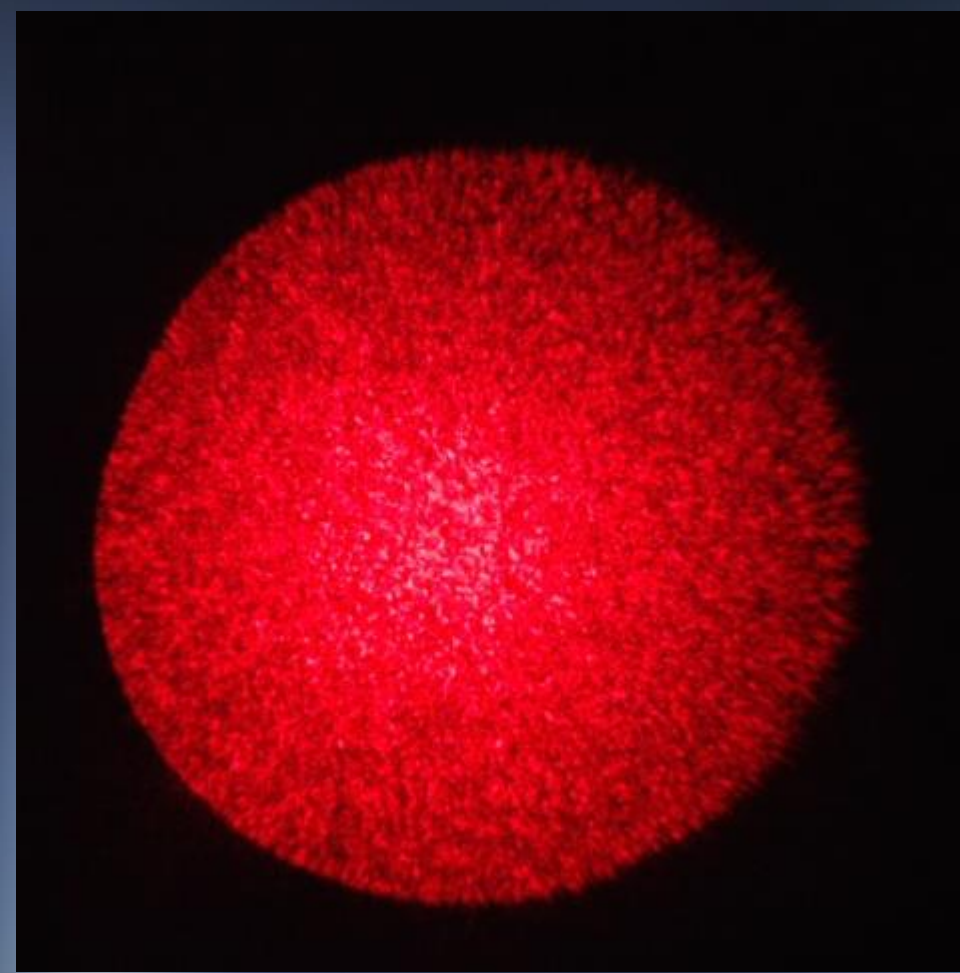


Fig. 1. Ejemplo de Patrón de moteado

En este trabajo, se explora la aplicación de los patrones de moteado en la detección de la concentración de azúcar en soluciones acuosas. A diferencia de los estudios previos en la literatura, el enfoque se basa en el uso de fibras ópticas plásticas y procesamiento de imágenes en Python. Al analizar los cambios en los patrones de moteado generados por una fibra óptica expuesta a soluciones de azúcar con diferentes concentraciones, se busca desarrollar un método alternativo sencillo para determinar la concentración de esta sustancia.

• Arreglo experimental.

Básicamente se utilizó una fuente de luz coherente de He-Ne, a una longitud de onda de alrededor de 633nm y una potencia máxima de 30mW. Bases deslizables para sujetar las fibras ópticas en los ejes X, Y. Un contenedor graduado por donde se inserta la fibra óptica plástica, una pantalla blanca y una cámara digital. Ver figura 2.

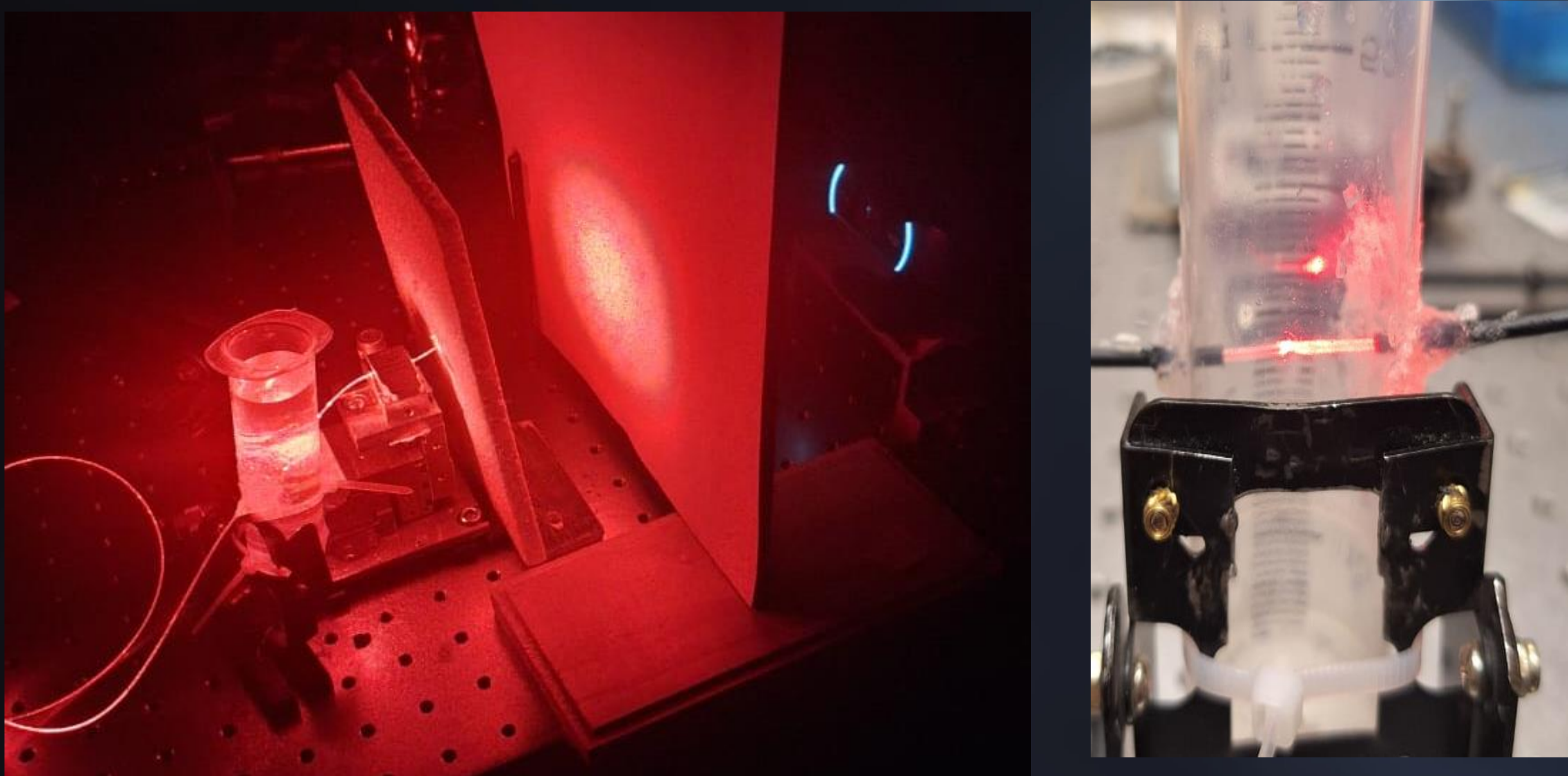


Fig. 2. Esquema experimental para visualizar el patrón de moteado a los cambios de concentración de azúcar.

• Metodología

El primer experimento se hizo utilizando una fibra óptica de 1mm y para el segundo se utilizó una fibra de 0.75mm. Las fibras ópticas plásticas fueron previamente pulidas en los extremos con la finalidad de no perder potencia, ver figura 3. Después se colocó en el esquema experimental asegurando que no hubiera movimiento ni vibraciones alrededor. El recipiente se llenó de solución agua-azúcar para lo cual se usaron 250 ml de agua y concentraciones de azúcar de 0, 1, 3, 5, 7 y 9 mg, figura 2, se proyectó sobre una pantalla y se capturaron las imágenes una cámara digital.



Fig. 3. Imagen izquierda: FOP sin pulir. Imagen derecha, FOP pulida

- La fibra óptica plástica se desbasto con una muesca en figura D. la finalidad es exponer parte del campo EM y que este se perturbe de forma variada por la diferencia de concentración de azúcar en el líquido, ver figura 4.



Fig 4. Desbaste de las fibras plásticas en forma de D.

Las imágenes capturadas fueron preprocesadas para eliminar el ruido y mejorar el contraste del moteado mediante filtros con los cuales se suavizó la imagen, se extrajeron las motas y se hizo un proceso morfológico de dilatación para una mejor visualización, ver figura 5. Las imágenes fueron almacenadas y posteriormente se entrenó una red neuronal para clasificarlas.

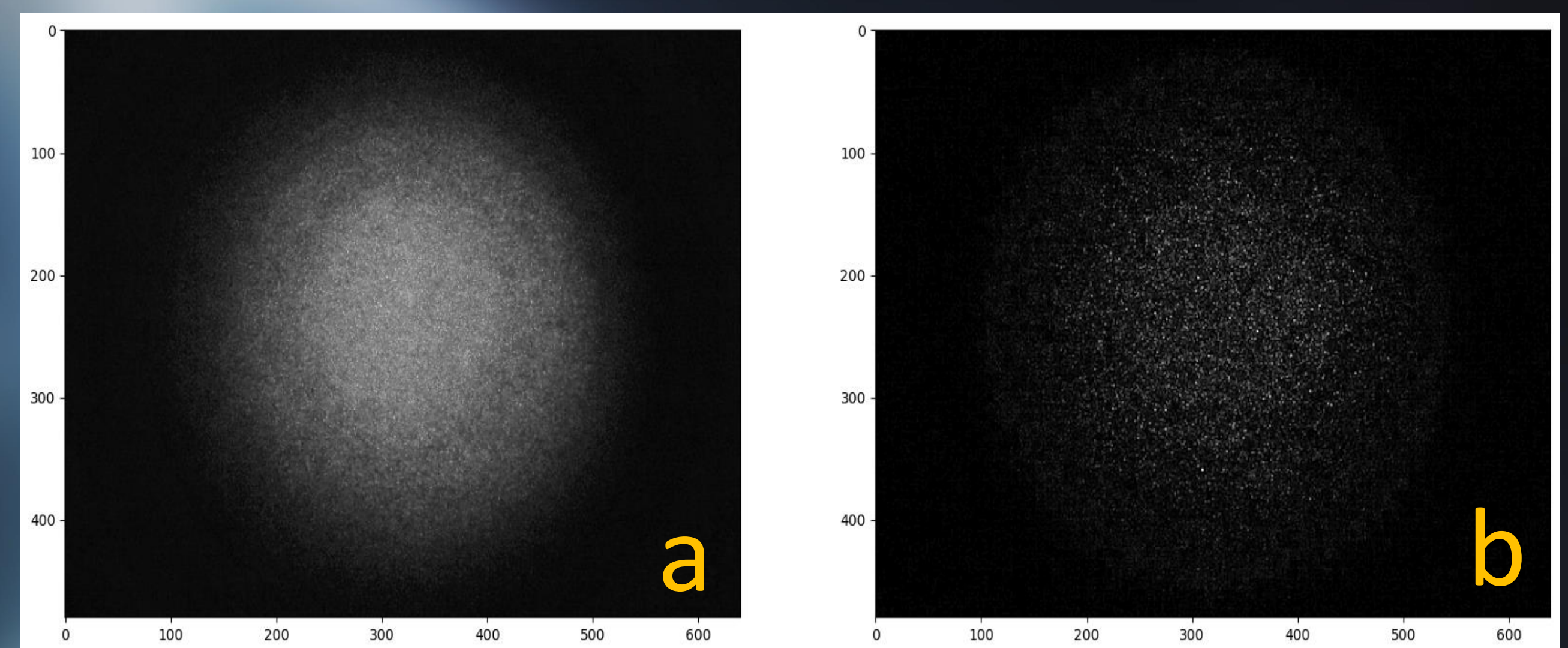


Fig 5. a) Patrón de motas original b) Patrón de motas procesado.

• Resultados

El análisis de los patrones de moteado reveló una correlación significativa entre el tamaño promedio del moteado y la concentración de azúcar en las soluciones de agua en base a los resultados de los modelos de redes neuronales entrenados. La repetibilidad de las mediciones se evaluó comparando los resultados obtenidos con las fibras de 1mm y de 0.75mm. Los resultados de precisión son de 91% para la fibra de 1mm y de 86% para la fibra 2. Figura 6a y 6b.

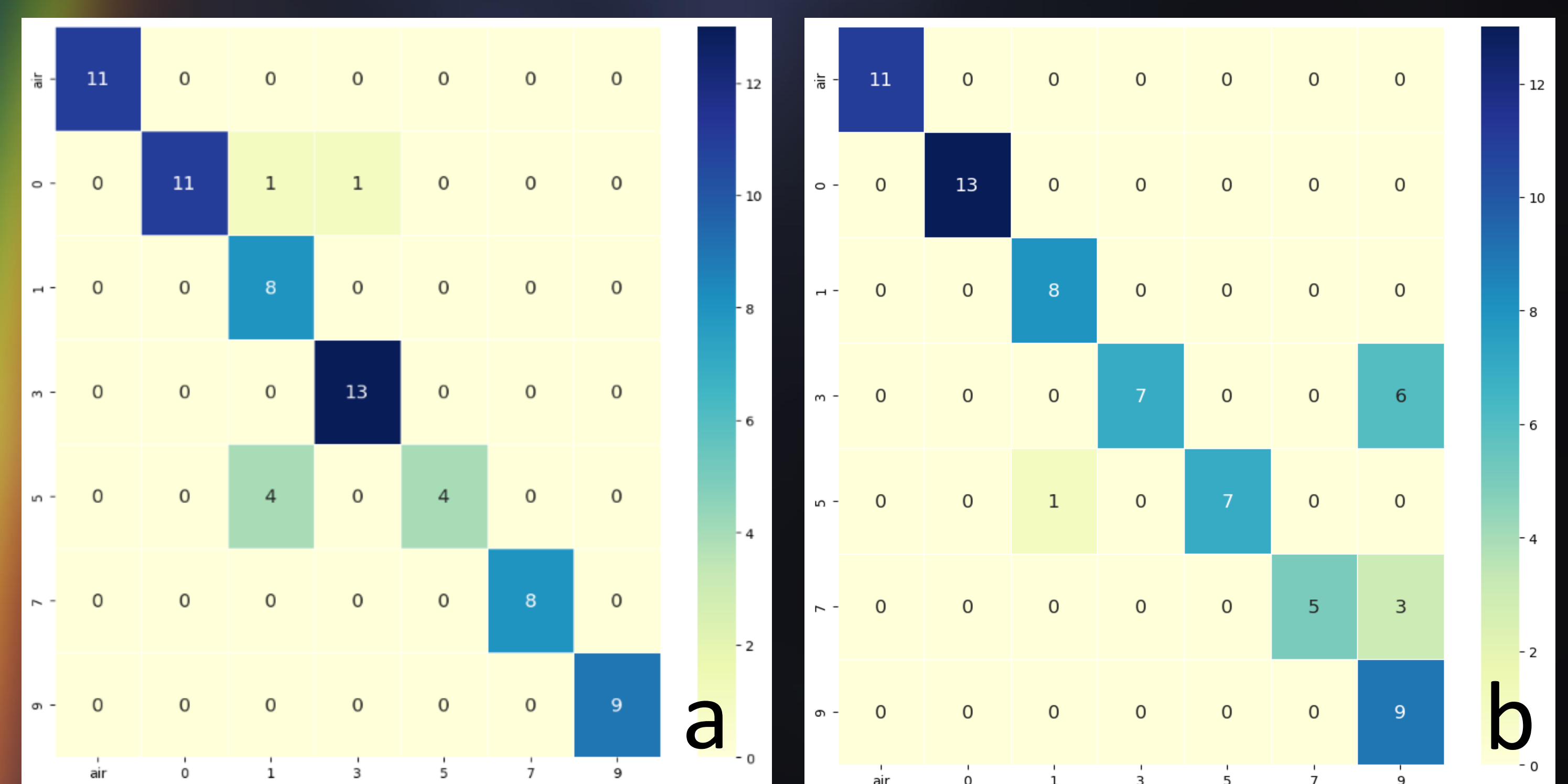


Fig 6. Grafica de confusión de los resultados de las POF a) 1mm b) 0.75mm

• Conclusiones

Los resultados de este estudio han demostrado una correlación directa entre las características de los patrones de moteado y la concentración de azúcar en soluciones acuosas. Estos hallazgos sugieren que los patrones de moteado pueden ser utilizados como una herramienta eficaz para la cuantificación no invasiva de la concentración de azúcar en soluciones. Sin embargo, es necesario realizar más pruebas en diferentes condiciones para no tener resultados sesgado en cuestión del entrenamiento de la red neuronal.

• Referencias

- [1] Heeman, W., Steenbergen, W., van Dam, G., & Boerma, E. C. (2019). Clinical applications of laser speckle contrast imaging: a review. *Journal of biomedical optics*, 24(8), 1–11. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.24.8.080901>
- [2] Pal, D., Agadarov, S., Beiderman, Y., Beiderman, Y., Kumar, A., & Zalevsky, Z. (2022). Non-invasive blood glucose sensing by machine learning of optic fiber-based speckle pattern variation. *Journal of biomedical optics*, 27(9), 097001. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.27.9.097001>