

# Medición de la actividad óptica de la sacarosa para la construcción de un glucómetro

## Measuring the optical activity of the sucrose for the construction of an optical glucometer

Luis Cortez-González\*, Romeo Selvas-Aguilar\*, Arturo Castillo-Guzmán\*, Daniel Ceballos-Herrera\*

### RESUMEN

Se presenta un estudio de la actividad óptica de la sacarosa como fundamento para la construcción de un glucómetro óptico. Se dispone de un láser de diodo, cuya emisión en el infrarrojo atraviesa una muestra de solución de agua/azúcar a distintas concentraciones. En una representación elíptica, los resultados muestran que la birrefringencia circular favorece la polarización circular derecha en el azúcar. Se pretende en trabajos posteriores encontrar el comportamiento en muestras de sangre.

### ABSTRACT

A study of the optical activity of the sucrose is presented as a basis for the construction of an optical glucometer. It features an infrared laser diode whose emission passes through a water/sugar sample solution at different concentrations. In an elliptical representation, the results show that circular birefringence favors right circular polarization. Subsequent work aims at finding the behavior in blood samples.

### INTRODUCCIÓN

Se estima que en el 2012 fallecieron cerca de 1.5 millones de personas alrededor del mundo como consecuencia del exceso de azúcar en la sangre (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2012), siendo una de las principales causas de muerte en nuestro país (OMS, 2014). La diabetes es un padecimiento que se caracteriza por la elevación del contenido de azúcar en la sangre, por lo que la determinación de estas cantidades en análisis clínicos resulta esencial para el diagnóstico de pacientes diabéticos.

En las últimas décadas se han desarrollado distintos métodos de monitoreo del azúcar para pacientes con esta enfermedad; han surgido algunos métodos invasivos y no invasivos, presentando cada uno respectivas ventajas e inconveniencias (Koschinsky & Heinemann, 2001). Los desarrollos e ideas han ido de la mano con las tecnologías prevalecientes. Ahora, adelantos recientes en las tecnologías fotónicas han reenfocado el interés en el sentido de la glucosa por métodos ópticos. La construcción de tal dispositivo tendría la capacidad de mejorar la calidad de vida de millones de personas alrededor del mundo.

En sentido óptico se han presentado distintas propuestas como el sentido por fluorescencia (Rosenzweig & Kopelman, 1996), sentido por espectroscopía Raman (Nafie, 1997), por polarimetría (CotC, Fox & Northrop, 1992), entre otras, siendo los métodos polarimétricos los que utilizaremos como análisis en el desarrollo del presente trabajo.

Recibido: 28 de junio de 2015

Aceptado: 2 de febrero de 2016

#### Palabras clave:

Actividad óptica; sacarosa; birrefringencia circular; glucómetro.

#### Keywords:

Optical activity; sucrose; circular birefringence; glucometer.

#### Cómo citar:

Cortez-González, L., Selvas-Aguilar, R., Castillo-Guzmán, A., & Ceballos-Herrera, D. (2016). Medición de la actividad óptica de la sacarosa para la construcción de un glucómetro. *Acta Universitaria*, 26(NE-1), 17-19. doi: 10.15174/au.2016.856

\* Centro de Investigación en Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Av. Universidad, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Correos electrónicos: lccg\_fcfm@hotmail.com; rselvas@gmail.com; acastillolog@gmail.com; daniel\_enriquec@hotmail.com

La rotación de luz polarizada por sustancias ópticamente activas ha sido utilizada por muchos años para cuantificar la cantidad de sustancia en una solución. La función detrás de los sensores ópticos polarimétricos es medir la cantidad de rotación del plano de polarización de la luz que atraviesa una sustancia ópticamente activa. En este trabajo se presenta un estudio del fenómeno de la actividad óptica debido a la cantidad de sacarosa en muestras de agua/azúcar a distintas concentraciones como fundamento para la construcción de un glucómetro. Como primera aproximación se estudian los efectos de rotación en una representación elíptica sin profundizar en la estructura molecular de la sacarosa.

## Fundamentos

El fenómeno de la actividad óptica fue descubierto en el cuarzo en 1811. Consiste en un giro del plano de polarización de un haz luminoso al atravesar un material adecuado. Se presenta, además, la absorción o dispersión por el medio, lo que provoca elipticidad en la polarización. La sustancia activa se llama *dextrógira* si dicho giro tiene lugar en sentido contrario al de las agujas del reloj para un observador que recibe la luz, y se llama *levógira* en caso contrario. El ángulo que gira el plano de polarización es proporcional al espesor del material atravesado, de modo que es posible caracterizar la magnitud del efecto mediante el poder rotatorio específico  $\rho$ , que mide el ángulo girado por unidad de espesor (Cabrera, López & López, 1999).

La actividad óptica se puede entender como una birrefringencia circular, fenómeno en el que un material presenta doble índice de refracción a la luz circularmente polarizada. Una onda linealmente polarizada se puede considerar como una superposición de una onda con polarización circular izquierda (*left-circularly polarized* [LCP]), más una onda con polarización circular derecha (*right-circularly polarized* [RCP]) y entonces considerar la propagación independiente y a distintas velocidades de estas ondas, y como resultado la rotación del plano de polarización (figura 1).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se dispone de un láser de diodo BL976-SAG300 Thorlabs® con emisión en el infrarrojo unido a una fibra óptica monomodal (pigtailed SM Fiber). En una configuración lineal, se hace viajar la luz a través de una solución de agua/azúcar colocada en un contenedor transparente, cuyo material no presenta actividad óptica. A distintas concentraciones de azúcar en agua

se evalúa la rotación en el plano de polarización de la luz mediante el uso de un polarímetro PAX5710IR1-T Thorlabs® (figura 2).

Se comienza analizando la luz del diodo directamente en el polarímetro para conocer sus características de polarización y descartar efectos causados por la fibra. Inicialmente, la polarización está rotada  $-24^\circ$  respecto al eje horizontal. Se coloca en el recipiente sólo agua destilada y se verifica que no haya ningún cambio en el ángulo de polarización. En la preparación de las muestras, 160 ml de agua destilada a temperatura ambiente ( $21^\circ\text{C}$ ) se mezcla con dosis de 2 gr de azúcar, probando muestras de 1 a 6 dosis. La solución agua/azúcar se deposita en un pequeño contenedor plástico transparente de 5 cm por lado, permitiendo a la luz viajar, a través del material, a la misma distancia. Finalmente, se captura la luz en el polarímetro sensible al infrarrojo cercano (700 nm – 1000 nm), el cual permite medir los parámetros de elipticidad con una precisión de  $0.2^\circ$ .

Se puede representar el estado de polarización de la luz mediante la esfera de Poincaré o su representación elíptica (Kumar & Ghatak, 2011). En este trabajo se empleó la segunda opción, ya que directamente permite observar el giro del ángulo acimutal (figura 3).

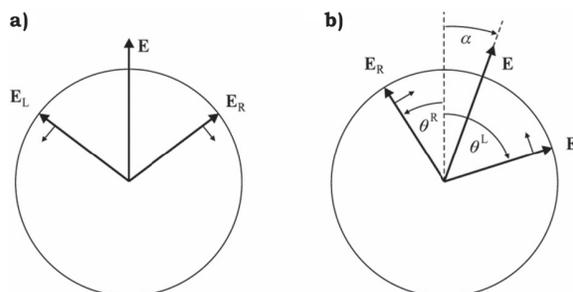


Figura 1. Composición de una onda linealmente polarizada. La actividad óptica favorece el giro de una de estas ondas y retarda la propagación de la otra debido al distinto índice de refracción (birrefringencia) presentado ante ambas polarizaciones (RCP y LCP), dando como resultado un cambio en el ángulo acimutal de polarización.

Fuente: Barron (2004).

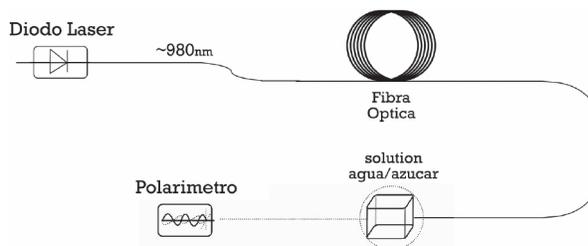
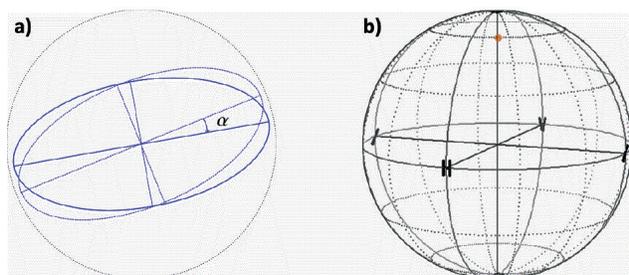


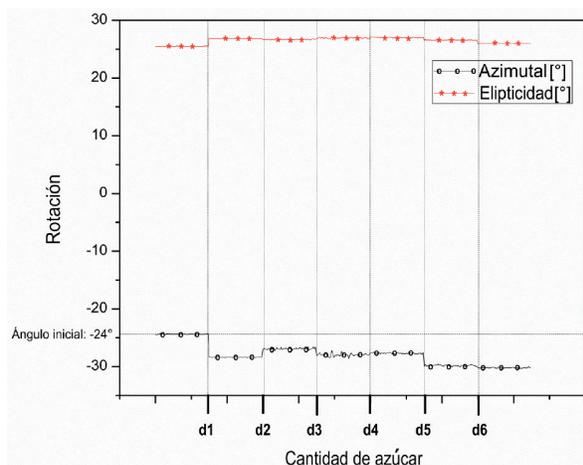
Figura 2. Esquema experimental.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 3.** Representación del estado de polarización de la luz. a) Representación elíptica: en ella los cambios de ángulo se perciben directamente como una rotación de la elipse; además, la elipse puede cambiar su excentricidad debido a que el material puede presentar distinta absorción a las polarizaciones RCP y LCP. b) Esfera de Poincaré: en ésta la polarización se representa como un punto con los parámetros de Stokes como coordenadas.

Fuente: Thorlabs PAX5710 Operation Manual.



**Figura 4.** Medición de la actividad óptica ante diferentes dosis de azúcar disuelta en agua. Los resultados muestran la rotación en el ángulo de polarización conforme se agregan las dosis (d1-d6). Cada dosis corresponde a un contenido de 2 gr de azúcar.

Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

Se tomaron muestras de 1 a 6 dosis de azúcar, cada una de 2 gr disueltas en 160 ml de agua destilada. Se realizó un monitoreo tanto en los parámetros de Stokes como en el giro del plano de polarización, siendo este último el más sencillo y directo de analizar. Además, se notaron cambios en la elipticidad, lo cual indica cierta absorción del medio; y dado que esto es independiente de la rotación óptica, se pudieron sintetizar los resultados en la rotación del ángulo acimutal. Los resultados son expuestos en la figura 4.

La sacarosa mostró en todo momento comportamiento dextrógiro. En una muestra al 100% de agua destilada, la luz presentaba una polarización a un ángulo acimutal a  $-24^\circ$  (figura 4), decreciendo este ángulo en muestras con azúcar a valores aún más negativos.

Finalmente, al evaluarse muestras simples de soluciones de agua con contenido de azúcar, concluimos que se pudo observar que la rotación del plano de polarización es un efecto muy sensible e instantáneo, lo cual nos incentiva a continuar con estos estudios orientados al desarrollo de un glucómetro óptico basado en polarimetría.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los doctores Selvas-Aguilar, Castillo-Guzmán y Ceballos-Herrera, por el apoyo y las discusiones durante la realización de este trabajo.

## REFERENCIAS

- Barron, L. D. (2004). *Molecular Light Scattering and Optical Activity*. Cambridge: University Press.
- Cabrera, J. M., López, F. A., & López, F. J. (1999). *Óptica electromagnética. Vol. II: materiales y aplicaciones*. Madrid: Addison-Wesley.
- CotC, G. L., Fox, M. D., & Northrop, R. B. (1992). Noninvasive Optical Polarimetric Glucose Sensing Using a True Phase Measurement Technique, *IEEE Transactions On Biomedical Engineering*, 39(7), 752-756.
- Koschinsky, T., & Heinemann, L. (2001). Sensors for glucose monitoring: technical and clinical aspects. *Diabetes Metabolism Research and Reviews*, 17(2), 113-123. doi: 10.1002/dmrr.188
- Kumar, A., & Ghatak, A. (2011). *Polarization of light with applications in optical fibers*. USA: SPIE Press. Tutorial Texts in Optical Engineering.
- Nafie, L. A. (1997). Infrared and Raman Vibrational Optical Activity. *Annual Review of Physical Chemistry*, 48(1), 357-386.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2012). *World Health Organization. Global Health Estimates: Deaths by Cause, Age, Sex and Country, 2000-2012*. Geneva: OMS. Recuperado en enero de 2015 de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/es/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2014). *World Health Organization-Non-communicable Diseases (NCD) Country Profiles*. Geneva: OMS. Recuperado en enero de 2015 de <http://www.who.int/countries/mex/es/>
- Rosenzweig, Z., & Kopelman, R. (1996). Analytical Properties and Sensor Size Effects of a Micrometer-Sized Optical Fiber Glucose Biosensor. *Analytical Chemistry*, 68(8), 1408-1413.
- Thorlabs (2008). Polarization Analyzing System PAX5710IR1 Manua.