

Sensor no invasivo para diabetes

La diabetes mellitus (DM) es una enfermedad que afecta a gran cantidad de la población mexicana, por ejemplo; en 2020 el 14% de los decesos fueron causados por esta enfermedad. Es importante señalar que el costo, para un centro médico, es cerca de \$100,000. 00 MXN por ingreso de cada paciente.

La diabetes se caracteriza por un alto contenido de glucosa en la sangre; es peligrosa ya que; de no controlarse pueden derivarse daños al organismo, por ejemplo, falla de órganos. Los métodos actuales para el monitoreo de diabetes son incómodos y dolorosos. Para un tratamiento efectivo, un diabético debería medir sus niveles de glucosa al menos tres veces al día, pero por lo doloroso e incómodo lo hacen menos de cuatro veces por mes. Por ello, se busca una alternativa cómoda indolora y no invasiva para monitorear la glucosa de pacientes diabéticos.

Diversos estudios proponen utilizar en vez de sangre, lágrimas, orina, sudor y saliva de pacientes con DM para el monitoreo de glucosa. La que tiene mayor atención es la saliva, pues su concentración de glucosa es proporcional a la concentración de glucosa en la sangre. El control y monitoreo de glucosa a través de la saliva es un método simple, pero, sobre todo, indoloro para el paciente.

El Centro de Investigación de Materiales Avanzados (CIMA) trabaja en el desarrollo de una forma de control y monitoreo de diabetes a partir de un sensor de saliva hecho de papel que cambia de color de acuerdo con la cantidad de glucosa presente; se basa en la relación entre la cantidad de glucosa en la saliva y en la sangre. El sensor busca ser un método simple, no agresivo y económico con el usuario.

¿Cómo funciona?

La preparación del sensor es sencilla y barata. Se emplea papel filtro como matriz, cera para promover los sitios activos en donde se va a llevar a cabo la reacción, un molde de metal, quitosano para mejorar la superficie de reacción, enzimas (Glucosa Oxidasa y Peroxidasa) como reactivos y un cromóforo que promueve la visualización del color.

El procedimiento se indica en la Figura 1. De (A) a (C) se muestra el desarrollo de la zona de detección. El primer paso (A) es juntar papel cubierto de parafina y papel Whatman, luego (B) se

presiona un molde de metal previamente calentado contra los papeles, para posteriormente (C) obtener tiras definidas con barreras hidrofóbicas.

Luego, de (D) a (F) se presenta la modificación química de la zona de detección: En (D) ocurre una modificación con quitosano, después (E) se adiciona una mezcla enzimática, y finalmente (F) se agrega TBHBA en condiciones de oscuridad.

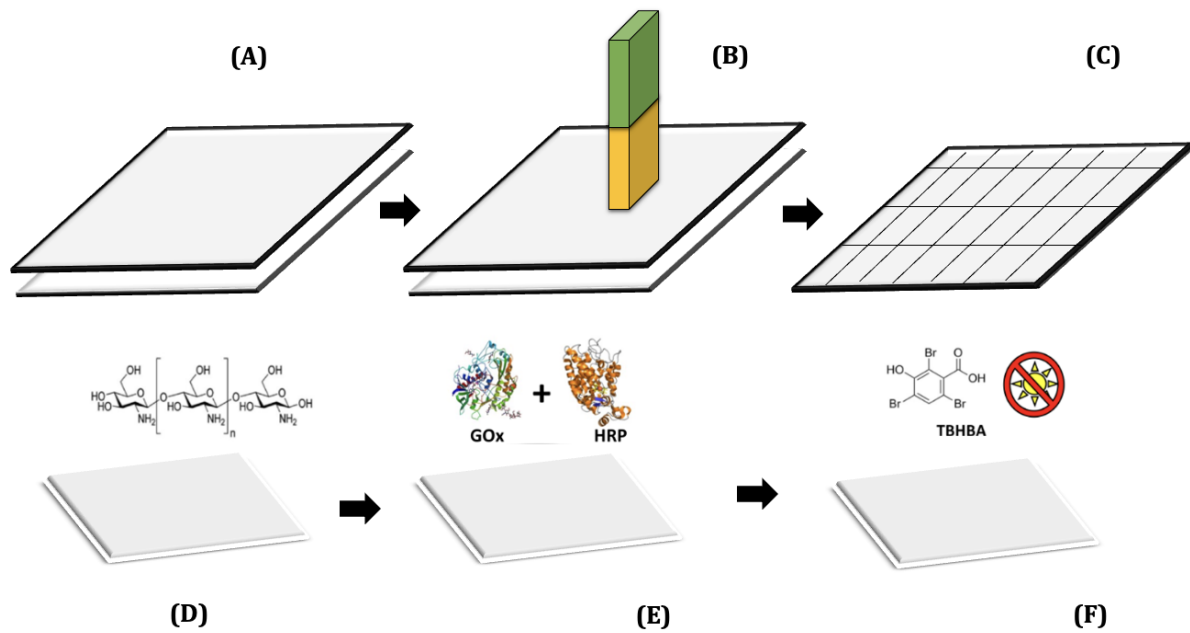


Figura 1 Representación de la fabricación del sensor en papel

Una vez preparado el sensor, se probó con diferentes cantidades de glucosa, de manera que se obtuvo una escala (Fig. 2) con la que se puede encontrar a qué nivel de glucosa pertenece la muestra del usuario.

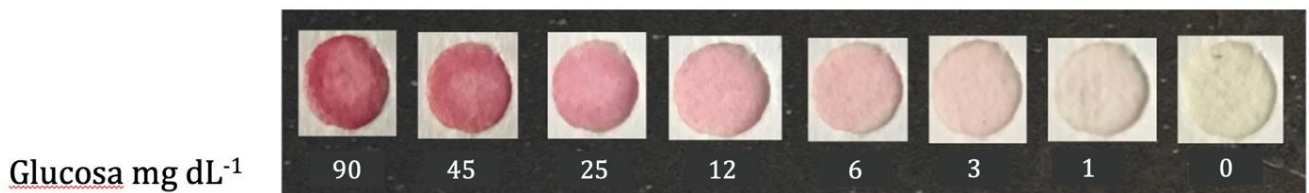


Figura 2 Escala colorimétrica de glucosa

Es decir, con el simple hecho de aplicar saliva al sensor de papel es posible conocer la cantidad de glucosa en nuestro sistema, haciendo más fácil e indoloro el control de diabetes.

Otra ventaja que tiene el sensor es que es más económico que las tecnologías actuales que consisten en pincharse el dedo y colocar una gota de sangre en una tira reactiva. El costo de fabricación por tira es de \$2.00 MXN considerando reactivos de grado de laboratorio y un área de contacto de 1 cm², por lo que el precio podría disminuir aún más con una fabricación masiva.

¿Qué tan selectivo es?

El sensor funciona mediante una reacción enzimática entre glucosa, glucosa oxidasa y peroxidasa y el producto de reacción ocasiona un cambio de color visible que se percibe a simple vista. Esta reacción ocurre únicamente con glucosa debido a que las enzimas son altamente selectivas. En la Figura 3 se encuentra una representación de la reacción enzimática en el sensor en donde se aprecia que la glucosa oxidasa reacciona únicamente con la glucosa.

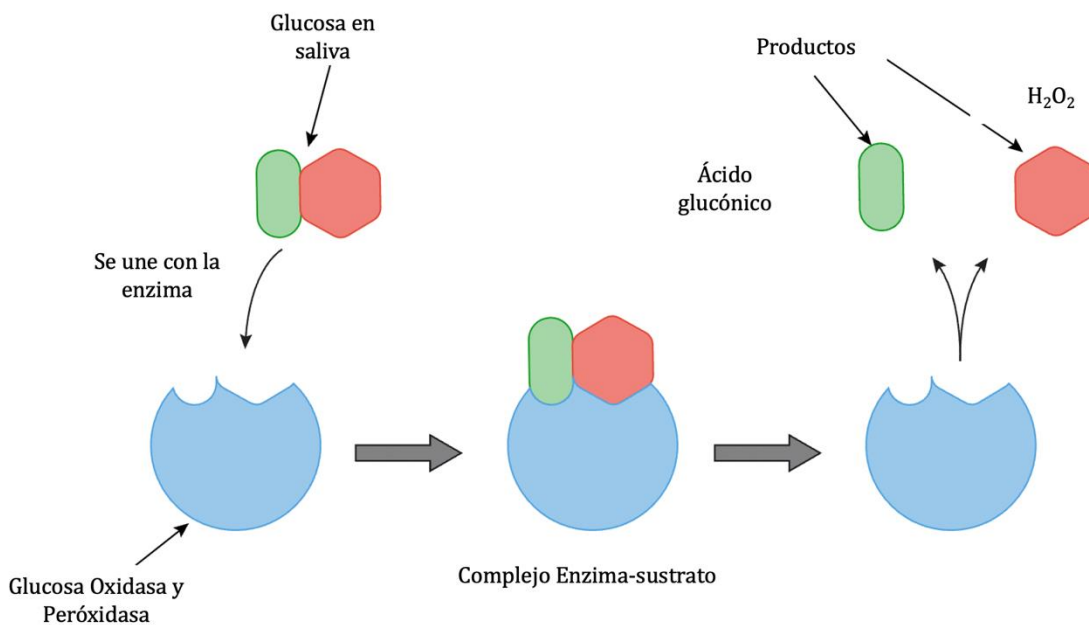


Figura 3 Reacción Enzimática Glucosa-Gox

¿Cuánto dura almacenado?

La prueba de estabilidad indica que aún después de 10 días de tener el sensor preparado la lectura realizada no cambia, aunque, para su preservación, se debe de tener alejado de la luz y a -4°C , condiciones que son fáciles de alcanzar en un refrigerador convencional.

Conclusión

En conclusión, el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) ha logrado formular un sensor altamente selectivo, confiable e indoloro para el seguimiento de los pacientes con diabetes, que a su vez es económicamente rentable. Además de permitir ampliar las áreas de estudio de sistemas de medición que tengan la misma finalidad que el sensor aquí expuesto.

Referencias

- INEGI. (n.d.). Estadísticas a propósito del Día Mundial de la Diabetes Retrieved August 11, 2022, from https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP_Diabetes2021.pdf
- Santana-Jiménez, L., Márquez-Lucero, A., Osuna, V., Estrada-Moreno, I., & Domínguez, R. (2018). Naked-eye detection of glucose in saliva with Bienzymatic paper-based sensor. *Sensors*, 18(4), 1071. doi:10.3390/s18041071
- Nagwa. (n.d.). Lesson explainer: Enzymes in digestion biology. Retrieved August 15, 2022, from <https://www.nagwa.com/en/explainers/480180810123/>
- Lucero, A. M., Orozco, M., Navarro, N., & Collins, V. (2022). Sensitivity of nafion films to organic substances, especially ketones. *Advances in Polymer Technology*, 2022, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/1025653>

Sobre los autores

Brenda Alcibar Velasco

Estudiante de Nanotecnología e Ing. Molecular en la Universidad de las Américas Puebla. Actualmente se encuentra haciendo prácticas profesionales en el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) en la ciudad de Chihuahua bajo la tutela del Dr. Alfredo y el Ing. Miguel en su línea de investigación de detección de niveles de glucosa por medios no invasivos.

Contacto: brenda.alcibarvo@udlap.mx

Dr. Alfredo Márquez Lucero

Investigador Nacional Nivel III en el SNI, y actualmente es Investigador Titular en el Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. Él es autor de 71 artículos publicados en revistas internacionales arbitradas; 1 artículo para el “Senado de la República, LIV Legislatura” (a

propósito del impacto del Tratado de Libre Comercio, en la industria de plásticos mexicana); 16 patentes, entre las cuales cinco son patentes internacionales; 4 libros; 4 capítulos de libros y 95 artículos en memorias de congresos. Esta producción académica ha generado ya 2,567 citas bibliográficas.

Asimismo, ha dirigido 11 tesis de Doctorado; 11 tesis de Maestría y 16 de Licenciatura. Así como, ha dirigido 26 proyectos de investigación y es miembro de 6 organizaciones académicas y dos comités editoriales de revistas internacionales.

Contacto: alfredo.marquez@cimav.edu.mx

Ing. Miguel Alonso Orozco

Ingresó al Centro de investigación en materiales avanzados en el 2006 incorporándose a las líneas de investigación en desarrollo de compósitos poliméricos y de sensores poliméricos, especializándose en el diseño, fabricación y prueba de sistemas prototipos que emplean los sensores desarrollados por el grupo de investigación al cual pertenece, permitiéndole desarrollar sistemas de detección de hidrocarburos y de seguridad perimetral para Pemex en el Proyecto SENER – Conacyt 144350 y actualmente empleando las habilidades de generación de software y firmware en la línea de investigación de detección de niveles de glucosa por medios no invasivos.

Contacto: miguel.orozco@cimav.edu.mx