

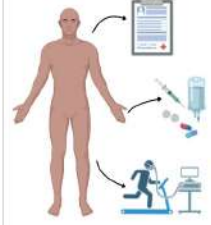
Diseño de sensores basados en puntos de carbono dopados y no dopados con iones lantánidos para la detección de glucosa y pH en rangos de interés clínico

Semillero de Investigación en Biomateriales para Aplicaciones Biomédicas - SyNERGIA

Maria J. Guluma-Escamilla, Johan Stiven Bolaños-Prieto,
Carolina Carrillo, Santiago Carreño, Diana C. Rodríguez Burbano
Innovación y creatividad



Introducción



Las mediciones de glucosa y pH son fundamentales en medicina preventiva, tratamiento y medicina deportiva. Ayudan a monitorear tratamientos, detectar enfermedades y optimizar el rendimiento deportivo.



- Suero sanguíneo como fluido principal debido a la mayor concentración de glucosa.
- Uso de enzimas.
- Saliva y orina tienen relación con glucosa pero a concentraciones bajas.

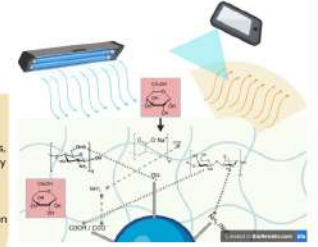


Por qué usar nanopartículas basadas en carbono

Tamaño Nanométrico
-Mayor superficie de reacción en relación con el volumen
-Alta sensibilidad

Propiedades fluorescentes
-Permiten una señal óptica clara
-Dopaje con lantánidos (Gd³⁺, Yb³⁺)

Beneficios Generales
-No invasivos, económicos y aptos para fluidos con baja concentración de analitos



Importancia de medir glucosa y pH

Metodos de medición actuales

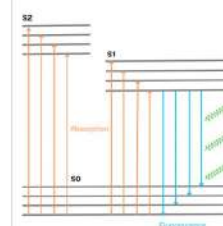
Fluidos Alternativos

Objetivos

Evaluar el potencial de sensores ópticos basados en puntos de carbono, dopados y no dopados con iones lantánidos, para la detección de glucosa y pH en rangos de interés clínico, a través de la caracterización de su respuesta fluorescente en soluciones acuosas y su incorporación en matrices poliméricas.

- Sintetizar puntos de carbono (CD; CD/Gd³⁺; CD/Gd³⁺/Yb³⁺) mediante el método asistido por microondas, y caracterizar sus propiedades fisicoquímicas y ópticas, evaluando su respuesta fluorescente frente a variaciones de pH y concentración de glucosa en soluciones acuosas.
- Caracterizar las propiedades ópticas y fisicoquímicas de los CDs y sus versiones dopadas, evaluando espectros de absorción, emisión fluorescente y comportamiento bajo diferentes condiciones de pH y glucosa.
- Evaluar la incorporación de los puntos de carbono sintetizados en diferentes matrices poliméricas, analizando su influencia sobre la estabilidad y la respuesta fluorescente del sistema en condiciones simuladas.

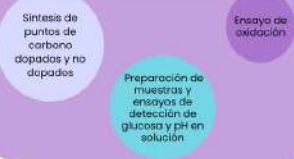
Mecanismo



Dopar con lantánidos introduce nuevos niveles electrónicos que facilitan las transiciones y pueden modular la intensidad o la energía de emisión



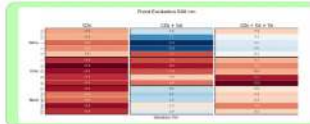
Metodología



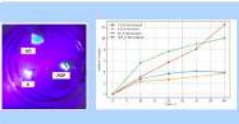
Resultados



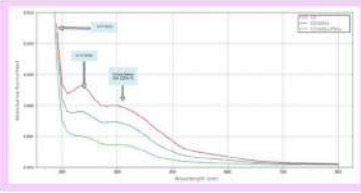
Nanoplataformas dispersas en agua destilada bajo excitación con led UV 365nm
A) CDs (-29.82 mV ± 1.16)
B) CDs Gd³⁺ (-17.77 mV ± 0.46)
C) CDs Gd³⁺/Yb³⁺ (-26.84 mV ± 1.20)



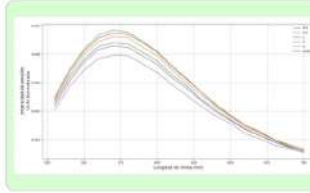
Matriz de **varianza** con respecto al control para cada grupo de concentraciones de analito, en cada nanoplataforma



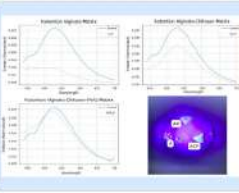
Se realizó el análisis del hinchamiento inicial y posterior a la deshidratación, encontrándose un mayor **cambio relativo** en el contenido de agua para la matriz triple.



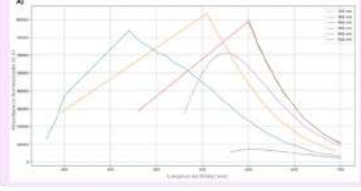
El espectro de absorción muestra tres bandas: 200-300 nm, asociadas a las estructuras grafíticas (π-π*); 300-370 nm, relacionadas con grupos carbonilo (n-π*); y 370-450 nm, atribuibles a defectos superficiales o niveles energéticos creados por heteroátomos.



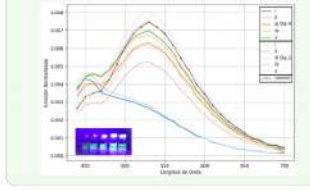
Se registró la curva de fluorescencia para diferentes concentraciones de analitos en agua destilada, observando la **variación del área bajo la curva** en el espectro de emisión. Permite cuantificar cambios en la intensidad fluorescente.



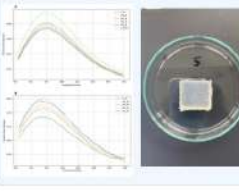
Se comparó la intensidad de fluorescencia del control y de la muestra rehidratada. La matriz triple conservó un área bajo la curva y una amplitud de pico similares a las del control, indicando una **alta retención** de las nanopartículas en su estructura.



El **cambio batocrómico** ocurre cuando una sustancia absorbe luz a una longitud de onda mayor, lo que se observa como un corrimiento a la derecha en el espectro. Este fenómeno indica que la diferencia de energía entre los niveles electrónicos disminuye, por lo tanto, se requiere menos energía.

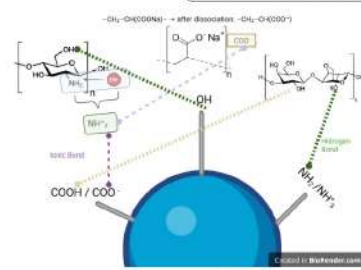


Se evaluaron los cambios en la intensidad de fluorescencia al someter las muestras a distintos **métodos de almacenamiento** bajo condiciones variables de temperatura, luz y exposición al oxígeno, evidenciando el efecto de estos factores sobre la estabilidad óptica del material.



Al comparar la respuesta de fluorescencia en dispersión y en matriz, se observó un cambio en la linealidad, donde el entorno coloidal más estable de la matriz mostró **rangos de respuesta** más definidos y consistentes.

Discusión y Conclusiones



-Desde la síntesis de nanomateriales hasta la integración en matrices poliméricas, cada etapa se diseñó estratégicamente para mantener simplicidad y viabilidad económica
-Apunta a detectar analitos relevantes (como glucosa y pH) sin necesidad de métodos invasivos ni costosos
-Dirigido a cubrir vacíos donde las tecnologías convencionales no llegan o si monitoreo preventivo adecuado
-La plataforma podría adaptarse a otros biomarcadores
-Se pensó para que la lectura óptica sea clara y sencilla de entender por personal no especializado

Trabajo Futuro

Con los resultados obtenidos, se proponen estrategias de optimización y recomendaciones para el desarrollo futuro del sistema de detección. En primer lugar, se sugiere optimizar la deshidratación de los hidrogeles modificando el proceso de secado, de modo que se evite la formación de zonas con diferente concentración de puntos de carbono; métodos como el secado lento entre dos superficies o la liofilización podrían favorecer una distribución más homogénea y una respuesta fluorescente reproducible. Asimismo, se recomienda una caracterización morfológica mediante técnicas como SEM, AFM y EDS para correlacionar la microestructura del hidrogel con su capacidad de retención y respuesta óptica. En cuanto a la formulación, se plantea variar las proporciones de agarosa, quitosano y PAAS para estudiar su influencia en las propiedades mecánicas, de hinchamiento y de retención de los puntos de carbono, optimizando así el desempeño del sensor según la aplicación. También se propone ampliar el rango de analitos a otros de interés clínico, como lactato, urea u otros, con el fin de evaluar la versatilidad del sistema y su potencial como plataforma multisensorial. Además, se sugiere emplear precursores de mayor pureza, especialmente PAAS grado reactivo, para mejorar la reproducibilidad y reducir interferencias. Finalmente, se recomienda explorar mejoras técnicas y de portabilidad, desarrollando un prototipo compacto con fuente LED y fotodiodo o incluso adaptable a cámaras de teléfonos inteligentes, lo que permitiría realizar mediciones in situ y avanzar hacia un nanosensor práctico, robusto y adaptable a contextos de recursos limitados.

