

# **Sistema de electrodos serigrafiados potenciométrico para el monitoreo *in situ* de la calidad química de las aguas superficiales.**

## **Potentiometric screen-printed electrode system for *in situ* monitoring of the chemical quality of surface waters**

<sup>1</sup>Abel Ibrahim Balbín Tamayo, <sup>2</sup>Ana Rosa Lazo Fraga, <sup>1</sup>Harold Bobillo Rojas

<sup>1</sup>Grupo de Análisis y Electroanálisis Aplicado, Departamento de Química Analítica, Facultad de Química, Universidad de La Habana, Zapata S/N Plaza de la Revolución, Cp 10400 La Habana Cuba, ibrahimaries009@gmail.com

<sup>2</sup>Grupo de Sistemas de Análisis y Sensores Químicos, Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales, Universidad de La Habana, Zapata S/N Plaza de la Revolución, Cp 10400 La Habana Cuba.

Palabras claves: electrodos, serigrafía, potenciométrico, selectivos a iones, plomo.

Key words: electrodes, screen printing, potentiometric, ion selective, lead.

### **INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.**

El agua es un recurso natural vital para la vida humana, el desarrollo económico y la sustentabilidad del medio ambiente. Es también un instrumento en manos del Estado para conducir la organización de la sociedad en actividades específicas que favorezcan su desarrollo (Benez, Kauffer Michel et al. 2010). Existen multitud de experiencias exitosas a nivel nacional e internacional que muestran los resultados en la disminución de la pobreza y en el crecimiento económico, cuando los grupos sociales logran gestionar debidamente este recurso en beneficio de todos los usuarios. Esta es una tarea compleja que involucra una adecuada intervención del gobierno y los diferentes usos del agua (agrícola, urbano, industrial, medio ambiente y recreación).

El agotamiento de los recursos hídricos es considerado como un problema alarmante de la actualidad y un asunto prioritario en la agenda internacional, por lo que es necesario que las autoridades competentes implementen acciones para un uso eficiente y una adecuada gestión que contrarreste el aumento en los niveles de contaminación existentes en la cuenca de los ríos, y de esa manera poder satisfacer las necesidades sociales más básicas, como el agua, condición necesaria para hacer viable el desarrollo social, económico y ambiental de una cuenca (Castro, Almeida et al. 2014).

A medida que ha aumentado la demanda de realizar *in situ* análisis clínicos, ambientales e industriales, los intereses tanto prácticos como económicos han impulsado el desarrollo de varios tipos de sensores electroquímicos basados en la tecnología de serigrafía. Los electrodos serigrafiados (SPEs) podrían proponerse como una solución a la falta de viabilidad comercial de los electrodos clásicos. Los SPE se han utilizado para la determinación potenciométrica de varias especies, como plata, cobre, así como  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  y nitrato (Ali, Mohamed et al. 2013, Yin, Yu et al. 2019).

El desarrollo de sensores electroquímicos de bajo costo, producidos en masa, basados en tecnología de serigrafía ha atraído considerable atención en los últimos años. La mayor parte de

la actividad en esta dirección se ha centrado en el desarrollo de tiras de electrodos enzimáticos desechables para pruebas clínicas descentralizadas de sustratos importantes como la glucosa o el salicilato (Chou, Lin et al. 2019). Además de los biosensores, se han fabricado electrodos y microelectrodos químicamente modificados y serigrafiados para mediciones voltamétricas anódicas de moléculas (Geto, Noori et al. 2019).

Estos electrodos tienen ciertas ventajas como la simplicidad, el tamaño pequeño y la capacidad de operar en entornos donde los ISE clásicos podrían dañarse, una resistencia óhmica muy baja, un tiempo de respuesta corto además de la facilidad de fabricación y regeneración. Y pueden ser empleados en el caso de análisis de inyección de flujo o monitoreo de campo con analizadores portátiles

### *Objetivo general*

Lograr que la Región de Emergencia Ambiental (REA) seleccionada gestionen los servicios de agua en el medio urbano y rural, en forma eficiente y sustentable y con plena participación de la sociedad. Esto se puede lograr a través del uso de sistemas potenciométricos portátiles basados en electrodos serigrafiados para el monitoreo *in situ* de la calidad química de las aguas superficiales. Permitiendo así la toma oportuna de decisiones por parte de las entidades reguladoras ambientales.

### *Acercamiento teórico y conceptual.*

Los sensores potenciométricos son aquellos en los cuales la señal primaria, fruto de la interacción entre el analito y el elemento de reconocimiento, es un potencial eléctrico, cuya medida se realiza normalmente a intensidad nula y frente a un electrodo de referencia. El soporte teórico de este método está basado en la ecuación de Nernst, que relaciona cuantitativamente el potencial del electrodo con la actividad de los iones o indirectamente permite calcular el cambio de potencial del electrodo. Entre los requisitos ideales que deberían cumplir los sensores potenciométricos se encuentran el ser de fácil manipulación, robustos, duraderos y no contaminantes, dar resultados reproducibles y significativos y tener tiempos de respuesta cortos.

El elemento clave en toda medida potenciométrica es el electrodo indicador y dentro de estos los más importantes son los electrodos selectivos a iones (ESIs) debido al amplio campo de aplicación que presentan.

Los electrodos selectivos a iones son considerados herramientas muy versátiles en la medición de especies químicas, ya que su selectividad puede ser químicamente modificada al incorporar diferentes moléculas “reconocedoras” (ionóforos) en la membrana de los mismos (Fraga, Quintana et al. 2012) y en consecuencia el número de analitos de interés que puedan ser detectados por esta técnica.

En general, se han estudiado innumerables compuestos desde éteres corona, seguidos por criptandos y más recientemente los calixarenos, así como otros compuestos orgánicos más simples y de fácil preparación, para ser aplicados como ionóforos en electrodos selectivos (Lazo-Fraga, Vasconcelos-Pacheco et al. 2015).

En las aplicaciones de estos compuestos como ionóforos o receptores, se espera del sistema respuestas rápidas y reversibles, con una selectividad suficiente que garanticen el reconocimiento de un ion en presencia de otro.

### *Resultados preliminares.*

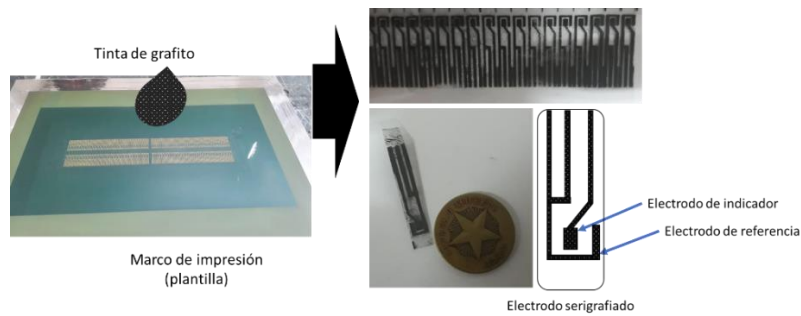


Figura 1 Proceso de impresión de electrodos serigrafiados con tinta de grafito.

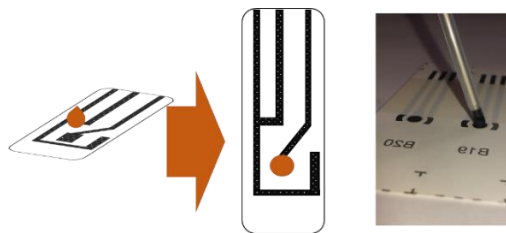


Figura 2 Esquema de modificación con membrana de PVC selectiva a iones del electrodo de serigrafiado.

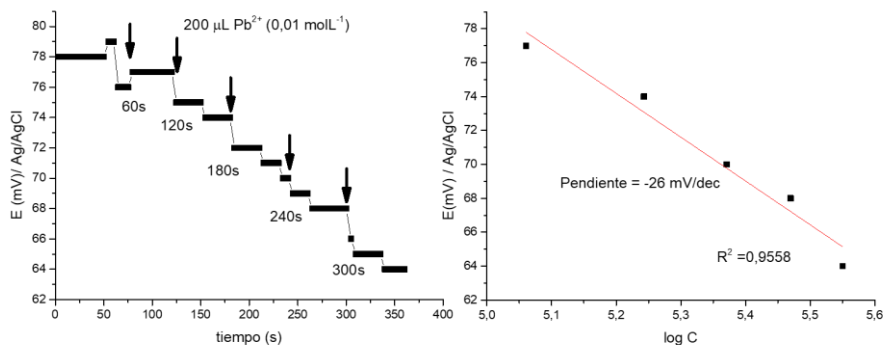


Figura 3 Respuesta potenciométrica de electrodo serigrafiado selectivo a  $Pb^{2+}$ . Pendiente teórica para un ion divalente 29,5 mV/dec.

### CONCLUSIONES. (resultados esperados)

Disponer de procedimientos analíticos sencillos basado en electrodos potenciométricos serigrafiado selectivos a iones, para el monitoreo *in situ* de la calidad química de las aguas superficiales que permita gestionen los servicios de agua en el medio urbano y rural, en forma eficiente y sustentable y con plena participación de la sociedad, así como la toma oportuna de decisiones por parte de las entidades reguladoras ambientales.

### REFERENCIAS.

Ali, T. A., et al. (2013). "Modified screen-printed electrode for potentiometric determination of copper (II) in water samples." *Journal of Solution Chemistry* **42**(6): 1336-1354.

Benez, M. C., et al. (2010). "Percepciones ambientales de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Fogótico, Chiapas." Frontera norte **22**(43): 129-158.

Castro, M., et al. (2014). "Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global." Ingeniería solidaria **10**(17): 111-124.

Chou, J.-C., et al. (2019). "Integrating a Plastic Glucose Biosensor Based on Arrayed Screen-Printed Electrodes Utilizing Magnetic Beads with a Microfluidic Device." IEEE Journal of the Electron Devices Society.

Fraga, A. R. L., et al. (2012). "Polymeric membranes conditioning for sensors applications: mechanism and influence on analytes detection." **16**(3): 901-909.

Geto, A., et al. (2019). "Electrochemical determination of bentazone using simple screen-printed carbon electrodes." Environment international **129**: 400-407.

Lazo-Fraga, A. R., et al. (2015). "Evaluación de diferentes aroiltiureas como ionóforos en sensores de plomo (II)." **27**(3): 262-274.

Yin, T., et al. (2019). "An Integrated Screen-Printed Potentiometric Strip for Determination of Ca<sup>2+</sup> in Seawater." Journal of The Electrochemical Society **166**(8): B589-B593.