



## Electrodo de bajo costo tan efectivo como un Electrodo Comercial de vidrio o de calomel Saturado

Medrano Fuentes Diana, Vanegas Oviedo Yessica y Sandoval Ramos Vernon\*

\*Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León)  
Facultad de Ciencias y Tecnologías  
Departamento de Química

Recibido: 24/08/2018

Aceptado: 13/11/2018

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en el diseño y evaluación de un electrodo de bajo costo como electrodo indicador, utilizando materiales y reactivos disponibles en el laboratorio. Se realizaron comparaciones de los resultados de experimentos ácido base, con electrodos de vidrio, electrodo de calomel, y electrodos de grafito fabricados, bajo las mismas condiciones. Las valoraciones ácido base se realizaron en diferentes periodos de tiempo, con el fin de verificar la estabilidad del electrodo fabricado. Para comparar los resultados de ambos electrodos, se representó gráficamente los datos obtenidos con cada uno. Los resultados demuestran que el electrodo de grafito presenta un funcionamiento aceptable en comparación con electrodos comerciales de vidrio o calomel, presentando curvas de valoración con un comportamiento similar.

Palabras claves: pH, electrodo indicador, grafito, bajo costo, resinas epoxi

### SUMMARY

The objective of this work was the design and evaluation of a low-cost electrode as an indicator electrode, using materials and reagents available in the laboratory. Comparisons were made of the results of acid base experiments, with glass electrodes, calomel electrode, and graphite electrodes manufactured, under the same conditions. The acid base titrations were carried out in different periods of time, in order to verify the stability of the manufactured electrode. To compare the results of both electrodes, the data obtained with each one was plotted. The results show that the graphite electrode has an acceptable performance compared to commercial glass or calomel electrodes, presenting titration curves with a similar behavior.

Keywords: pH, indicator electrode, graphite, low cost, epoxy resins





## INTRODUCCIÓN

La determinación de las curvas de valoración con medidas de potencial se basa en establecer una relación entre el voltaje o potencial medido a través del electrodo introducido en la disolución y el pH al que esa magnitud equivale. Para obtener las medidas de tensión existen diversos instrumentos que, por lo general, constan de un electrodo de referencia, un electrodo indicador y un dispositivo de medida de potenciales. (Skoog, 2000).

El uso de equipos potenciométricos se ve limitado en muchos laboratorios de enseñanza de química, debido a que los electrodos comerciales tienen un alto costo. La fabricación de un electrodo de bajo costo permitiría realizar mediciones de potencial y seguir el curso de una valoración potenciométrica ácido-base. Su fabricación puede ser realizada en el laboratorio por los mismos estudiantes, sin requerir de materiales costosos, sino tomando materiales comunes en el laboratorio, minimizando así los gastos.

Se han documentado estudios potenciométricos utilizando electrodos de grafito para la determinación selectiva de iones uranilo. En dichas investigaciones se concluyó que dichos electrodos poseen muy buenas selectividades, y además permiten estudiar una amplia variedad de otros cationes, incluyendo metales alcalinos, alcalinotérreos, de transición y de iones de metales pesados (Mojtaba Shamsipur, 2007).

Karamia y colaboradores (2003) describen la creación y utilización de un nuevo electrodo, recubierto de grafito, para la determinación de plomo. En lo que respecta al grafito, también puede utilizarse en la preparación del material compuesto por resina y los sólidos obtenidos de la síntesis de sílice dopada con hierro y con pares metálicos. Partiendo de polvos sólidos de sílica gel

dopados con hierro y combinaciones de pares metálicos hierro-cobre y hierro-níquel, es posible fabricar electrodos de material compuesto de grafito/resina-epoxi, mezclados con dichos sólidos en proporciones 99:1 (Prieto-García, 2006).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo fueron aceptables a nivel de determinación de pH para trabajar en un laboratorio de docencia, lo que ofrece una excelente alternativa si no se cuenta con electrodos de referencia comerciales.

## MATERIALES Y METODOS

Todo el material de vidrio fue lavado inicialmente con detergente y abundante agua destilada, y posteriormente fue dejado en remojo con HNO<sub>3</sub> concentrado durante 24 horas y nuevamente lavado con abundante agua destilada (Menolasina, 2003). Los reactivos utilizados fueron de marca comercial, MERCK, Fisher Scientific, J.T. Baker, de grado analítico ACS.

### Equipo utilizado

Para todo el trabajo de investigación se utilizó un potenciómetro (pH metro) Tacussel LPH230T. El electrodo de vidrio utilizado fue un Fisherbrand™ accuCap™ Capillary Junction pH Combination Electrodes Glass Body. Electrodo de calomel saturado, Saturated Calomel Electrode (SCE) (Fisher Scientific Acumet). El grafito se tomó a partir de lápices No.2. Resinas utilizadas: EPOXI-MIL y POXIPOL.

### Limpieza del grafito

Para la fabricación del electrodo de grafito, se tomaron lápices de grafito marca mongol número 2. Se procedió a retirar la madera con cuidado, para no causar daños a la mina. Teniendo ya, esta sin restos de madera, se sumergió durante 12 horas en una solución de ácido clorhídrico 6 M, con el fin de que se descarten todo tipo de residuos en la mina. Luego de la limpieza, las minas se lavaron con abundante agua para eliminar los restos de ácido presente y posteriormente con agua destilada para una mayor limpieza.

### Fabricación del electrodo de grafito

Para la fabricación del electrodo, se utilizó un tubo de vidrio hueco con el fin de dar protección a la mina de grafito colocada en su interior, brindando protección de reactivos o sustancias no deseadas que puedan alterar su funcionamiento. En el extremo del electrodo



para ser sumergido dentro de las soluciones, se agregó un sello, constituido de resinas epoxídicas. Las resinas epoxi están constituidas comúnmente de dos componentes que se mezclan previamente, y que reaccionan causando su solidificación, a temperatura ambiente.

### Activación del grafito

La activación del grafito consiste en la preparación de este para que pueda brindar lecturas o señales aceptables. Se utilizó un agente oxidante para esta activación fue, permanganato de potasio en dilución acida. Mediante el contacto del grafito con un oxidante fuerte en presencia de un ácido, se obtiene el óxido de grafito, formalmente llamado oxido grafitico o acido grafitico, que es un compuesto de carbono, oxígeno e hidrogeno en proporciones variables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### comparación de los promedios de las valoraciones

En el estudio se comparó el comportamiento de las curvas de valoración potenciométrica, utilizando el electrodo fabricado de bajo costo y electrodos de referencia (vidrio). En la Fig.1, se representa el comportamiento electroquímico de curvas de valoración de un electrodo de vidrio y tres electrodos de grafito fabricados en laboratorio en diferentes tiempos. Se observó para todas las curvas de valoración, un buen comportamiento, teniendo un punto de equivalencia cercano a los 12 ml de NaOH agregados.

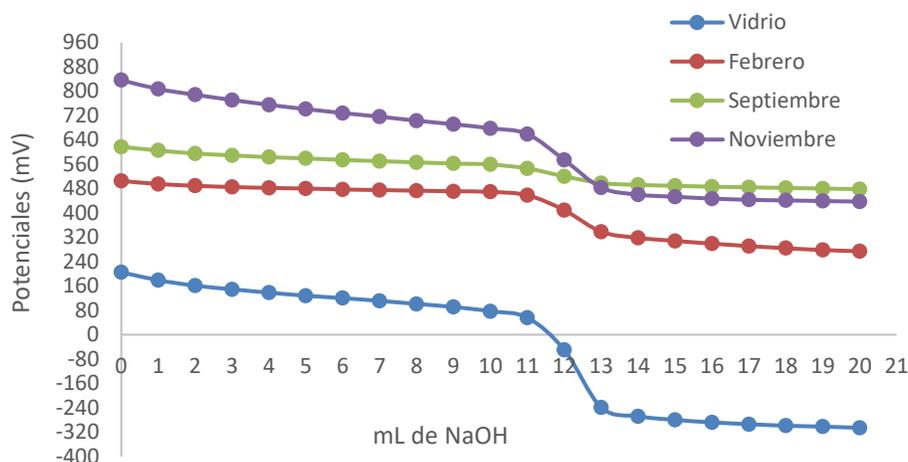


Figura 1. Valoración potenciométrica, Ácido acético 0.02M con hidróxido de sodio 0.2M. Promedio de diferentes electrodos fabricados en distintos tiempos y electrodo de vidrio. Punto de equivalencia cercano a los 12mL. Resina utilizada en septiembre EPOXIMIL, noviembre y febrero POXIPOL.

En la Fig.1, se manifiesta una intercepción entre la curva de valoración con electrodo fabricado en noviembre y un electrodo fabricado en septiembre. La curva de valoración de septiembre tiene un comportamiento lineal, lo que no es característico en este tipo de valoraciones. Dicha variación se atribuye al tipo de resina utilizado en la fabricación del mismo, ya que es el único factor que cambió en el proceso. La curva resultante de febrero, nos indica que a medida que pasa el tiempo, el electrodo de grafito, va perdiendo sensibilidad para realizar las lecturas, disminuyendo así los valores de potencial. Al ser fabricado con la misma resina que el electrodo de noviembre, posee una curva con mejor comportamiento con respecto al de septiembre. El punto de equivalencia se aprecia en todas las curvas cercano a los 12 mL agregados del valorante.





### pH OBTENIDO MEDIANTE VALORACIÓN CON ELECTRODO DE CALOMEL

En la Fig.2 se muestra el resultado de las mediciones realizadas con un electrodo de Calomel, donde se puede observar que el punto de equivalencia está cerca de los 12 mL de NaOH agregados, correspondiente a un pH de 9. Con respecto a graficas anteriores, el punto de equivalencia se ubica a la misma cantidad de volumen de base agregado, por lo tanto, el pH en el punto de equivalencia siempre debe de tener un valor de pH 9.

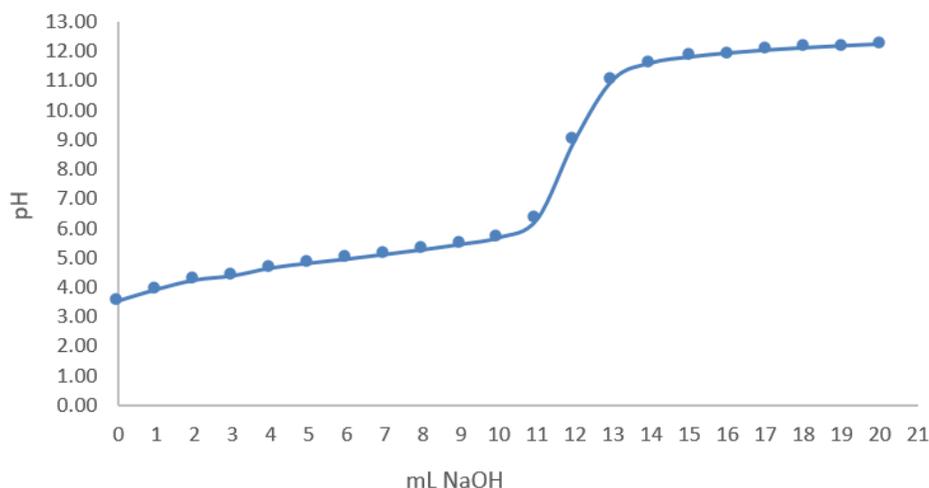


Figura 2. Valoración potenciométrica, pH versus volumen de NaOH agregado. Electrodo de calomel. Punto de equivalencia cercano a los 10mL

### pH obtenido mediante la valoración con electrodo de grafito

En la Fig.3 se observa que la curva de valoración posee un buen comportamiento, ya que su punto de equivalencia se ubica a la misma cantidad de volumen que la gráfica anterior (Fig.2), pero a diferencia del electrodo de calomel los valores de pH son negativos. Debido a esto se procedió evaluar de manera teórica dichos resultados.

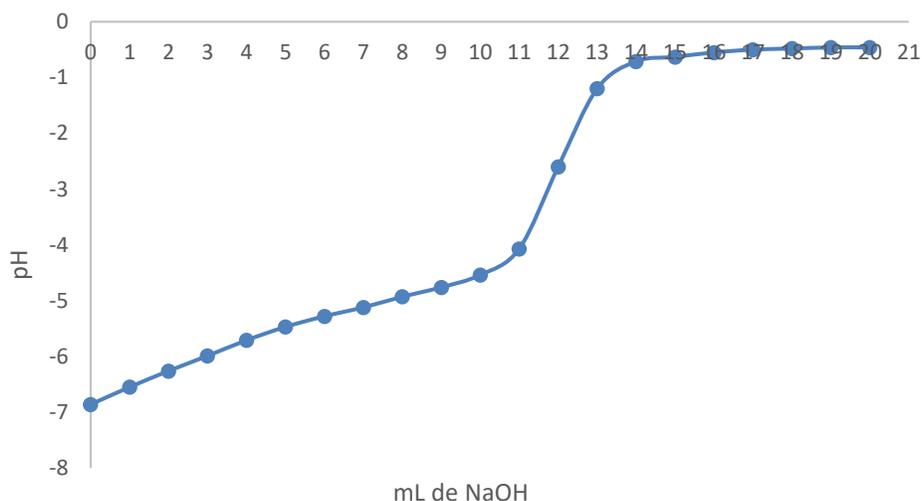


Figura 3. Curva de valoración de pH vs volumen de NaOH 0.02M agregado, realizado por electrodo de grafito.





### Cálculo del pH teórico a partir del volumen de la valoración

Los valores de pH obtenidos por el electrodo de grafito fueron negativos, por lo cual se procedió a realizar el cálculo del pH teórico, con datos encontrados. En la Fig.4, se aprecia el punto de equivalencia a un pH 9, con un volumen gastado de NaOH de 10 mL. A medida que se adiciona NaOH el pH aumenta debido que es una reacción de neutralización en donde el ácido empieza a reaccionar con la base, para darse luego un exceso de base.

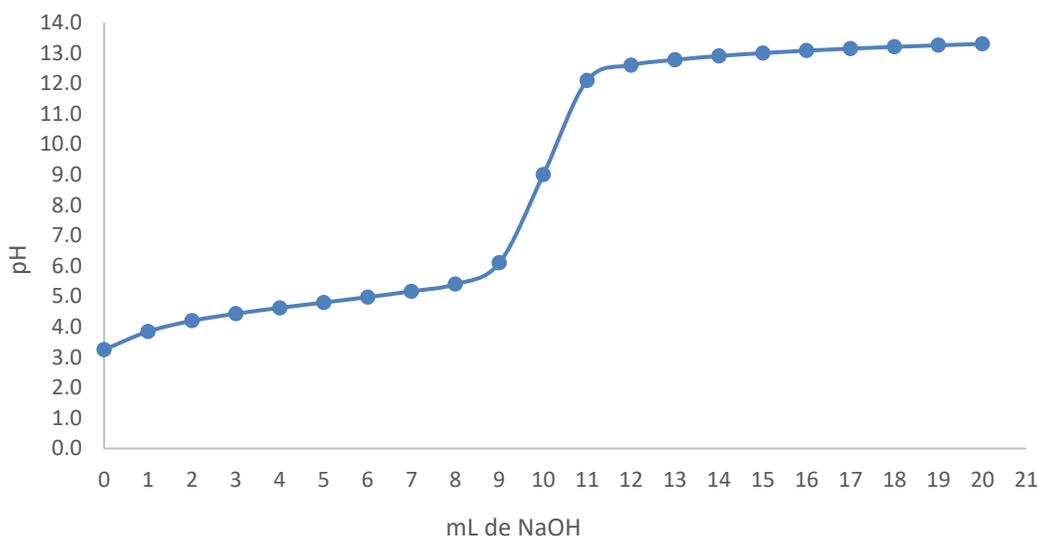


Figura 4. Curva de valoración volumen de NaOH agregado vs pH calculado teóricamente, electrodo

El pH que se obtiene mediante el cálculo y la valoración con el electrodo de vidrio, es el mismo. Esto nos indica que en el punto de equivalencia es de un pH de 9. Dicho valor es aceptable, si atribuimos esa pequeña diferencia a errores sistemáticos.

### CONCLUSIONES

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de un electrodo de grafito como indicador y uno de vidrio, mediante la comparación de las curvas de valoración potenciométrica ácido-base. Las valoraciones realizadas con los electrodos de grafito comprobaron que su funcionamiento es aceptable con respecto a las lecturas de potenciales que brindan. Las gráficas obtenidas presentaron un comportamiento similar a electrodos comerciales (de vidrio o calomel).

La resistencia presentada por los electrodos fabricados puede considerarse muy buena, ya que no hubo desprendimiento de partículas, ni deformaciones en el grafito. Se pudo constatar que las lecturas se pueden ver afectadas por el tipo de resina utilizada para sellar el electrodo.

De acuerdo con los resultados, se concluye que la fabricación de electrodos de bajo costo puede ser una alternativa viable cuando no se cuenta con electrodos comerciales, para realizar prácticas de laboratorio. Sin embargo, se recomienda realizar un trabajo de validación completo del electrodo fabricado, para poder ser usado a nivel de investigación, con el fin de obtener resultados más fiables.



## REFERENCIAS

- Douglas Skoog, J. H. (2001). *Principios de análisis instrumentales*. España: Mc Graw Hill.
- F. Prieto-García, S. S.-L. (2006). Fabricación y evaluación de electrodos para la determinación de iones Arseniatos en medios acuosos a partir de silica gel dopada con óxidos de hierro. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 85-94.
- H. Karamia, e. a. (2003). Flow injection potentiometry by a new coated graphite ion-selective electrode for the determination of Pb<sup>2+</sup>. *Elsevier, Talanta, Volume 60*, 775–786.
- Menolasina, S. O. (2003). Construcción y caracterización de un sensor electroquímico de interés médico y farmacológico. *REVISTA DE LA FACULTAD DE FARMACIA*, 55.
- Mojtaba Shamsipur, F. M. (2007). A novel flow injection potentiometric graphite coated ion-selective electrode for the low level determination of uranyl ion. *Analytica Chimica Acta* 589, 22–32.
- Skoog, H. N. (2000). *Principios de Análisis Instrumental*. Madrid: Mc Graw Hill.

