

## MICROPOTENCIOMETRIA ANALITICA: CAPTURA DE DATOS CON SMART-PHONES Y VIDEO APPS EMPLEANDO INSTRUMENTACIÓN CONSTRUIDA CON MATERIALES DE BAJO COSTO Y ADQUISICIÓN LOCAL.

Francisco Javier Olvera-García, Arturo García-Mendoza, Adrián de Santiago-Zárate, Alejandro Baeza.  
Departamento de Química Analítica, Facultad de Química, UNAM, México 04510, CDMX, México  
javigarcia95@live.com arturogm@unam.mx, desantiago@hotmail.fr, baeza@unam.mx,  
microelectrochemalexbaeza.com

### Resumen

Se filman titulaciones micropotenciométricas con materiales de bajo costo y adquisición local por medio de un teléfono móvil. Se capturan los datos de potencial y tiempo para procesarlos en una hoja de calculo. Con los datos obtenidos se obtiene el volumen de equivalencia y el título de los titulantes ensayados. Se ejemplifica con microtitulaciones ácido-base, yodométrica y por precipitación. Palabras clave: micropotenciometría, teléfono inteligente, Función de Gran.

### Abstract

Potentiometric titration with the use of low cost materials ae filmed by means of a Smartphone. Data of potential, time and volume are captured with a suitable *App* to obtain Gran Plots to determine the titre of acid-base, redox and precipitation titrations.  
keywords: Micropotenciométrico, smartphones, video apps., Gran Plots.

### Introducción

Se ha reportado la utilización de barras de carbón para dibujo, alambres de  $W^0$ ,  $Ag^0$  y  $Cu^0$  como microsensores para titulaciones con monitoreo potenciométrico del punto de equivalencia, en conjunto con microagitadores y microburetas construidas con materiales de bajo coso de adquisición local (Baeza, 2003). En estos trabajos se utilizan multímetros de bajo costo (10 USD) para medir la diferencia de potencial durante la adición progresiva de titulante. Se ha reportado también la utilización de interfaces y software comerciales tipo *MathLab* disponibles en USA usualmente de alto costo (Baeza y Vargas 2004). Es posible encontrar en el comercio multímetros de bajo costo con interfase RS232 integrada (50USD) que conectados a estos microsensores capturan en tiempo real el potencial durante la tirada libre de titulante y procesar los datos posteriormente en hojas de cálculo de uso común (Excel) (Marín 2014). Sin embargo estos dispositivos no siempre son de fácil adquisición en instituciones de pregrado o de educación media superior. La utilización de teléfonos *inteligentes* es de amplio uso dentro de la población estudiantil, así como las aplicaciones, *Apps*, de edición de video obtenidos con el teléfono móvil.

### Hipótesis

Los datos grabados de potencial en función del tiempo durante la tirada continua de titulante pueden recuperarse para posteriormente procesarlos en hojas de cálculo convenientes evitando el uso de graficadores x-t o interfaces RS232 de alto costo.

## Objetivos

Filmar con un teléfono móvil la evolución del potencial en titulaciones ácido-base, redox y precipitación en condiciones de química analítica a microescala total.

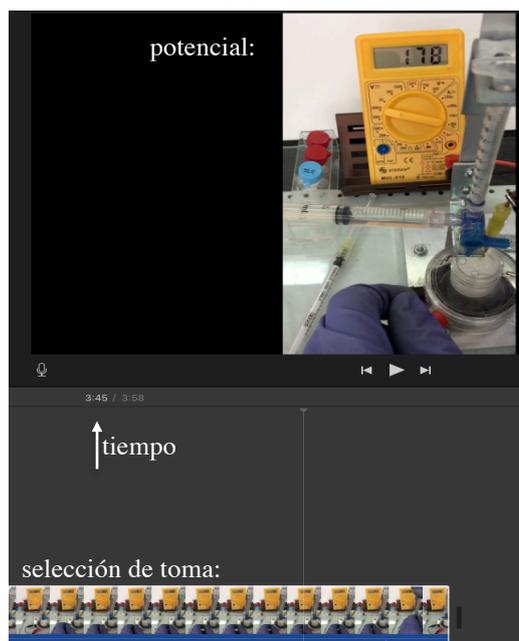
Encontrar el título volumétrico de las disoluciones con el volumen de punto de equivalencia obtenido con funciones de gran  $F(G)=f(\text{vol.})$  en hojas de calculo con datos capturados del video.

## Sección experimental

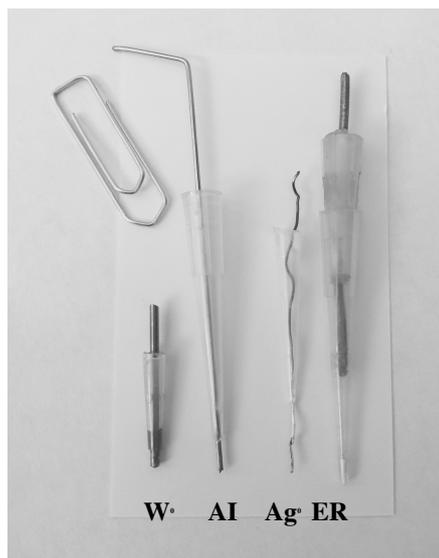
Se utiliza el montaje experimental típico de la microtitulometría [Baeza, 2003]. Los electrodos indicadores se obtienen con micro alambres de  $W^0$  como sensor de pH, acero inoxidable odontológico, Al, para redox y  $Ag^0$  para la titulación por precipitación y un micro electrodo de referencia de  $Cu^+$ ,  $KNO_3$ , 0.1 mol/L, algodón. La siguiente figura muestra el montaje experimental empleado:



*Montaje para microtitulometría con captura de video*



*App. para captura de datos*



*Microelectrodos*

## Discusión y resultados

A) Microtitulación ácido-base. Se titulan 0.5 mL de biftalato de potasio 0.1 mol/L, KHP, se adicionan aprox. 3 mL de agua para cubrir los electrodos, Bajo microagitación constante se abre totalmente la microbureta para dejar caer NaOH 0.1 mol/L de manera continua. Se graba la variación de potencial después de adicionar 1000  $\mu\text{L}$  y se detiene el video. Posteriormente se abre el video en la aplicación "iMovie" y se registran la velocidad de tirada y los potenciales grabados correspondientes a sendos volúmenes agregados. El electrodo se calibra con el valor de potencial registrado al inicio del video para  $V = 0 \mu\text{L}$  y  $\text{pH} = 4$  y el valor de potencial registrado para un volumen agregado de 1000  $\mu\text{L}$  correspondiente al exceso de NaOH de  $\text{pH} = 12$ . El pH se calcula con la hoja de calculo de acuerdo a la pendiente y ordenada al origen de la recta obtenida con la calibración anterior:  $\text{pH} = \frac{E-b}{m}$ , (Vierna 2013).

B) Microtitulación redox. Se titulan 0.24 mL de tiosulfato de sodio 0.1 mol/L, se adicionan aprox. 3 mL de ácido acético 0.1 mol/L para cubrir los electrodos, Bajo microagitación constante se abre totalmente la microbureta para dejar caer Yodo-yodurado 0.1 N de manera continua. Se graba la variación de potencial después de adicionar 1000  $\mu\text{L}$  y se detiene el video. Posteriormente se abre el video en la aplicación "iMovie" y se registran la velocidad de tirada y los potenciales grabados correspondientes a sendos volúmenes agregados. Se calcula el  $pe$  de acuerdo a  $pe = \frac{E}{60 \text{ mV}}$ .

C) Microtitulación con precipitación. Se titulan 12 mg de  $\text{AgNO}_3$ , se adicionan aprox. 3 mL de agua para cubrir los electrodos, Bajo microagitación constante se abre totalmente la microbureta para dejar caer NaCl 0.14 mol/L (SSI). Se graba la variación de potencial después de adicionar 1000  $\mu\text{L}$  y se detiene el video. Posteriormente se abre el video en la aplicación "iMovie" y se registran la velocidad de tirada y los potenciales grabados correspondientes a sendos volúmenes agregados. Se calcula el  $pAg$  con la concentración inicial y para el 50% titulado y con sendos valores de  $pe$  se determina la ecuación de la curva de calibrado de manera análoga al pH. El resto de valores de  $pAg$  se calcula con la ecuación lineal de calibración obtenida de acuerdo a  $pAg = \frac{E-b}{m}$ .

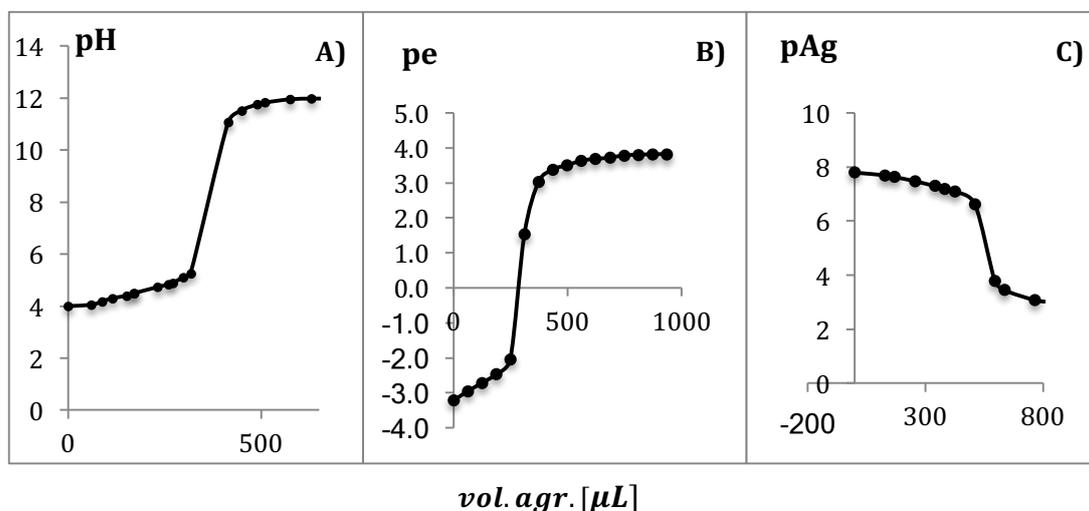
Para determinar el volumen de punto de equivalencia y calcular el título se aprovechan los datos capturados del video en la hoja de calculo de Excel. En la siguiente tabla se muestran las funciones calculadas para determinar el volumen de equivalencia,  $v_{eq}$ , (Gran 1988):

- |    |                                       |      |  |
|----|---------------------------------------|------|--|
| A) | $F(G) = (10^{-pH}) v = f(v)$          | para | $0 < v_{\text{agreg}} < v_{\text{equiv.}}$ |
| B) | $F(G) = (10^{2pe}) (0.24 + v) = f(v)$ | para | $v > v_{\text{equiv.}}$                    |
| C) | $F(G) = (10^{pAg}) (3000 + v)$        | para | $0 < v_{\text{agreg}} < v_{\text{equiv.}}$ |

Al igualar la ecuación lineal obtenida por el análisis de regresión para  $y = 0$  se obtiene la abscisa al origen que corresponde al volumen de punto de equivalencia experimental.

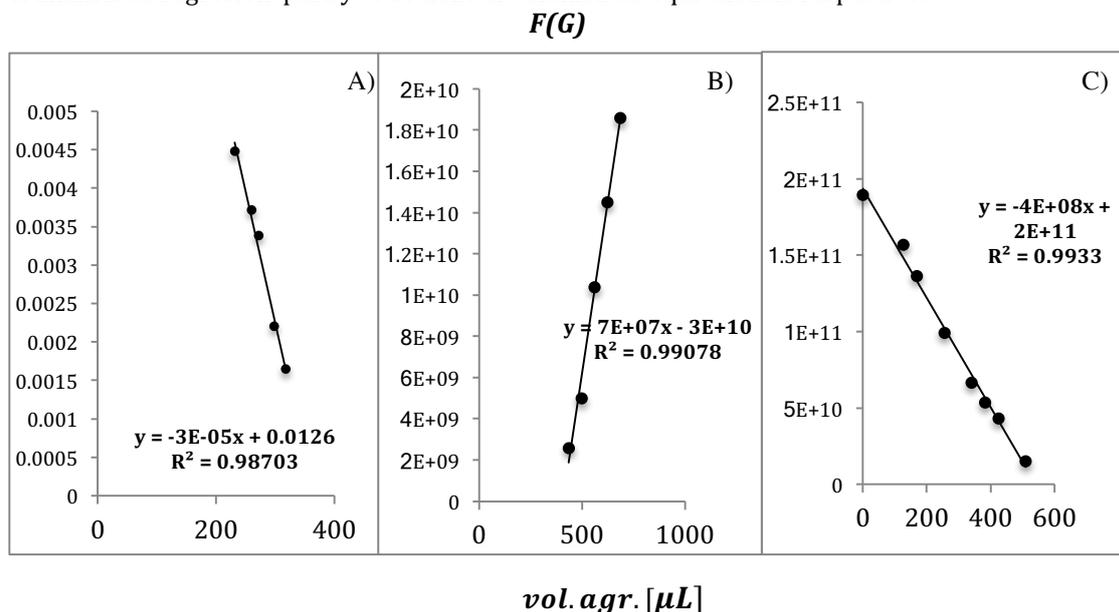
Con base a los volúmenes obtenidos con la Función de Gran (Fig. 2): A) ácido-base,  $v_{eq} = 420 \mu\text{L}$ ; B) redox  $v_{eq} = 428 \mu\text{L}$ ; C) precipitación,  $v_{eq} = 500 \mu\text{L}$ , se calculan sendos títulos para cada titulante: A) 1 mL: 24.31 mg KHP; B) 1 mL: 8.87 mg  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ; C) 1 mL: 24 mg  $\text{AgNO}_3$ . El título expresado como la cantidad de sustancia patrón que neutraliza 1 mL de titulante (Kreschkov 1982).

La **Figura 1** muestra las curvas de titulación obtenidas y su correspondiente velocidad de tirada de titulante grabada.



**Figura 1.** Curvas de titulación A) ácido-base, vel =  $2.85 \frac{\mu\text{L}}{\text{s}}$ ; B) redox, vel =  $6.22 \frac{\mu\text{L}}{\text{s}}$ ; C) precipitación, vel =  $4.25 \frac{\mu\text{L}}{\text{s}}$ .

La **Figura 2** muestra las graficas de las funciones de Gran. Al igualar la ecuación lineal obtenida por el análisis de regresión para  $y=0$  se tiene el volumen de equivalencia respectivo.



**Figura 2.** Funciones de Gran : A) ácido-base,  $v_{\text{eq}} = 420 \mu\text{L}$  ; B) redox  $v_{\text{eq}} = 428 \mu\text{L}$ ; C) precipitación,  $v_{\text{eq}} = 500 \mu\text{L}$ .

## Conclusiones

Adicionalmente a las ventajas que representa la química analítica a microescala total en cuanto a minimización de costos en materiales y reactivos, tiempo y desechos, la metodología propuesta permite con materiales de bajo costo y de adquisición local personal realizar un experimento titulométrico completo, registrarlo digitalmente y obtener datos analíticos útiles en análisis químico así como su potencial utilización en determinación de valores de pKa, E, pKs, etc. La metodología propuesta es útil para la determinación de analitos en muestras reales.

## Referencias

- Baeza, Alejandro 2003. "Microbureta a Microescala Total para Titulometría".  
*Rev. Chil. Educ. Cient.* **1[2]:**4-7.
- Baeza, Alejandro 2003. "Titulaciones ácido-base Potenciométricas a Microescala Total con Microsensores de pH y de Referencia de Bajo Costo".  
*Rev. Chil. Educ. Cient.* **1[2]:**16-19.
- Baeza, Alejandro; Vargas, Juan; Urzua, Tatiana; Rodríguez, Jorge; Cáceres, Lizethly, 2004.  
"Titulaciones ácido-base a Microescala Total Química usando microsensores de pH y microelectrodos de referencia. Adquisición de datos con nuevas tecnologías"  
*Rev. Chil. Educ. Cient.* **2[2]:**25-28.
- Gran, Gunner 1988.  
"Equivalence volumes in potentiometric titrations"  
*Analytica Chimica Acta* **206:**111-123.
- Kreschov, A.P.; Yorslávtsev, A.A. 1988.  
"Curso de Química Analítica. Análisis Cuantitativo"  
Ed. Mir Moscú.
- Marin-Medina, Alejandro; García-Mendoza, Arturo; De Santiago-Zárate, Adrián, Baeza Alejandro. 2014.  
*Revista Cubana de Química* **Vol. XXVI, No. 2:**126-136.
- Vierna, Lilia; García-Mendoza, Arturo; Baeza Alejandro. 2013.  
"Microscale Analytical Potentiometry: Experimental Teaching with Locally Produced Low-Cost instrumentation".  
*Journal of Modern Education Review* **Vol. 3, No. 5:**407-415.