

# Titulaciones ácido-base con el empleo de software

Diógenes Hernández Espinoza y Luis Astudillo Saavedra\*

## ABSTRACT (Acid-base titration using software)

This paper represents a support of the basic concepts for General Chemistry syllabus. This development was an outcome thanks to the experiences applied in the last two years, where theoretical and experimental chemistry was taught at the University of Talca with students from Mechanical and Construction Engineering fields. Specifically in the experiment of the acid-base unit, the support came from Datastudio software, with the corresponding material (pH sensor and drop counter, Explore GLX and PC). Different students from various fields performed the titration of a 0.1 M hydrochloric acid solution with 0.1 M sodium hydroxide, enabling data entry, deduction and the interpretation of the graphically obtained results, that determined the exact neutralization point (at pH 7.0).

**KEYWORDS:** computer assisted experiments, educational software, acid-base strength, titration

## Resumen

La experiencia que se presenta a continuación es un aporte a los conceptos básicos que se deben conocer en la asignatura de Química General. Su desarrollo fue gracias a experiencias aplicadas en los últimos años en la enseñanza de la Química de manera teórica y práctica en la Universidad de Talca, con alumnos de las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Construcción. Específicamente la experiencia se realizó cuando se abordó la unidad de ácido base, donde con el apoyo del software llamado Datastudio y con el material correspondiente (sensores de pH y cuenta gotas, Explore GLX y computadores), los alumnos de las diferentes carreras debieron realizar un proceso de titulación de una solución acuosa de ácido clorhídrico 0,1 M, con una solución acuosa de hidróxido de sodio 0,1 M, permitiéndoles llevar a cabo la obtención de datos, inferir e interpretar los resultados obtenidos gráficamente, que determinaron el punto exacto de neutralización del ácido con la base (pH 7,0).

**Palabras clave:** experimentos asistidos por ordenador, software educativo, fuerza ácido-base, titulación

## Introducción

El software educativo se viene desarrollando desde la década de los 60, adquiriendo su mayor relevancia en la década de los 80, principalmente con el avance de las tecnologías y la aparición de las microcomputadoras. Software educativo se define como “los programas de computación realizados con la finalidad de ser utilizados como facilitadores del proceso de enseñanza” (Marqués, 1995). Actualmente existen más denominaciones para este mismo concepto, entre las que destacan “programas didácticos” y “programas educativos”, y donde todos ellos cumplen con la función de incentivar a los alumnos en los procesos de enseñanza y aprendizaje mediante recursos informáticos (Marqués, 1998).

Si se analiza la historia de estos nuevos procesos de enseñanza/aprendizaje, se puede observar que han evolucionado

considerablemente, destacando tres líneas distintas. En una primera se desarrolla un nuevo lenguaje de programación denominado Logo, que permite al alumno construir el conocimiento con base en sus propias capacidades. Como segunda línea de desarrollo surge la implementación de lenguajes y herramientas tales como; lenguajes visuales, lenguajes orientados a objetos, herramientas multimediales y herramientas de autoría. Finalmente, como tercer punto, con la difusión de las computadoras personales se ha producido cada vez más software educativo especializado, el que se enmarca en tres instancias distintas: a) las computadoras como tutores (enseñanza asistida por computadoras o EAC); b) como aprendices, y c) como herramientas (Larreal *et al.*, 2008), donde todas estas líneas de desarrollo apuntan a que el alumno construya su propio aprendizaje en función de las herramientas que posee (Bruner, 1988).

En la actualidad es posible considerar además otras formas metodológicas de enseñanza utilizando computadoras, en lo que se denomina EXAO (Experimentos Asistidos por Ordenador), MBL (Microcomputer Based Laboratory), CBL (Computer Based Laboratory), LAO (Laboratorio Asistido por

\* Instituto de Química de Recursos Naturales. Universidad de Talca, Curicó, Chile.

Correo electrónico: dhernandez@utalca.cl

Fecha de recepción: 5 de septiembre de 2012.

Fecha de aceptación: 22 de marzo de 2013.



Figura 1.



Figura 2.

Ordenador) o el nombre de los proveedores de los equipos (PASCO). Así, por medio de las computadoras los estudiantes aprenden a programar, desarrollando de mejor forma las habilidades intelectuales, además de contribuir en la resolución de problemas, su modelación y su división, permitiendo detectar errores, donde dichas situaciones no sean posibles de resolver de forma tradicional (Schunk, 1997).

En ciencia, dentro del software educativo específico, están los LAO (laboratorio asistido por ordenador), o los laboratorios virtuales, que corresponden a un sitio informático que simula una situación de aprendizaje propia del laboratorio tradicional, lográndose por medio de ellos desarrollar objetivos educativos propios del trabajo experimental. Los laboratorios virtuales se agrupan actualmente en lo que se denomina Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) que, aprovechando las funcionalidades de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), ofrecen nuevas aplicaciones para la enseñanza y el aprendizaje, que están libres de restricciones impuestas por el tiempo y el espacio que se genera con la enseñanza presencial, pero que sin lugar a dudas mantienen la comunicación entre estudiantes y profesores (Marqués, 2000). De igual manera, se pueden observar los laboratorios virtuales, que presentan ventajas muy significativas. Sin embargo, existe una cierta resistencia a su integración en el currículo de ciencias, por el elevado costo en tiempo y dinero necesarios para su implementación, y por la falta de resultados empíricos acerca de su uso, aunque ya existen experiencias que avalan su viabilidad técnica y su contribución educativa (Morcillo *et al.*, 2006, García y Gil, 2006).

Es importante destacar que cuando los estudiantes interactúan con la simulación dentro de un laboratorio virtual, comprenden mejor los sistemas, procesos y fenómenos reales, debido a que exploran conceptos y comprueban hipótesis (Lópe y Morcillo, 2007; Borghi, de Ambrosio y Mascheretti, 2003).

Finalmente, los equipamientos existentes en el mercado (laboratorio asistido por computadora o los laboratorios virtuales), están constituidos por software y sensores de varias magnitudes (cuenta gotas, pHmetro, manómetro, termómetro, etc.), los que tienen la función de transformar medidas químicas y físicas en una tensión eléctrica. La señal del sensor es recibida por una interfaz que transforma la tensión eléctrica en código binario que las computadoras son capaces de interpretar, para posteriormente mostrar diversas pantallas que se van generando con tablas de datos y gráficos, los que se pueden observar, interpretar y modificar de

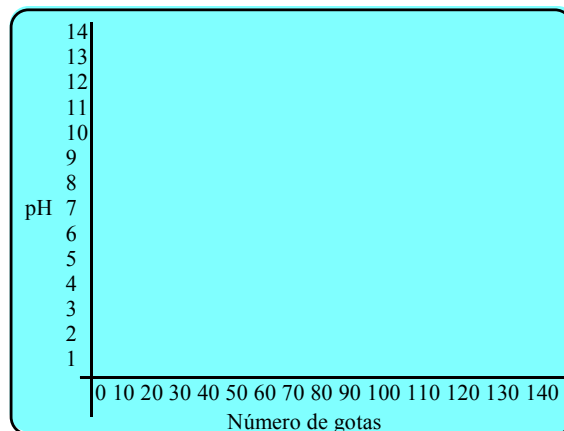


Figura 3.

acuerdo con las necesidades de los alumnos y profesores (Pintó, Couso y Hernández, 2010).

### Objetivo

Utilizar experiencias didácticas basadas en experimentos asistidos por computadora, para explicar de forma simple y exacta el proceso de neutralización de un ácido fuerte con una base fuerte.

### Metodología

La metodología de esta experiencia se da en dos etapas:

- **Etapas 1** (conexión y puesta en marcha del hardware y software). Los estudiantes deben conectar al hardware cada una de las partes y piezas que requiere el software, poner en marcha y seleccionar los iconos que se requieren en pantalla para realizar la experiencia.
- **Etapas 2** (preparación de disoluciones y determinación de gráficos). Una vez que el hardware y software están en marcha los estudiantes preparan dos disoluciones, una de HCl y la otra de NaOH —ambas 0,1 M—, que posteriormente son agregadas a sus respectivos depósitos y comienzan el proceso de titulación.

#### Etapas 1

1. Encienda el ordenador y seleccione el programa DataStudio, conecte el sensor de pH PS-2147 (figura 1) y el sensor de cuenta gotas PS-2117 (figura 2) a los puertos USB del ordenador.
2. Una vez dentro del programa, el equipo mostrará automáticamente en la pantalla la interfase de pH y cuenta gotas, como también le creará un gráfico que indica pH para el eje X y cuenta gotas para el eje Y (figura 3), quedando en condiciones listas para el análisis.

#### Etapas 2

1. Preparar una disolución de 100 mL de HCl 0,1 M, a partir del ácido concentrado que posee una densidad de  $1,19 \text{ g/cm}^3$  y % p/p = 37%.

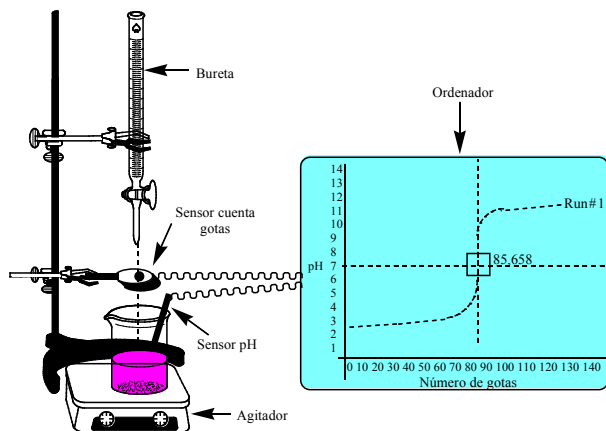


Figura 4.

- Preparar una disolución 0,1 M de NaOH.
- Tomar una bureta y ambientar con 10 mL de la disolución de NaOH 0,1 M, y posteriormente ubicar en el soporte universal con la ayuda de una pinza de tres dedos y una nuez.
- Vertir y llenar la bureta con el resto de la disolución de NaOH(aq) 0,1 M.
- Dejar caer disolución de la bureta hasta eliminar las burbujas de aire que pudieran estar en el extremo inferior de la misma. Luego volver a rellenar y ajuste en cero.
- En un matraz Erlenmeyer o vaso precipitado añadir 20 mL de disolución de HCl(aq) 0,1 M tomado con una pipeta total, colocarlo sobre el agitador magnético y agregar un magneto al interior.
- Colocar el electrodo de pH al interior del vaso o matraz Erlenmeyer.
- Colocar la cuenta gotas junto al soporte y alinearla hacia la bureta.
- Dejar caer la primera gota y presiona **Start** en la pantalla del ordenador, hasta obtener la curva final.
- La figura 4 representa el montaje del sistema y la obtención de datos.
- Repetir la experiencia utilizando otras concentraciones para el ácido (0,05; 0,2; 0,5 M).

### Dificultad

Durante el desarrollo de la experiencia, las mayores dificultades que se pueden presentar son las siguientes:

- Calibración de los sensores de pH y los sensores cuenta gotas.
- Preparación de las disoluciones 0,1 M de NaOH y HCl.
- Uso del software.
- Interpretación del gráfico mostrado en la pantalla por el software durante el proceso.

### Conclusiones

Cuando se encaran las actividades experimentales resultan atractivas, interesantes y efectivas, con gran participación

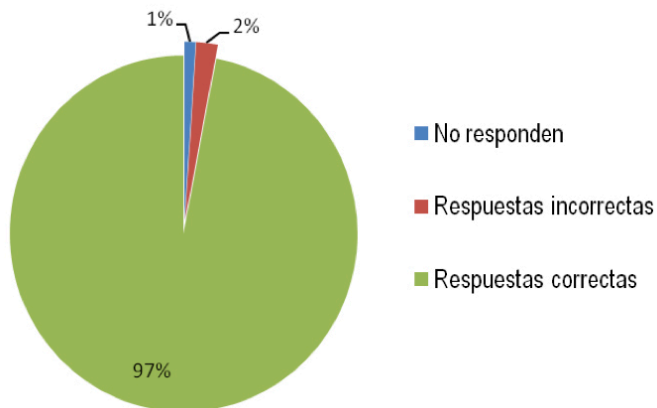
por parte de los alumnos y un recurso innovador para el docente, porque permiten tratar contenidos conceptuales de una manera no tradicional. El contar con un laboratorio con estas características constituye una herramienta fundamental, ya que se logra la adquisición de datos que facilitan enormemente la experimentación y su posterior análisis. La realización de la experiencia utilizando experimentos con base en laboratorios asistidos por ordenador permitió, por una parte, explicar de una manera didáctica, concreta y eficaz los procesos de interacción y titulación de un ácido con una base, hasta alcanzar el grado de neutralización (pH 7,0) en un proceso de titulación, mientras que por otra, se logró un mayor acercamiento, disposición e interés por parte de los educandos a aprender, porque pudieron observar, interactuar e interpretar a través de un computador y dispositivos las reacciones químicas que ocurrían durante el proceso, además de utilizar a las TIC como una herramienta al servicio de la enseñanza/aprendizaje de la química.

De la experiencia realizada con el software y hardware en una clase de Química General cuando se trataba la unidad de ácido-base para alumnos de primer semestre de las carreras de Ingeniería Mecánica y en Construcción de la Universidad de Talca, se puede concluir que el 97% de un universo de 93 estudiantes que la realizaron (gráfico 1), comprendió el proceso de titulación, neutralización, concentración y pH cuando se hace reaccionar un ácido con una base. Por otra parte, también comprendieron que los ácidos y bases son compuestos químicamente opuestos y que en la naturaleza juegan un papel importante para mantener el grado de acidez de la materia.

En el momento que los estudiantes experimentaron con otras concentraciones observaron que la curva de pH cambia en función de ellas, permitiéndoles concluir que el pH depende de la concentración de las disoluciones ( $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$  y  $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$ ).

Para dar cuenta de lo anterior se realizó un análisis estadístico simple con base en preguntas mostradas a continuación que se solicitó completar a los estudiantes luego de finalizada la unidad:

- ¿Qué significa que en el gráfico de la figura 4 se observe que la curva pasa por el valor de pH 7,0?
- ¿Por qué en química se habla de neutralización cuando un ácido fuerte y una base fuerte alcanzan un pH de 7,0?
- ¿Qué importancia juega la concentración del ácido y la base en la experiencia?
- ¿Qué características químicas tienen un ácido y una base?
- ¿Cuál es el papel que juega la fenolftaleína en el proceso de titulación?
- ¿Qué ocurrió con la curva de pH cuando las concentraciones del ácido se disminuyeron y aumentaron al doble o más?
- ¿Qué ocurriría si en la experiencia se utilizara en vez de una base fuerte una base débil y en vez de ácido fuerte un ácido débil?



**Gráfico 1.** Tabulación de resultados a preguntas. El gráfico muestra el resultado estadístico de las respuestas con base en las preguntas formuladas para los 93 estudiantes consultados.

## Bibliografía

- Borghí, L.; de Ambrosis, A. y Mascheretti, P., Developing relevant teaching strategies during in-service training, *Physics Education*, 38, 41-45, 2003.
- Bruner, J., *Desarrollo cognitivo y educación*. Madrid, España: Editorial Morata, 1988.
- García, A. y Gil, M., Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 304-322, 2006.
- Larreal, A. y Guanipa, M., Docentes en los entornos virtuales de aprendizaje, *Telematique*, 7(3), 1856-4194, 2008.
- López, M. y Morcillo, J., Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 562-576, 2007.
- Marqués, P., Metodología para la elaboración de software educativo. En: *Software Educativo, Guía de uso y metodología de diseño*. Barcelona, Editorial Estel, 1995.
- Marqués, P., La evaluación de programas didácticos, *Comunicación y Pedagogía*, 149, 53-58, 1998.
- Marqués, P., Impacto de las TIC en la educación: funciones y limitaciones. Barcelona, España: DIM (Didáctica y Multimedia), Departamento de Pedagogía Aplicada, Facultad de Educación, Universidad Autónoma de Barcelona, 2000. Consultada por última vez en junio 20, 2012, en la URL <http://peremarques.pangea.org/siyedu.htm>
- Morcillo, G.; García, E.; López, M. y Mejías, N., Los laboratorios virtuales en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra: los terremotos, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14(2), 150-156, 2006.
- Pasco, consultado por última vez agosto 17, 2012 en la URL <http://www.pasco.com/chemistry/index.cfm>
- Pintó, R.; Couso, D.; Hernández, M., An inquiry-oriented approach for making the best use of ICT in the classroom, *eLearning Papers*, 20, 1887-1542, 2010.
- Schunk, D.; Dávila, J.; Ortíz, M., *Teorías del aprendizaje*. México, Prentice-Hall Hispanoamericana, 1997.