



Asociación Química Argentina
Sánchez de Bustamante 1749.
CP1425 Ciudad de Buenos Aires,
Argentina. Tel-fax: (011)-4822-4886
www.aqa.org.ar



**Libro de Memorias de las
*XI Jornadas Nacionales y VIII Jornadas
Internacionales de Enseñanza de la Química
Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica
(JEQUSST-2017)***

ISBN 978-987-46579-3-0

Dra. Galagovsky, Lydia
Presidente JEQUSST-2017
División Educación AQA- UBA FCEN Comisión de Carrera de los Profesorados

XI Jornadas Nacionales y VIII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica / compilado por Lydia R. Galagovsky. - 1a ed. Buenos Aires : Asociación Química Argentina, 2017. Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-46579-3-0

1. Química. 2. Enseñanza. 3. Actas de Congresos. I. Galagovsky, Lydia R., comp. CDD 540.7

ISBN 978-987-46579-3-0



EJE TEMÁTICO: Investigaciones educativas sobre enseñanza y aprendizaje de la Química

COMPRESIÓN DEL TEMA TITULACIONES ÁCIDO-BASE A TRAVÉS DE UNA SIMULACIÓN: APLICACIÓN DE PRINCIPIOS DEL APRENDIZAJE MULTIMEDIA

**UNDERSTANDING OF ACID-BASE TITRATIONS THROUGH A SIMULATION:
APPLYING PRINCIPLES OF MULTIMEDIA LEARNING**

Andrés Raviolo y Andrea S. Farré

Profesorado en Química, Universidad Nacional de Río Negro, Sede Andina. San Carlos de Bariloche. Río Negro. Argentina.

Email: araviolo@unrn.edu.ar; asfarre@unrn.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se muestran los resultados de un estudio que indaga la influencia, en el aprendizaje del tema titulaciones ácido-base, de la presentación de dos imágenes, provenientes de capturas de pantalla de una simulación. En la primera imagen aparecen etiquetas con los nombres de los materiales y entidades y, en la segunda imagen, etiquetas con los nombres de los niveles de representación a la cuales pertenecen dichas entidades. Se discuten los resultados obtenidos.

PALABRAS CLAVE: Titulaciones ácido-base, simulación, principios del aprendizaje multimedia

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Lemke [1] sostiene que la enseñanza de la ciencia se realiza a través de una comunicación multimedia. En las clases de ciencias se utilizan diversos lenguajes, una combinación de palabras, diagramas, imágenes, gráficas, ecuaciones, tablas y otras formas de representación visual y matemática. Los estudiantes aprenden si logran integrar significados a través de estas diferentes modalidades o lenguajes, principalmente combinando texto e imagen [2]. Esta integración no es automática y natural, es culturalmente específica y debe ser enseñada y aprendida.

El empleo en el aula de una simulación, como es el caso de la simulación sobre titulación ácido-base de la que se ocupa este trabajo, cumple funciones de aplicación y favorece la integración de [3]: (a) los distintos niveles de representación de los fenómenos químicos: macroscópico (experimental), microscópico o submicroscópico, simbólico (ecuaciones y fórmulas) y gráfico, (b) los distintos momentos de enseñanza: teóricos, problemas y laboratorios, relacionando teoría y práctica y (c) los contenidos de química vistos con anterioridad: disoluciones y unidades de concentración, ácidos y bases débiles y fuertes, reacciones químicas, reacciones ácido-base, neutralización, ecuación química iónica y iónica neta, estequiometría.

Una discusión sobre las implicaciones del modelo de procesamiento de la información multimedia [4] para la enseñanza con simulaciones de química fue presentada por Tasker y Dalton [5]. Esta teoría del aprendizaje contradice la idea ingenua de creer que la información, o las representaciones externas, se almacenan automáticamente en la memoria de trabajo por impregnación pasiva. Una representación externa no se convierte en una representación interna sin modificación, sin actividad del sujeto. Muchas creencias sobre el rol de la imagen en la

enseñanza se apoyan en la idea ingenua que las imágenes son transparentes y unívocas y que tienen un solo significado y evidente.

Teniendo en cuenta estas conceptualizaciones dentro del marco de una investigación más amplia sobre el aprendizaje de la ciencia empleando simulaciones, en este trabajo se discutirán los resultados obtenidos de la utilización de una simulación sobre el tema de titulaciones ácido-base, que analiza la ayuda que produce la presentación de imágenes con etiquetas en el procesamiento e interpretación de la simulación.

ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS

El procesamiento de la información audiovisual se da a través de dos canales: verbal y visual. Los estímulos verbales y visuales se perciben en distintas partes de la memoria sensorial, estos estímulos se seleccionan a través del filtro perceptivo y, en la memoria de trabajo (de limitada capacidad), se integran y procesan. En la memoria de trabajo se da sentido a la información a partir del conocimiento previo que aporta la memoria de largo plazo. Finalmente, la información procesada se almacena en la memoria de largo plazo para una eficiente recuperación y transferencias a nuevas situaciones. Dada la capacidad limitada de la memoria de trabajo para procesar la información multimedia, Tasker y Dalton [5] señalan algunas implicaciones educativas de este modelo para la enseñanza con animaciones, considerando los principios formulados por Mayer [6], algunos de los cuales son empleados en esta experiencia:

(1) Se aprende mejor una lección multimedia si se presenta en segmentos más que en una unidad continua (Principio de la segmentación). Los estudiantes deberían tener el control de la animación (pausarla, volver atrás...) y con ello reducir la velocidad de carga de información presentada y, por ejemplo, contar con tiempo para realizar reflexiones causa efecto.

(2) Se aprende mejor cuando las imágenes y las palabras correspondientes se presentan cercanas (Principio de la contigüidad espacial). Los textos deberían ser presentados dentro de las imágenes o gráficos, no separadamente.

(3) Existe una mejor comprensión cuando los aprendices conocen los nombres y las características de los principales conceptos de la lección multimedia (Principio de pre-entrenamiento). Es importante que los estudiantes conozcan, o se les haga conocer, los nombres, las características y el comportamiento de los principales componentes del sistema a estudiar que verán en la simulación.

(4) Existe una mejor asimilación de la información cuando se incluyen señales, claves o pistas de cómo procesar la información (Principio del señalamiento).

DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se utilizó la simulación “Titulación ácido base”, de la página web de Química de Chang, 11^o edición, capítulo 16. En la misma se presenta una titulación de un volumen de solución de ácido fuerte (ácido clorhídrico en el Erlenmeyer) con una disolución de base fuerte (hidróxido de sodio en la bureta). Una captura de pantalla se muestra en la Figura 1, y puede accederse en: http://glencoe.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::640::480::/sites/dl/free/0076656101/931055/Acid_Base_Titration.swf::Acid-Base Titrations

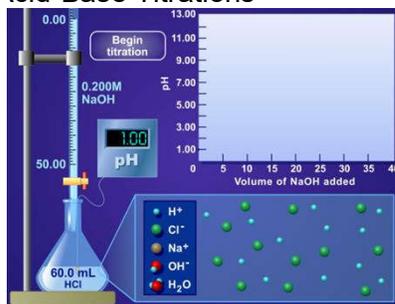


Figura 1. Captura de pantalla de la simulación utilizada

En esta simulación se muestran aspectos pertenecientes a 4 niveles de representación. A nivel macro se aprecia la bureta, el Erlenmeyer, el peachímetro, y las disoluciones. A nivel gráfico se presenta un gráfico cartesiano de pH vs. Volumen de NaOH agregado. A nivel submicroscópico se muestran los iones y moléculas, modelados con esferas sólidas (las moléculas de agua de la disolución no aparecen). A nivel simbólico se aprecia que la simulación muestra las fórmulas de las siguientes entidades: NaOH, HCl, H⁺, Cl⁻, Na⁺, OH⁻ y H₂O.

El estudio consiste en comparar los resultados obtenidos con un mismo cuestionario, que indaga la comprensión del contenido de la simulación, en dos muestras de estudiantes (cohortes 2016 y 2017).

Participaron del estudio 90 estudiantes universitarios de San Carlos de Bariloche, que cursaron Química General, de los años 2016 (54 alumnos) y 2017 (36 alumnos). Esta asignatura, del primer cuatrimestre de primer año de las carreras de Profesorados de Química y de Física, de la Universidad Nacional de Río Negro y de la Licenciatura en Biología, Universidad Nacional del Comahue, consta con el mismo equipo de cátedra y el mismo enfoque de enseñanza que sigue sistemáticamente el texto Química de Raymond Chang. El cuestionario se administró con posterioridad a que los estudiantes acudieran a clases teóricas, de problemas, laboratorio y a la evaluación tradicional.

Los estudiantes habían visto el tema titulación a través de clases teóricas, ejercicios numéricos y una práctica de laboratorio. Las titulaciones realizadas en el laboratorio (Na₂CO₃/HCl y NaOH/HCl) no incluyeron uso de peachímetro. El algoritmo de cálculo de pH no fue abordado a esta altura del curso.

El cuestionario consiste en una actividad: “En un texto no menor a 15 renglones desarrolle lo que muestra la simulación” y en dos preguntas: “¿Qué es una titulación?” y “¿A qué resultado final se arribaría en esta titulación? Cálculos y explicación”.

Antes de resolver este cuestionario se les presenta dos hojas (Figura 2), la primera con 10 etiquetas correspondiente a materiales y entidades que aparecen en la simulación y la segunda con 10 etiquetas que especifican los niveles de representación (macro, micro, simbólico y gráfico) a los que pertenecen distintos elementos de la imagen. La diferencia de tratamiento entre las dos cohortes consistió en que a la cohorte 2016 se les presentaron esas dos hojas con las etiquetas a completar y en la cohorte 2017 las etiquetas estaban completas, como muestra la figura 2, y los estudiantes tenían que miraras antes de contestar el cuestionario y también podían hacerlo durante el mismo. La ecuación química ajustada no figura en la simulación, aunque se agregó en las capturas de pantalla entregadas en esas dos hojas.

En este estudio se indaga el impacto que tiene (a) conocer el nombre de los materiales y entidades en la comprensión del fenómeno (Principio de pre-entrenamiento) y (b) el conocer el nivel de representación al que pertenecen estas entidades, con la finalidad de ayudar a los estudiantes a segmentar el procesamiento de la información que muestra la pantalla, focalizando en cada uno de los niveles que se muestran simultáneamente (Principio de señalamiento).

El diseño consistió en la proyección de la simulación con el cañón al grupo de alumnos. Se les solicita atención dado que van a tener que escribir sobre lo que ven en la simulación proyectada. La simulación se pasa varias veces antes de repartir el cuestionario, siempre hasta que se alcanza un pH de 12,02, es decir después del agregado de 35 mL de NaOH. Se pasa sin sonido, ya que está en idioma inglés, de manera que los estudiantes quedan solamente expuestos al estímulo visual. Se les pide que contesten las actividades del cuestionario en el orden en que están las páginas: hoja 1, 2 y 3 sucesivamente (cohorte 2016) y que miren con atención las dos primeras hojas (cohorte 2017). Mientras contestan el cuestionario la simulación se pasa tantas veces como fuera solicitado por los alumnos.

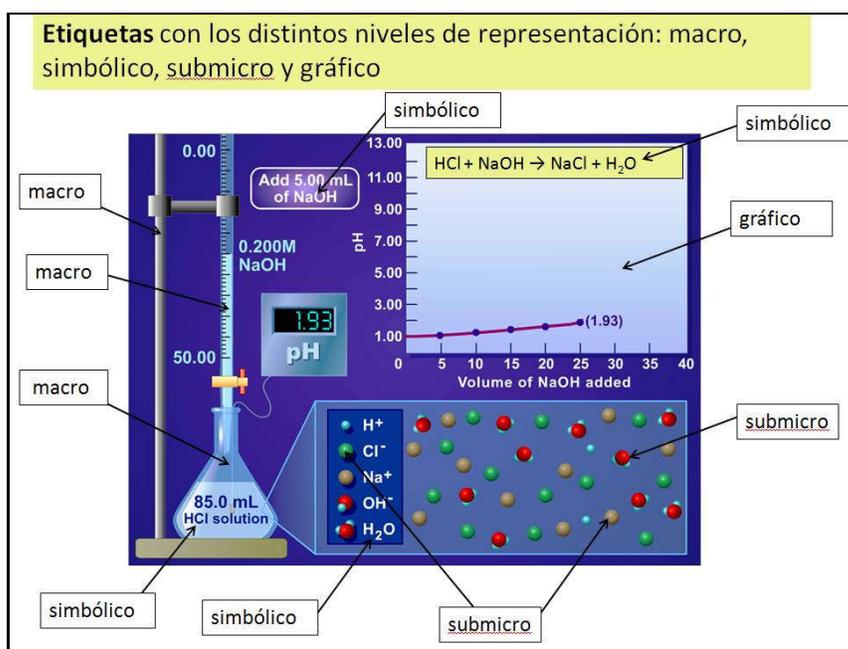
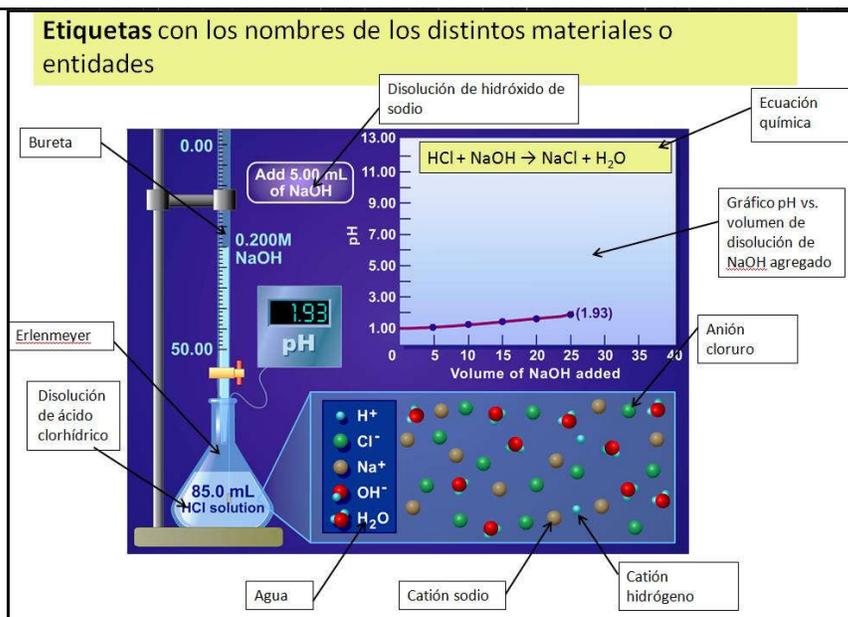


Figura 2. Hojas 1 y 2 entregadas a los alumnos (cohorte 2016: sin inscripciones, cohorte 2017: con inscripciones)

RESULTADOS

En primer lugar se comprobó estadísticamente, empleando la prueba t para muestras independientes ($p < 0,05$) que las dos cohortes habían tenido similar rendimiento en el primer parcial de química, y también en el de matemática (Tabla 2). Esto habilitó la comparación de ambos grupos en cuanto a la comprensión de la simulación. Para hacerlo, se construyó una escala cuantitativa por un proceso de discusión luego de que ambos investigadores analizaran los resultados en forma independiente, acordándose 10 ítems (Ver Tabla 1). Cada uno de ellos se valoró con 1 punto (total 10) y, de esta manera, no se dio prioridad a la obtención del resultado numérico final de la concentración incógnita del ácido (0,100 M) sino a aspectos conceptuales y cualitativos.

| Nº | Ítem analizado | Porcentaje de aparición | |
|----|--|-------------------------|--------------|
| | | Cohorte 2016 | Cohorte 2017 |
| 1 | Comprende objetivo final de la simulación: determinar la concentración de la disolución de ácido clorhídrico | 43 | 42 |
| 2 | Menciona explícitamente que se trata de una reacción ácido-base o titulación ácido-base | 70 | 69 |
| 3 | Hace referencia a alguno de los términos: neutralización, neutro o punto de equivalencia | 76 | 78 |
| 4 | Realiza la descripción submicroscópica: los iones H ⁺ se combinan con los iones OH ⁻ para formar moléculas de H ₂ O | 61 | 72 |
| 5 | Comprende la relación de la escala de pH con la acidez: Un aumento de pH indica una disolución menos ácida o más básica | 70 | 81 |
| 6 | Escribe la ecuación química ajustada | 33 | 83 |
| 7 | Brinda una definición aceptable de titulación | 69 | 72 |
| 8 | Arriba al resultado final: 0,100 M | 17 | 14 |
| 9 | Menciona que el volumen final o de neutralización es 30 mL, o lo emplea en el cálculo | 33 | 33 |
| 10 | Expresa la relación estequiométrica: 1 mol de HCl reacciona con 1 mol de NaOH | 31 | 92 |

Tabla 1. Ítems evaluados y porcentaje de aparición

Los resultados generales (valores promedios, nota máxima 10) se muestran en la Tabla 2:

| Cohorte | Primer parcial Matemática | Primer parcial Química | Resultado cuestionario |
|-----------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| 2016 | 5,3 | 5,5 | 5,1 |
| 2017 | 4,8 | 5,8 | 6,4 |
| Dif estadística | p>0,05 | p>0,05 | p< 0,05 |

Tabla 2. Resultados generales de parciales y cuestionario

Hay diferencias estadísticamente significativas en el resultado obtenido en el cuestionario, a favor de los estudiantes del 2017. Al analizar los 10 ítems se observaron diferencias notables en los logros obtenidos por la cohorte 2017 en 4 ítems: ecuación química, en relación mol a mol, descripción micro y relación escala de pH con la acidez. Esta diferencia estuvo presente tanto en alumnos aprobados como desaprobados. Más aún, cuando se tuvo en cuenta el rendimiento de los alumnos en el parcial de química, se pudo observar que en el caso de la cohorte 2016 existieron diferencias significativas en la aparición de todos los ítems a favor de los alumnos que aprobaron el parcial. En cambio, en la cohorte 2017, solamente existieron diferencias significativas entre la cantidad de alumnos aprobados y desaprobados que comprendieron el objetivo final de la simulación (ítem 1) y arribaron al resultado final: 0,100 M (ítem 8).

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Dado que la capacidad cognoscitiva de la memoria de trabajo es limitada, los principios del aprendizaje multimedia ayudan a reducir la carga del procesamiento y facilitar el proceso de dar sentido a la información.

Por las características de la simulación, y al pasarla sin narración, no se satisface el principio multimedia que afirma que se favorece el procesamiento de la información cuando es presentada en forma visual y auditiva, más que cuando es presentada por un solo canal. Sin embargo, en la experiencia llevada a cabo con la cohorte 2017 se cumplen otros principios:

. Principio de contigüidad espacial: las etiquetas son cuadros de texto que se incorporan en capturas de pantalla de la simulación y se encuentran cercanas (y unidas por una flecha) a los materiales y entidades que nombran.

. Principio de la contigüidad temporal: el texto con el nombre de los materiales y entidades es usado por los estudiantes cuando ven la simulación y cuando responden el cuestionario.

. Principio de segmentación: la simulación se pasa al comienzo en forma completa y luego se repite, total o en partes, cuantas veces lo solicitan los alumnos, que pueden focalizar en determinada parte (como en los distintos niveles de representación) o momento.

. Principio de redundancia: no hay superposición, la misma información no se presenta narrada y como texto. Los distintos aspectos que se muestran del fenómeno no son redundantes dado que se complementan.

. Principio de pre-entrenamiento: la comparación entre las dos cohortes, de resultados obtenidos en el cuestionario, muestra que existe una mejor comprensión del fenómeno cuando los alumnos conocen los nombres de los principales componentes del sistema que ven en la simulación.

. Principio de señalamiento: la presentación de la segunda hoja con etiquetas da pistas de cómo se organiza el material en cuatro niveles de representación. Esa hoja destaca la organización del material esencial aportando una clave de cómo procesar la información.

La simulación muestra un fenómeno empleando cuatro niveles de representación. Esto demanda al alumno un gran esfuerzo de integración. Un objetivo esencial de la enseñanza de la química, al que apunta esta simulación, es que los estudiantes individualicen y comprendan un fenómeno químico en cada uno de estos modos de representación y luego los integren adecuadamente.

Por otro lado, en ambas cohortes muy pocos estudiantes arribaron al resultado final de la titulación, a calcular la concentración de la disolución del ácido (0,100 M). Una de las causas se debe a que para muchos no está claro que el objetivo final de esta técnica es determinar la concentración. Es decir, no cuentan con una interpretación o percepción global de lo que muestra la simulación. La diferencia entre especialista y novato es que el especialista reconoce en la simulación un ejemplo de titulación ácido-base y conoce cuál es el propósito de la misma. Al estudiante, en cambio, no lo guía el conocimiento del fenómeno, debe procesar una gran cantidad de elementos y entidades, inicialmente no relacionados entre sí, que saturan su memoria de trabajo.

Lo anterior ha sido probado para el aprendizaje de gráficos, uno de los niveles de representación que aparece en esta simulación. Los gráficos son representaciones que presentan la relación numérica que existe entre dos o más variables a través de distintos elementos espaciales como barras o líneas [7]. Estos autores distinguen tres niveles de comprensión de una gráfica: (I) interpretación explícita o superficial de lectura de la gráfica, por ejemplo la identificación de los elementos de la gráfica, como distintos valores de las variables. (II) Interpretación implícita, que va más allá de la lectura de valores aislados, identificando patrones o tendencias, estableciendo relaciones (intravariante e intervariable) entre dichos valores. (III) Interpretación conceptual, que va más allá de describir la información explícita e implícita contenida en la gráfica y consiste en el establecimiento de relaciones conceptuales a partir del análisis global de la estructura de la gráfica, lo que permite realizar interpretaciones, explicaciones o predicciones sobre el fenómeno representado.

Muchos estudiantes hacen una lectura conceptual parcial de la gráfica en lo que respecta a qué hacer con la información que se obtiene de la misma, dado que la información relevante para comenzar los cálculos es el volumen (30,0 mL) correspondiente al punto de equivalencia (que en este caso de titulación ácido fuerte y base fuerte coincide con el punto de neutralización de pH 7). Les faltó conectar esta idea de neutralización, con la relación estequiométrica mol a mol

y el concepto de molaridad, en pos de arribar al resultado de la concentración de la solución de ácido titulada.

CONCLUSIONES

Las dos imágenes con etiquetas han producido un cambio en la descripción de lo que muestra la simulación sobre titulación ácido-base, dado a que favorecen el procesamiento de la información al cumplir funciones de pre-entrenamiento y señalamiento. Disponer de las etiquetas libera recursos cognitivos y los ayuda a enfocar la mirada, esto se notó sobre todo en los alumnos con que tenían el parcial de química desaprobado.

En el futuro profundizaremos el análisis, reconociendo las relaciones semánticas que establecen en la descripción de la simulación realizada por los alumnos desaprobados, indagando en qué medida las etiquetas se emplean en los textos. Sin embargo, en una primera lectura, y a partir de los resultados cuantitativos podemos afirmar que las etiquetas, para los alumnos de bajo rendimiento en el examen parcial, se convirtieron en un amplificador cognitivo, en dónde se apoyaron para interpretar por separado cada una de los niveles de representación, aunque persistieron dificultades en integrarlos en pos de lograr el resultado final, objetivo de la titulación.

REFERENCIAS

- [1] J. Lemke, *Enseñar todos los lenguajes de la ciencia*. En: M. Benlloch (Coord.), *La Educación en Ciencias: ideas para mejorar su práctica*, Ed. Paidós, Barcelona, **2002**.
- [2] J. Lemke, *Enseñanza de las Ciencias*. **2006**, 24(1), 5-12.
- [3] A. Raviolo, A. Farré, *Educación Química*. **2017**, 28, 163-173.
- [4] R. Mayer, *Educational Psychologist*. **1997**, 32(1), 1-19.
- [5] R. Tasker, R. Dalton. *Chemistry Education Research and Practice*, **2006**, 7(2), 141-159.
- [6] R. Mayer, *Cognitive Theory of Multimedia Learning*. En: R. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press, Cambridge. **2005**.
- [7] Y. Postigo, J. Pozo, *Infancia y Aprendizaje*. **2000**, 90, 89-110.