

Educación Científica e Inclusión Sociodigital

OBRAS COLECTIVAS
CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN 22

UAH

VOLUMEN **1**

**Lilia Micaela Dubini
María Ximena Erice
Daniel Meziat Luna
Margarita García Astete
Luis Bengochea Martínez
(Editores)**



Cátedra UNESCO
de Educación Científica
para América Latina
y El Caribe
EDUCALYC

Educación Científica e Inclusión Sociodigital

Obras Colectivas de Ciencias de la Educación 22

*Lilia Micaela Dubini
María Ximena Erice
Daniel Meziat Luna
Margarita García Astete
Luis Bengochea Martínez
(Editores)*



Universidad Nacional
de Cuyo
Argentina

Esta es una pre-edición del libro, para uso exclusivo de los asistentes al congreso CIEDUC2017, hecha con el fin de que puedan consultar los textos de las ponencias presentadas al mismo. La edición completa será dada a conocer y publicada en la web de cieduc.org



El libro “Educación Científica e Inclusión Sociodigital” en el que se recogen las Actas del IX Congreso Iberoamericano de Educación Científica y del I Seminario de Inclusión Educativa y Sociodigital, editadas por Lilia Micaela Dubini, María Ximena Erice, Daniel Meziat, Margarita García Astete y Luis Bengochea, se publica bajo licencia Creative Commons 3.0 de reconocimiento – no comercial – compartir bajo la misma licencia.

Se permite su copia, distribución y comunicación pública, siempre que se mantenga el reconocimiento de la obra y no se haga uso comercial de ella. Si se transforma o genera una obra derivada, sólo se puede distribuir con licencia idéntica a ésta.

Alguna de estas condiciones puede no aplicarse, si se obtiene el permiso de los titulares de los derechos de autor.

Universidad de Alcalá
Servicio de Publicaciones
Plaza de San Diego, s/n
28801 - Alcalá de Henares (España)
www.uah.es

ISBN Obra completa: 978-84-16978-19-9
Depósito Legal: M-8521-2017

Diseño de la portada: Analía Vázquez

Impreso en España y Argentina

Los contenidos de esta obra son responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Universidad Nacional de Cuyo, la Universidad de Alcalá ni de ninguna de las instituciones que han colaborado en la organización del congreso.

Usos alternativos de simulaciones para la enseñanza del tema titulaciones ácido-base

Andrés Raviolo¹, Andrea S. Farré¹

¹Profesorado en Química
Universidad Nacional de Río Negro
Sede Andina
San Carlos de Bariloche
E-mail: araviolo@unrn.edu.ar

Resumen. En este trabajo se discuten algunos aspectos de la utilización de simulaciones para la enseñanza del tema titulaciones ácido-base y se presentan tres aplicaciones alternativas de las mismas: (1) Evaluación alternativa del tema titulación ácido-base a través de una simulación, (2) Actividad de reformulación de un problema o verificación de los resultados de una simulación y (3) Selección de simulaciones y elaboración de una secuencia de enseñanza adecuada del tema titulaciones ácido-base para el nivel universitario.

Palabras clave: química, titulaciones ácido-base, simulaciones, secuencia

1 Introducción

Las simulaciones computacionales se usan en la enseñanza de la química para incrementar la claridad de las lecciones magistrales y apoyar las actividades experimentales en el trabajo de laboratorio. Sin embargo, existen todavía algunas preguntas claves de investigación como por ejemplo en qué momentos o contextos los docentes utilizan una simulación en sus clases y qué relación se presentan entre los experimentos reales de laboratorio y los simulados (Rutten y otros 2012).

La investigación presenta algunas evidencias de la efectividad del uso de simulaciones como pre-laboratorio. Martínez y otros (2003) hallaron que los estudiantes que realizaron un pre laboratorio con una simulación (sobre extracción de cafeína del té) lograron una mejor comprensión de las técnicas y conceptos usados en el trabajo de laboratorio. Otros resultados muestran que si bien producen un aumento del interés, su efecto dependerá de la naturaleza del material presentado, y que muchas veces no alcanza la simple presentación de la simulación a los estudiantes, sino que influye el rol de las instrucciones escritas que acompañan la simulación y la ayuda que se le puede brindar a los estudiantes; por ejemplo, instrucciones que orienten en la construcción de hipótesis (Rutten y otros 2012). Por otro lado, Chang y otros (2008) encontraron que los estudiantes con mejores habilidades de razonamiento abstracto se beneficiaron más de un aprendizaje basado en una simulación, que en un experimento, para el tema de óptica.

Los resultados de la investigación educativa no son concluyentes a favor de que se obtienen más beneficios desde un experimento simulado que de uno real. Se argumenta que las simulaciones o los videos permiten observaciones más claras que los expe-

rimentos reales, al permitir pasarlas a menor velocidad, aunque esto no siempre se traduce en una mejora de la comprensión conceptual. Renken y Nunez (2013) verificaron que la realización de un buen experimento, tanto llevado a cabo con materiales reales o con una simulación computacional (por más que permitan realizarlo a baja velocidad para mejorar la observación), tiene un escaso efecto en reestructurar una inadecuada comprensión conceptual (como el sostenimiento de una concepción alternativa); dado que el cambio conceptual es un proceso de reestructuración que no se produciría por una breve o aislada interacción con la evidencia y la existencia de una tendencia de ver, o adaptar la evidencia a, lo que uno cree. Estos investigadores observaron que, por el contrario, un mal experimento (inadecuado control de variables) puede incluso alterar las comprensiones adecuadas de un fenómeno. La posibilidad de realizar un buen control de variables en el diseño del experimento juega un rol muy importante tanto en enriquecer o en reestructurar el conocimiento del alumno, sin embargo los estudiantes familiarizados con ambientes simulados tienden a jugar con la simulación, es decir tienden a alterar variables con un valor de entretenimiento más que experimental. Encontraron que las simulaciones, sin alguna forma de guía, no afectan positivamente la mejora particular de la comprensión conceptual y de las estrategias de experimentación. Otras investigaciones muestran la efectividad del uso de simulaciones como actividad preparatoria para actividades reales de laboratorio, ya que además de influir en las actitudes y motivaciones de los estudiantes, mejoran la comprensión de la tarea de laboratorio así también como en facilitar el entrenamiento de habilidades prácticas del laboratorio real (Rutten y otros 2012).

Dentro de los contenidos que generalmente se abordan de forma práctica en el primer curso universitario de química están las reacciones ácido-base y las titulaciones ácido-base. Específicamente, sobre el uso de simulaciones en tema ácido-base, Winberg y Berg (2007) hallaron que su empleo previo al laboratorio condujo a que los estudiantes formularan más preguntas teóricas durante el desarrollo del trabajo de laboratorio y al final del mismo, mostraron un mayor uso del conocimiento químico al ser entrevistados. Estos autores, concluyeron que la actividad preparatoria ayuda a los estudiantes a integrar su conocimiento conceptual y contribuye a darle mayor sentido a lo que hacen durante el laboratorio.

Sobre las simulaciones de experiencias de titulación ácido-base, Machlová y Bílek, (2013) realizaron un análisis didáctico de 35 de ellas disponibles en forma libre en Internet. Encontraron que obedecen a una gran diversidad de objetivos educativos y presentan distintas calidades. En su mayoría se muestran los aparatos usados en una titulación, la curva de titulación y los cambios de color de indicadores ácido base durante el proceso. Sin embargo, en muy pocos casos: posibilitan la conexión de un pechímetro, destacan el punto de equivalencia, presentan la ecuación de la reacción química, muestran la animación a nivel molecular, ofrecen una tabla con los valores medidos y/o explicitan el procedimiento de cálculo usado. En consecuencia, instan a seleccionar cuidadosamente una simulación, procediendo de la misma manera que con otros recursos didácticos antes de llevarla al aula.

El interés particular sobre este tipo de simulaciones se debe a que abordan temas que resultan de difícil aprendizaje. En el caso de las reacciones ácido-base, por ejemplo, se presentan las mismas concepciones alternativas encontradas para el cambio químico en general (Andersson, 1990). Además, Sheppard (2006) halló que muchos estudiantes consideran la reacción de neutralización como una mezcla física y por lo

tanto, no pudiendo identificar los productos. Con lo cual, la neutralización estaría determinada por un número relativo de las partículas y no por la interacción entre ellas. También, le otorgan un rol especial a alguno de los reactivos, considerando al ácido como más “poderoso” o “dominante” que la base. Específicamente sobre la titulación ácido-base, este mismo autor al analizar cómo interpretan los estudiantes la curva de titulación de una base fuerte con un ácido fuerte, encontró que ante algunos estudiantes afirman que los reactivos se mezclaron pero que la reacción todavía no se produjo al observar el leve cambio de pH que ocurre al comienzo de una titulación. Más aún, estos alumnos sostienen que la reacción comienza cuando se produce el cambio brusco de pH. Esto último indicaría una dificultad de percibir el cambio químico a nivel molecular como producto de colisiones. Sheppard (2006), entonces señala que la dificultad deviene a que se trata de un tema conceptualmente denso porque requiere una comprensión integrada de muchas áreas de la química general, tal como: naturaleza corpuscular de la materia, teoría cinético molecular, naturaleza y composición de las disoluciones, estructura atómica, ionización, enlaces iónicos y covalentes, símbolos, fórmulas y ecuaciones, equilibrio químico y teoría de colisiones. Esto hace que los estudiantes no lleguen a comprender de forma coherente, integrando los conceptos debido a la considerable dificultad en el dominio de la química subyacente.

En este trabajo se presentan tres acciones llevadas a cabo respecto a la utilización de simulaciones para la enseñanza de las titulaciones ácido base:

- **Evaluación alternativa del tema titulación ácido base a través de una simulación:** Este tipo de evaluación permite evaluar la comprensión de los conceptos al mismo tiempo que la interpretación de los diferentes lenguajes que están presentes en la simulación. Trabajando de esta manera adecuamos las estrategias de evaluación para que sean adecuadas según las necesidades de este siglo (Redecker y Johannessen, 2013).
- **Actividad de reformulación de un problema o verificación de los resultados de una simulación:** Con respecto a la relación entre simulaciones y resolución de problemas, un tipo de actividad consiste en desafiar a los estudiantes a verificar la veracidad de los resultados expresados por una simulación (Raviolo, 2012). La idea es identificar y reproducir los modelos matemáticos y ecuaciones que subyacen en la simulación, que generalmente se presenta como una caja negra.
- **Selección de simulaciones y elaboración de una secuencia de enseñanza para el tema titulaciones ácido-base.** En esta secuencia empleamos a las simulaciones como mediadoras de contenidos, para que los alumnos puedan apropiarse, reelaborar y reconstruir el conocimiento sobre el tema ácido-base y así llegar a trabajar el tema de titulaciones. En la búsqueda de simulaciones valoramos la imagen y tuvimos en cuenta las problemáticas de la modelización y de la interactividad (Lion, 2006). Con respecto a la modelización tuvimos en cuenta que las simulaciones seleccionadas representaran los sistemas modelados de forma fidedigna, centrasen la atención en conceptos y propiedades importantes de los contenidos representados, recurrieran a múltiples representaciones y presentasen controles simples, casi intuitivos (Talanquer, 2014).

2 Metodología

Las dos primeras acciones fueron llevadas a cabo en las materias Introducción a la Química, materia de primer año de los profesorados de Química y de Física, de la Universidad Nacional de Río Negro y Química General, materia de primer año de la Licenciatura en Biología, Universidad N. del Comahue, de San Carlos de Bariloche, Ambos cursos recibieron la misma enseñanza que sigue sistemáticamente el texto Química de Raymond Chang y en ambos casos el equipo de cátedra es el mismo.

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 ($\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{HCl}$ y NaOH/HCl) no incluyeron uso de peachímetro.

Tanto las clases teóricas como los ejercicios numéricos siguieron la secuencia planteada por el libro de texto (capítulos 1 al 4). El examen parcial de la asignatura química abarcó los temas: masa atómica, masa molar, estequiometría, reactivo limitante y en exceso, reacciones de precipitación, ácido-base y de óxido-reducción, concentraciones de disoluciones, preparación de disoluciones y titulaciones.

La simulación empleada fue: “Titulación ácido base”, de la página web de Química de Chang 11° edición, capítulo 16, (Student Center, Animations). En la simulación 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. A esta simulación se accede 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

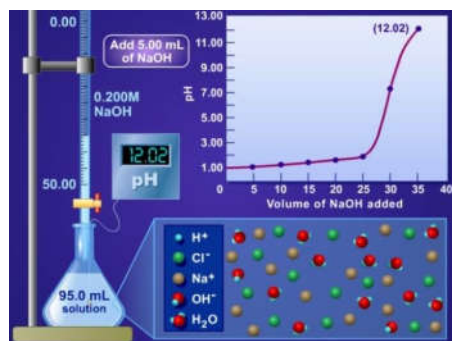


Fig. 1. Captura de pantalla de la simulación empleada.

3 Evaluación alternativa del tema titulación ácido base a través de una simulación

Esta actividad consistió en la proyección de la simulación como una instancia final de evaluación, integradora y conceptual, del tema de titulaciones ácido-base. Esta experiencia se llevó a cabo con posterioridad a que los estudiantes acudieran a clases teóricas, de problemas, laboratorio y examen parcial tradicional.

La simulación se proyectó al grupo de alumnos y se les solicitó atención dado que iban a tener que escribir sobre lo que veían en la simulación proyectada. Se pasó varias veces antes de formular la pregunta y durante la actividad las veces que los alumnos lo solicitaron. La simulación se cortó siempre cuando se alcanza un pH de 12,02, es decir después del agregado de 35 mL de NaOH, dado que después se muestra el resultado. Se pasó sin sonido, ya que está en idioma inglés, de manera que los estudiantes quedan solamente expuestos al estímulo visual.

Luego se les pide que contesten la siguiente pregunta “¿A qué resultado final se arribaría en esta titulación? Explique”.

En el análisis de los resultados se observó que solo 9 estudiantes de 54 (17%) que participaron en esta actividad, realizaron una resolución algorítmica correcta del problema, es decir arribaron a la respuesta final de la concentración del ácido clorhídrico (0,100 M).

El 52% del total de los estudiantes respondió la pregunta sin realizar cálculos. Ninguno utilizó la ecuación de $[H^+] = 10^{-pH}$, con la cual hubieran arribado a la concentración de 0,100 M, dado que el cálculo de pH todavía no se había enseñado. Por otro lado, llamó la atención que ningún alumno arribara al resultado final de la titulación por estimación mental, lo que estaría indicando cierta dificultad para hacerlo. Por ejemplo empleando razonamientos del tipo: “se gastaron 30,0 mL de NaOH 0,200 M para neutralizar 60,0 mL de HCl, por lo tanto es la mitad de concentrado (0,100M) dado que la relación es 1 mol a 1 mol”. Esta dificultad ya se había manifestado en la instancia anterior de laboratorio cuando se solicitó una anticipación del volumen a gastar en las dos titulaciones que los estudiantes llevarían a cabo.

Una causa de estos inconvenientes puede radicar en la dificultad en inferir de la simulación el dato significativo del volumen final o de neutralización, sólo 19 estudiantes (35%) mencionaron a 30 mL como volumen final y/o lo utilizó para resolver el problema. De hecho, 8 de los alumnos evaluados (15%) utilizó erróneamente como volumen de neutralización el volumen de 35 mL, que es el volumen hasta el cual se mostró la simulación. Por otra parte, 18 alumnos (33%) hizo explícita la relación 1 mol de NaOH a 1 mol de HCl, relación esencial para plantear los cálculos.

El 83% no arribó al resultado final correcto de cálculo de la concentración sin embargo en el ejercicio de titulación que se tomó en la instancia de parcial ocurrió esto con el 50% de los estudiantes. Esta diferencia puede deberse a la presentación diferente del problema que plantea la simulación, dado que muchos de estos estudiantes tuvieron dificultades en identificar el punto de equivalencia o punto estequiométrico, debido a que éste había que inferirlo de la simulación.

El formato o enunciación del problema influyó en la resolución del mismo. Una posible razón es, atendiendo a los antecedentes de la línea de investigación de resolución de problemas conceptuales versus algorítmicos, la razón más probable es que muchos estudiantes tienden a emplear algoritmos de una forma mecánica en la resolución de una situación de química.

4 Actividad de verificación de resultados expresados por una simulación.

Esta actividad consistió en la proyección de la simulación como una actividad alternativa de resolución de problemas del tema de titulaciones ácido-base. Esta experiencia se llevó a cabo con 27 estudiantes que realizaron la actividad anterior, pero luego de transcurrido cuatro meses, cuando abordaban el tema equilibrio ácido-base.

En esta oportunidad se proyectó la simulación varias veces, se recordó el objetivo de la misma, el resultado obtenido y se profundizó en el cálculo de pH ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ y $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$).

Posteriormente se les entregó una hoja con la figura de la captura de pantalla correspondiente (Figura 2) y la consigna de: “Verificar la veracidad del resultado de pH (1,93) obtenido en la siguiente titulación ácido base”. Lo que muestra la simulación corresponde a un problema tradicional que podría ser enunciado como: “A 60,0 mL de una solución de HCl de $\text{pH} = 1,00$ se le agregan 25,0 mL de solución 0,200 M de NaOH ¿cuál es el pH final de la mezcla?”.

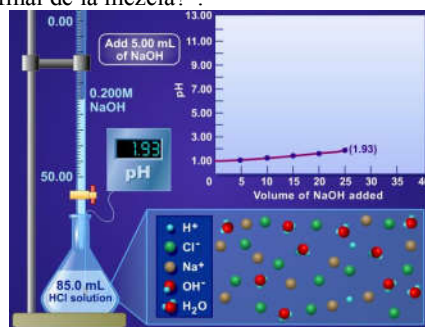


Fig. 2. Captura de pantalla de la simulación empleada.

Los resultados mostraron que solo 4 alumnos del total de 27 pudieron realizar bien la tarea de verificación de la simulación.

La captura de pantalla de la simulación utilizada muestra que con el agregado de 25,0 mL de disolución de NaOH 0,200 M, el volumen en el Erlenmeyer alcanza los 85,0 mL y el peachimetro marca 1,93. La actividad propuesta consistía en verificar ese resultado de pH y para ello los estudiantes deben aplicar la fórmula de pH ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$), pero previamente tienen que calcular cuántos moles de H^+ están presentes en los 60 mL iniciales de disolución de HCl, cuántos moles de OH^- se agregaron, plantear la relación estequiométrica, hallar el número de moles de H^+ remanentes presentes en los 85 mL, calcular su concentración molar y realizar el cálculo de pH.

Solo 13 estudiantes aplicaron el algoritmo $10^{-1,93} = 0,0118 \text{ M}$, y 5 lograron plantear la cantidad de moles presentes en 60,0 mL 0,100 M de HCl y en 25,0 mL 0,200 M de NaOH y arribaron a la cantidad remanente de iones H^+ (0,001 moles de H^+). Pero solamente 4 relacionaron esos 0,001 mol de H^+ con su volumen de 85,0 mL (0,0118 M) de solución y arribaron al resultado correcto.

5 Selección de simulaciones y elaboración de una secuencia de enseñanza adecuada del tema titulaciones ácido-base

Esta actividad consistió en la búsqueda de simulaciones para una enseñanza adecuada del tema titulaciones ácido-base y la elaboración de una secuencia progresiva de presentación, que favorezca el establecimiento de relaciones apropiadas entre los niveles de representación, que atienda las dificultades mencionadas y que ayude a construir un modelo mental apropiado del procedimiento químico.

La secuencia propuesta incluye tres etapas: (a) primero acceder a una imagen submicroscópica de un ácido fuerte y de una base fuerte, (b) luego a imágenes de la reacción entre ellos y, por último, (c) visualizar el dispositivo y procedimiento de una titulación.

Se priorizó en la selección las simulaciones que incluyeran buena visualización a nivel atómico (iones y moléculas). Luego de un exhaustivo proceso de búsqueda se presenta a continuación las simulaciones seleccionadas y sugeridas para cada una de las tres etapas y un breve comentario de las mismas:

a) Simulaciones sobre la disociación completa de ácidos y bases fuertes:

<http://www.deciencias.net/proyectos/0cientificos/Tiger/paginas/StrongAcidIonization.html>

Muestra la disociación total del ácido clorhídrico en aniones cloruro y cationes hidronio, aparecen las moléculas del solvente. Si bien da una imagen tridimensional, las situaciones iniciales y finales son estáticas.

<https://phet.colorado.edu/es/simulation/acid-base-solutions>

En esta simulación “soluciones ácido-base” (Figura 3) se observan situaciones submicro correspondientes a soluciones acuosas de ácidos y bases. Es muy completa dado que permite modificar variables: ácido o base, fuertes y débiles, fuerza ácida, concentración, mostrar moléculas de agua, incorporar pHímetro, indicador, conducción eléctrica a través de un circuito con lamparita. Presenta la ecuación química de disociación. Brinda imágenes de partículas tridimensionales pero estáticas.

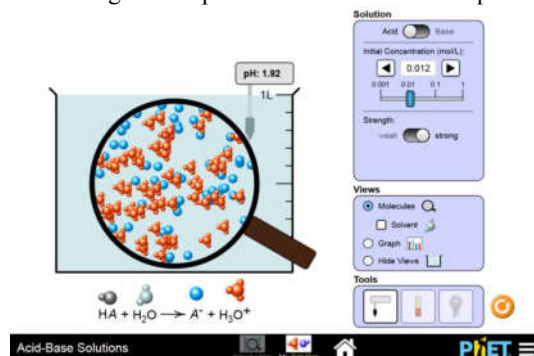


Fig. 3. Captura de pantalla de la simulación.

http://glencoe.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::640::480::/sites/dl/free/0076656101/931054/Acid_Ionization.swf::Acid Ionization

Esta simulación combina las representaciones macro, submicro, simbólicas y gráfico de barras. Presenta las ionización de un ácido fuerte HCl y de un ácido débil HF. Muestra las partículas en movimiento y choques entre ellas, aunque al no aparecer las moléculas de agua da la apariencia de un gas, más que de una disolución acuosa.

b) Simulaciones sobre la reacción entre ácido y base fuertes

http://www.deciencias.net/proyectos/0cientificos/Tiger/paginas/DoubleDisp_Reaction-AcidToBase.html

En esta simulación (Figura 4) se puede ver inicialmente al ácido fuerte (HCl) y a la base fuerte (NaOH) totalmente disociados y por separado, aunque aparecen pocas partículas (solo 4 iones en cada caso). Luego al mezclar ambas disoluciones se aprecia la formación de moléculas de agua y que los iones sodio y cloro permanecen como espectadores. Las cantidades que se presentan son estequiométricas. Se forman 6 moléculas de agua, las moléculas de agua como solvente no figuran. Finalmente muestra la ecuación química ajustada.

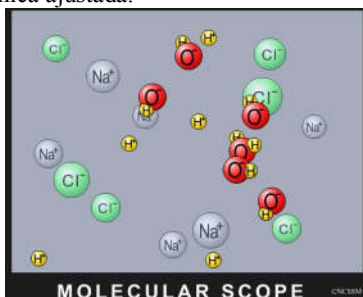


Fig. 4. Captura de pantalla de la simulación.

http://glencoe.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::640::480::/sites/dl/free/0076656101/931043/neut_reactions.swf::Neutralization Reactions

Esta simulación solicita realizar cálculos estequiométricos. Muestra un equipo de titulación con la base en la bureta y el ácido en el Erlenmeyer; sin embargo, ilustra las reacciones de neutralización (HCl/NaOH y H₂SO₄/NaOH) sin llevar adelante el procedimiento de una titulación, por ello pertenece al capítulo 4 de reacciones químicas del libro de Chang. Al comienzo brinda la ecuación química ajustada y solicita al usuario elegir entre 4 opciones el volumen de la base (NaOH: 0,250 M) que neutralizará a ese volumen de ácido (25,0 mL: 0,100 M). Si se acierta, explicita los cálculos realizados y luego permite obtener una visión submicro con pocas partículas, sin moléculas de solvente.

c) Simulaciones sobre titulaciones ácido base fuertes

http://highered.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0023654666/117354/Titration_Nav.swf::Titration Simulation

Esta simulación, perteneciente al capítulo 15 del libro de Chang, puede servir para introducir la temática de titulaciones dado que es más sencilla. Muestra ácido clorhídrico en la bureta (1,00 M) y 100 mL de hidróxido de sodio en el Erlenmeyer. Permite

cambiar la concentración de la base y el número de gotas que se agregaran por segundo. Se destacan los tres gráficos que siguen el proceso: dos gráficos de barras y uno cartesiano de pH versus los mL de ácido añadidos (curva de titulación). Es cuestionable el hecho de que la disolución de la base aparece de color rosa y la del ácido de color azul; y que en el punto de equivalencia ($\text{pH} = 7$) cambia de color la disolución de la base de rosa a azul. Presenta la ecuación química ajustada y no muestra lo que ocurre a nivel molecular.

http://www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfiles/stoichiometry/acid_base.html

Esta simulación permite elegir: (1) titular un ácido fuerte o uno débil, ambos con base fuerte, (2) si va en la bureta el ácido o la base, (3) la base y el ácido entre 4 opciones, (4) el indicador entre dos opciones (la disolución puesta en el Erlenmeyer aparece en color). Se titula de a gotas de 0,02 mL o se puede agregar un volumen determinado de una sola vez. El punto de equivalencia se determina por el cambio de color. Tiene agitador magnético. Una vez concluida la titulación permite insertar el resultado calculado por el usuario y devuelve como respuesta correcto o incorrecto. No aparecen imágenes de partículas.

http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfiles/stoichiometry/a_b_phtitr.html

Esta simulación es muy similar a la anterior pero incorpora un peachímetro (Figura 5). El peachímetro se inserta en un vaso de precipitado. Cuando se produce el cambio de color por el agregado de una gota el cambio de pH es brusco (de 10,8 a 2,4 por ejemplo). Da la opción de gráfico (curva de titulación) pero no funciona bien.

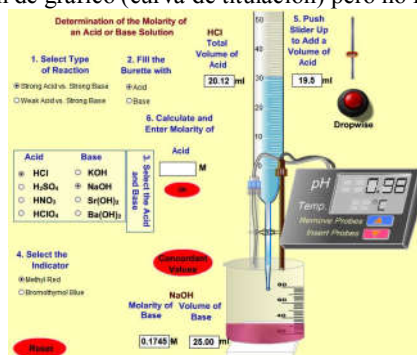


Fig. 5. Captura de pantalla de la simulación.

http://glencoe.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::640::480::sites/dl/free/0076656101/931055/Acid_Base_Titration.swf::Acid-Base_Titrations

Finalmente, la simulación discutida en las dos primeras actividades de este trabajo, perteneciente al capítulo 16 del libro de Chang, resulta ser de las más completas. Dado que muestra los cuatro niveles de representación de una forma sincronizada, lo que facilita la discusión de situaciones conceptuales que apoyen la construcción de un modelo mental más complejo. Esta simulación también se encuentra en: <http://users.skynet.be/eddy/titratie.swf>

6 Conclusiones

Como señala Burbules (2008, p. 33) “(...) *la tecnología nunca es sólo una máquina o un objeto en sí mismo; es siempre el objeto y cómo se utiliza.*” En este caso simulaciones que fueran creadas para la enseñanza las empleamos en formas diferentes a las tradicionales. De esta manera pudimos comprobar que los alumnos que habían podido aprobar el examen parcial de la asignatura también pudieron comprender los diferentes lenguajes que se presentan en una simulación. Sin embargo, el modo de enunciar la consigna influyó en la resolución de la actividad. Esto demuestra que si bien puede existir una comprensión conceptual del tema, integrando la densidad de contenidos que implica el tema de titulación, puede existir todavía problemas de transferencia de conocimiento debido a las mediaciones del contenido. Lo mismo pudo suceder en el caso de la verificación de los resultados que muestra una simulación. Estos resultados fueron los que nos llevaron a proponer la secuencia de actividades con simulaciones para crear un modelo mental más complejo a partir del uso de múltiples representaciones y la posibilidad de traducción entre representaciones.

Referencias bibliográficas

1. Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformation. *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
2. Burbules, N. C. (2008). Riesgos y promesas de las TIC en la educación. ¿Qué hemos aprendido en estos últimos diez años? En: J. C. Tedesco y otros, *Las TIC: del aula a la agenda política* (pp. 31-40). Buenos Aires: UNESCO
3. Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y. y Sung, Y. T. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, 51(4), 1486-1498.
4. Lion, C. (2006). El tecnocimiento. En C. Lion, *Imaginar con tecnologías. Relaciones entre tecnología y conocimiento* (pp. 85-102). Buenos Aires: Editorial Stella, Ediciones La Crujía
5. Machková, V. y Bilek, M. (2013). Didactic analysis of the web acid-base titration simulations applied in pre-graduate chemistry teachers education. *Journal of Baltic Science Education*, 12(6), 829-839.
6. Martínez-Jiménez, P., Pontes-Pedrajas, A., Polo, J. y Climent-Bellido, M. S. (2003). Learning in chemistry with virtual laboratories. *Journal of Chemical Education*, 80(3), 346-352.
7. Raviolo, A. (2012). Re-creando simulaciones con la hoja de cálculo. *Educación Química*, 23(1), 11-15.
8. Rutten, N., van Joolingen, W. R. y van der Veen, J. T. (2011). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136-153.
9. Sheppard, K. (2006). High school students' understanding of titrations and related acid-base phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(1), 32-45.
10. Talanquer, V. (2014). Simulaciones computacionales para explorar y construir modelos. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 76, 8-16.
11. Winberg, T. M. y Berg, C. A. (2007). Students' cognitive focus during a chemistry laboratory exercise: effects of a computer-simulated prelab. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1108-1133.