

Para reflexionar

¿CÓMO NOS PUEDEN AYUDAR LAS SIMULACIONES EN EL TEMA ÁCIDO-BASE?: DETECCIÓN DE PROBLEMAS DE APRENDIZAJE Y POSIBLES SECUENCIAS DE ENSEÑANZA

Andrés Raviolo, Andrea S. Farré

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

E-mail: araviolo@unrn.edu.ar; asfarré@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 los resultados de dos actividades implementadas con alumnos de primer año de universidad: (1) Evaluación alternativa del tema titulación ácido-base a través de una simulación y (2) Actividad de reformulación de un problema o verificación de los resultados de una simulación. Con el fin de superar las dificultades observadas se llevó adelante otra actividad consistente en: (3) Selección de simulaciones y elaboración de una secuencia de enseñanza para el tema titulaciones ácido-base.

Palabras clave: enseñanza de la química, titulaciones ácido-base, simulaciones, secuencia.

How can acid-base simulations be of help? Detection of learning difficulties and possible teaching sequences

Abstract. This paper discusses certain issues related to the use of simulations in the teaching of acid-base titrations topic. It also shows results of two activities carried out with first year university students: (1) alternative evaluation of acid-base titrations topic through a simulation and (2) reformulation activity of a problem or verification of the results of a simulation. In order to overcome the observed difficulties a third activity was carried on consisting of: (3) selection of simulations and creation of a teaching sequence for the acid-base titration topic.

Key words: chemistry teaching, acid-base titrations, simulations, sequence.

INTRODUCCIÓN

Las simulaciones computacionales se utilizan en la enseñanza de la química para incrementar la claridad de las exposiciones y apoyar las actividades experimentales en el trabajo de laboratorio. Sin embargo, existen todavía algunas preguntas de investigación con respuesta aún pendiente como por ejemplo, en qué momentos o contextos los docen-

tes utilizan una simulación en sus clases y qué relaciones se presentan entre los experimentos reales de laboratorio y los simulados (Rutten y otros 2012).

Con respecto a este último interrogante, la investigación educativa ha exhibido 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, orientándolos en la construcción de hipótesis (Rutten y otros 2012). Por otro lado, Chang y otros (2008) encontraron, en el caso de un tema de óptica, que los estudiantes con mejores habilidades de razonamiento abstracto se beneficiaron más de un aprendizaje basado en una simulación, que en un experimento.

Los resultados de la investigación educativa no son concluyentes a favor de que se obtengan más beneficios desde un experimento simulado que de uno real. Se argumenta que las simulaciones o los videos permiten observaciones más claras que los experimentos reales, al permitir pasarlás 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 por la existencia de una tendencia de adaptar la evidencia a lo que uno cree. Estos investigadores observaron que, por el contrario, un mal experimento, por ejemplo con un 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. Además, Renken y Nunez (2013) encontraron que las simulaciones, sin alguna forma de guía, no implican una mejora en la

comprensión conceptual, ni en 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 como facilitan 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 figuran 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, y mostraran 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.

En el caso de las simulaciones de experiencias de titulación ácido-base, Machlová y Bílek (2013) realizaron un análisis didáctico de 35 de ellas, las cuales estaban disponibles en forma libre en Internet. Encontraron que obedecen a una gran diversidad de objetivos educativos y presentan distintas calidades. En su mayoría estas simulaciones 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 pHímetro, 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 una simulación con especial cuidado, procediendo de la misma manera que se debería hacer con otros recursos didácticos antes de llevarlos al aula.

El interés particular sobre este tipo de simulaciones se debe a que constituyen otra forma de abordar temas que resultan de difícil aprendizaje. En el caso del aprendizaje de las reacciones ácido-base, se observa que se presentan las mismas concepciones alternativas encontradas para el cambio químico en general (Andersson, 1990). Muchos estudiantes consideran a la reacción de neutralización como una mezcla física y, por lo tanto, no pueden identificar los productos de la reacción (Sheppard, 2006), para ellos la neutralización estaría determinada por un número relativo de las partículas y no por la interacción entre ellas. También, suelen atribuir un rol especial a alguno de los reactivos, como por ejemplo considerar al ácido como más "poderoso" o "dominante" que la base.

Específicamente sobre la titulación ácido-base, Sheppard analizó cómo los estudiantes interpretan la curva de titulación de una base fuerte con un ácido fuerte y encontró que algunos estudiantes afirman, al observar el leve cambio de pH que ocurre al comienzo de la titulación, que los reactivos se mezclaron pero que la reacción todavía no se produjo. 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 concluye que las dificultades devienen del hecho de 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, teoría de colisiones y equilibrio químico. 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.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, 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 valorar la comprensión de los conceptos al mismo tiempo que la interpretación de los diferentes lenguajes que están presentes en la simulación. De esta manera empleamos estrategias de evaluación coherentes con los objetivos de aprendizaje y con las estrategias de enseñanza, respondiendo al mismo tiempo a recomendaciones recientes sobre las formas de evaluar (Redecker y Johannessen, 2013).
- **Actividad de verificación de los resultados de una simulación:** Este tipo de actividad consiste en desafiar a los estudiantes a verificar la veracidad de los resultados expresados por una simulación. De esta manera, los estudiantes deberían identificar y reproducir los modelos matemáticos y ecuaciones que subyacen en la simulación, ya que generalmente este tipo de programas se presentan como una caja negra, sin especificar la forma a la que se arriban a los resultados (Raviolo, 2012).
- **Selección de simulaciones y elaboración de una secuencia de enseñanza para el tema titulaciones ácido-base:** En la secuencia de simulaciones seleccionadas concebimos a las mismas 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, considerando las problemáticas de la modelización

y de la interactividad (Lion, 2006). Con respecto a la modelización tuvimos en cuenta que las simulaciones seleccionadas representarían los sistemas modelados de forma fidedigna, centrarían la atención en conceptos y propiedades importantes de los contenidos representados, recurrirían a múltiples representaciones y presentarían controles simples, casi intuitivos (Talanquer, 2014).

METODOLOGÍA

Las dos primeras acciones fueron llevadas a cabo en las materias Introducción a la Química, materia de primer año de los profesados 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. Tanto las clases teóricas como los ejercicios numéricos siguieron la secuencia planteada por el libro de texto. En ambos casos el equipo de cátedra es el mismo. En las clases previas a que se realizaran las acciones, se emplearon habitualmente animaciones y simulaciones pero las mismas ilustraban la explicación del docente como otra forma de exponer el contenido.

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. Además habían rendido el examen parcial de la asignatura que 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", perteneciente a la página web de Química de Chang, 11^o 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-BaseTitrations

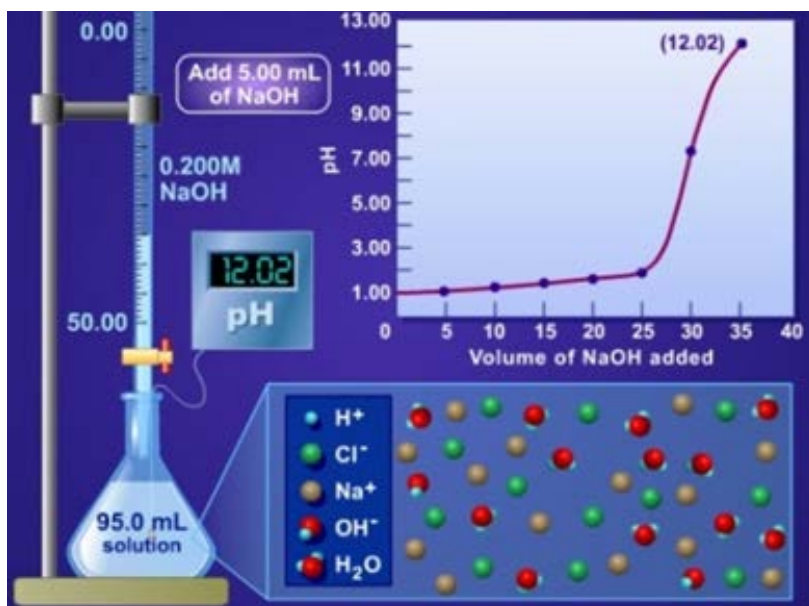


Figura 1. Captura de pantalla de la simulación empleada.

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 que incluía un problema sobre titulaciones ácido-base.

La simulación se proyectó al grupo de alumnos y se les solicitó atención dado que iban a tener que responder sobre lo que veían en la simulación proyectada. Se pasó varias veces antes de formular las preguntas 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 la simulación muestra el resultado. Se pasó sin sonido, ya que está en idioma inglés, de manera que los estudiantes quedan solamente expuestos al estímulo visual.

El cuestionario entregado a los estudiantes consistió en dos actividades de etiqueteo de los materiales y entidades que se observan en la simulación, una actividad: "En un texto no menor a 15 renglones desarrolle lo que muestra la simulación" y dos preguntas: "¿Qué es una titulación?" y "¿A qué resultado final se arribaría en esta titulación? Explique". En este artículo mostramos aspectos cuantitativos de las respuestas a esta última pregunta. En otro artículo (Raviolo y Farré, 2017) se desarrollan

los resultados cuanti y cualitativos completos.

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). Estos alumnos también habían aprobado el examen parcial y el problema que evaluaba el tema titulación ácido-base.

El 52% del total de los estudiantes respondió la pregunta sin realizar cálculos. Ninguno utilizó el valor del pH del HCl previo a la adición de NaOH y consiguientemente 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.

Llamó la atención que tampoco 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.

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. 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 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.

Por lo tanto, el formato de presentación 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 (Nurrenbern y Pickering, 1987), la razón más probable es que muchos estudiantes tienden a emplear algoritmos de una forma mecánica en la resolución de una situación de química.

ACTIVIDAD DE VERIFICACIÓN DE RESULTADOS EXPRESADOS POR UNA SIMULACIÓN

Esta actividad consistió en proyectar la misma simulación utilizada en el caso anterior, pero aquí se la utilizó como una actividad alternativa de resolución de problemas del tema de titulaciones ácido-base. En este caso, no ya para averiguar la concentración del ácido titulado, sino para realizar los cálculos que den cuenta del pH en distintos puntos de la curva de titulación. 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". Esta consigna tiene su correlato en un problema tradicional que podría ser enunciado como: "A 60,0 mL de una solución de HCl de pH = 1,00 se le agregan 25,0 mL de solución 0,200 M de NaOH ¿cuál es el pH final de la mezcla?". Al respecto, los estudiantes podrían ser desafiados con la siguiente consigna, de naturaleza metacognitiva, consistente en solicitarles que formulen como un problema "típico de libro" esta tarea de verificación.

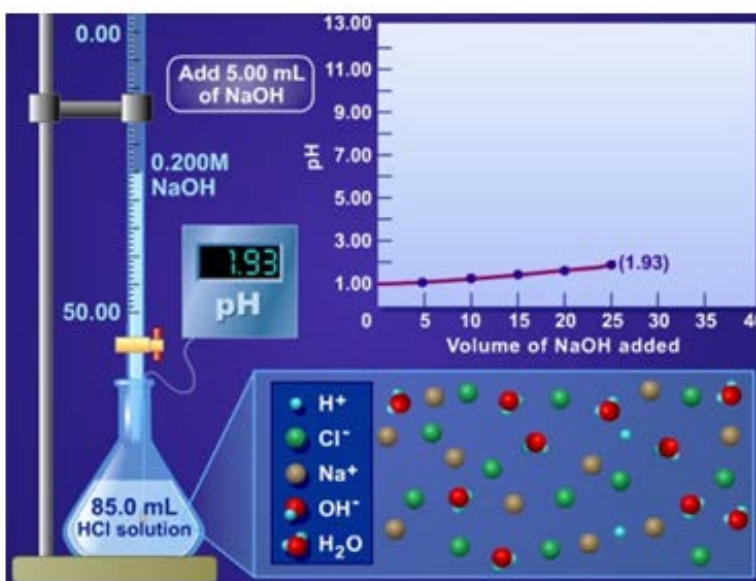


Figura 2. Captura de pantalla de la simulación empleada.

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 peachímetro 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. Estos resultados son un llamado de atención, dado que muchos estudiantes no aplicaron sus conocimientos de disoluciones y de estequiometría en este caso, a pesar de que lo hacían correctamente unos meses atrás. Se manifestó cierta resistencia a encarar el problema, a descomponerlo en partes, a integrar de una forma sumativa conceptos vistos en distintos momentos del año.

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 la elaboración de una secuencia progresiva de presentación, que favorezca el establecimiento de relaciones significativas entre los niveles de representación, que atienda las dificultades mencionadas y que ayude a construir un modelo mental más completo del procedimiento químico. Esto es así porque las simulaciones ofrecen una visualización dinámica de los fenómenos, por lo cual se priorizó en la selección las simulaciones que incluyeran buenas visualización a nivel atómico (iones y moléculas).

La secuencia propuesta incluye tres etapas: (a) en primer lugar, acceder a una imagen submicroscópica de un ácido fuerte y de una base fuerte, (b) en segundo lugar, a imágenes de la reacción entre ellos y, por último, (c) visualizar el dispositivo y procedimiento de una titulación, incorporando las visualizaciones de las dos primeras etapas.

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. Como podrá compro-

barse, en general estas simulaciones pueden ser clasificadas como animaciones, ya que en su mayoría permiten la visualización de aspectos cualitativos y la interactividad es pobre:

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.

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 la 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. Esta simulación además permite trabajar con diferentes teorías ácido-base, ya que a diferencia de las anteriores al no representar las moléculas de agua, tampoco se observan los iones hidronio.

<http://www.bionova.org.es/animbio/anim/acibas.swf>

Esta animación muestra la ionización del agua, la formación de hidronio, la disociación del HCl y del NaOH, conjuntamente con una escala de pH. Se sugiere especialmente para brindar una imagen submicroscópica de la disociación de una base fuerte. Si bien gráficamente posee algunos errores, es interesante porque tiene texto y narración en español.

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

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

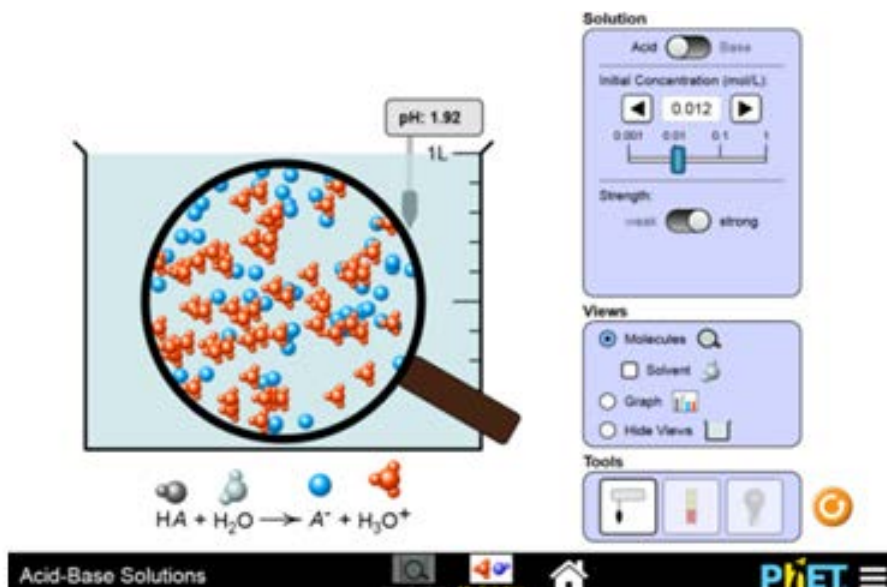


Figura 3. Captura de pantalla de la simulación.

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. Finalmente muestra la ecuación química ajustada.

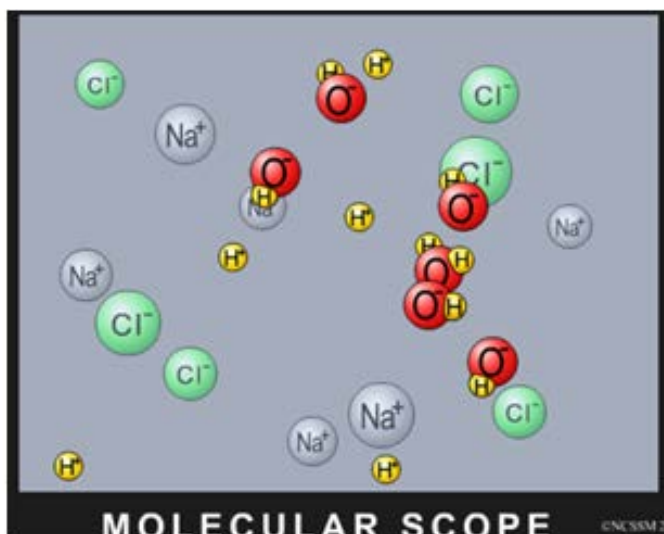


Figura 4. Captura de pantalla de la simulación.

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 marca la respuesta correcta 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 (pH=7) cambia de color la disolución de la base de rosa a azul bruscamente. Estos colores no son a los que los alumnos están habituados, y pueden corresponder a algún indicador pero no se hace referencia a esto. 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.

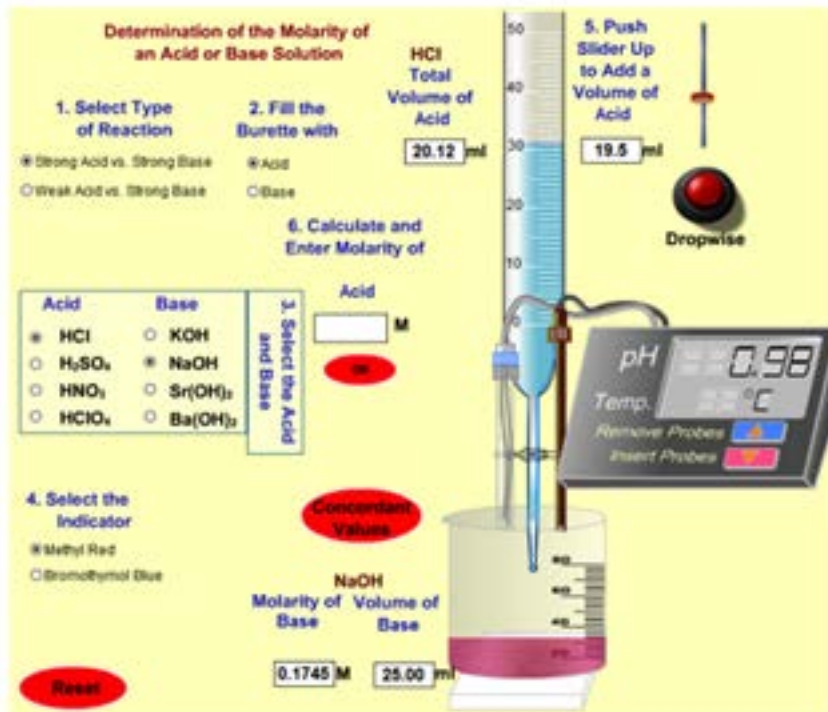


Figura 5. Captura de pantalla de la simulación.

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

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>

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. Pudimos comprobar que los alumnos que habían aprobado 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. Así, la mayoría de los alumnos a pesar de conocer cuál es objetivo de realizar titulaciones no lograron calcular la concentración deseada. Esto demuestra que si bien puede existir una comprensión conceptual del tema, integrando la variedad de contenidos que implica el tema de titulación, pueden 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.

Una interacción aislada con una simulación no produce los efectos de aprendizaje esperados, dado que la mayoría de las simulaciones de química muestran en una imagen un conjunto interrelacionado de lenguajes. Muchos estudiantes presentan dificultades en comprender esos lenguajes particulares; por ejemplo, el planteo y lectura de una ecuación química, la diferencia entre coeficiente estequiométrico y subíndice, la interpretación de un gráfico, o los distintos significados que puede otorgársele a un círculo en un diagrama de partículas. En nuestras experiencias, hemos notado que la visualización de la simulación, empleada en formas no habituales de utilizarla, no ha beneficiado a estudiantes con mayores dificultades en cursos de química general (notas bajas en parciales, menores capacidades de abstracción). Por el contrario, el cambio en el formato de la tarea, desde un enunciado tradicional de ejercicio de libro de texto a una situación problema desde una simulación, produjo desconcierto en estudiantes que resuelven correctamente esos ejercicios tradicionales y esto puede deberse a varios factores, entre ellos: (a) a dificultades conceptuales en la comprensión del fenómeno, (b) a la tendencia a no relacionar los conceptos vistos en distintas unidades y concebirlos como compartimentos estancos y (c) a la exposición simultánea a distintos lenguajes/niveles de representación que se muestran en distintas ventanas. Son justamente estos factores los que intentamos tener en cuenta en la secuencia de simulaciones que presentamos. Pretendemos que el trabajo con múltiples representaciones ayuden a construir e integrar los conceptos necesarios para allanar las dificultades de aprendizaje que conciernen el tema de las titulaciones ácido-base.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformation. *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- 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
- 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.
- Lion, C. (2006). El tecnoconocimiento. En C. Lion, *Imaginar con tecnologías. Relaciones entre tecnología y conocimiento* (pp. 85-102). Buenos Aires: Editorial Stella, Ediciones La Crujía.
- Machková, V. y Bílek, 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.
- Martinez-Jimenez, 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.
- Nurrenbern, S. y Pickering, M. (1987). Concept learning versus problem solving: is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64(6), 508-510.
- Raviolo, A. (2012). Re-creando simulaciones con la hoja de cálculo. *Educación Química*, 23(1), 11-15.
- Raviolo, A. y Farré, A. (2017). Una evaluación alternativa del tema titulación ácido-base a través de una simulación. *Educación Química*, en prensa.
- Redecker, C. y Johannessen, Ø. Changing Assessment -Towards a New Assessment Paradigm Using ICT. *European Journal of Education*, 48(1), 2013.
- 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.
- Sheppard, K. (2006). High school students' understanding of titrations and related acid-base phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(1), 32-45.
- Talanquer, V. (2014). Simulaciones computacionales para explorar y construir modelos. *Alambique*, 76, 8-16.
- 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.