

# *Ideas para el aula*

## **TICs Y ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA: ESTEQUIOMETRÍA CON LA BARRA DE DESPLAZAMIENTO**

**Andrés Raviolo**

Universidad Nacional de Río Negro y Universidad Nacional del Comahue.  
Bariloche. Argentina  
[araviolo@bariloche.com.ar](mailto:araviolo@bariloche.com.ar)

### **Resumen**

En este artículo se muestra una aplicación concreta de las TICs como herramienta en la enseñanza y aprendizaje de la química. Se describe un método simple y conceptual que emplea la hoja de cálculo y la barra de desplazamiento para enseñar estequiometría. En una secuencia, con grado creciente de dificultad química e informática, se presentan simulaciones que se espera que sean realizadas totalmente por los estudiantes.

**Palabras clave:** TICs, enseñanza de la química, hoja de cálculo, barra de desplazamiento, estequiometría.

### **ICTs and chemistry teaching: stoichiometry with the scroll bar**

#### **Abstract**

In this article a concrete application of ICTs as tool in teaching and learning of chemistry is showed. A simple, conceptual method is described for using the spreadsheet scroll bar to teaching stoichiometry. In a progressive sequence of increasing difficulty (chemical and technological) various simulations are presented which can be carried out by the students themselves.

**Key words:** ICTs, chemistry teaching, spreadsheets, scroll bar, stoichiometry.

## **INTRODUCCIÓN**

En este artículo se presenta un método para resolver problemas de estequiometría utilizando la hoja de cálculo (por ejemplo, Excel y Calc) y la barra de desplazamiento. Esta aplicación constituye un aporte concreto al proceso de inclusión masiva

de las TICs en la escuela media. Brinda un ejemplo sencillo para que los profesores lleven adelante actividades conceptuales de química con la computadora en la clase.

Los conceptos que se abordan son centrales: relaciones estequiométricas (con moles, gramos, volúmenes y concentraciones), reactivo limitante

y en exceso, rendimiento teórico, rendimiento real, porcentaje de rendimiento y equilibrio químico.

En un artículo anterior (Raviolo, 2011a) se han desarrollado consideraciones sobre el potencial y versatilidad de las hojas de cálculo para enseñar química y algunos ejemplos de actividades sencillas para realizar con los estudiantes. En otro artículo (Raviolo, 2011b) se ha profundizado el tema de las relaciones de la hoja de cálculo con las simulaciones, en especial una propuesta para verificar, recrear y profundizar simulaciones bajadas de Internet.

La secuencia de actividades seguida en este artículo podría ser utilizada como secuencia metodológica para trabajar con los alumnos; en la cual se incita, en todo momento, a la formulación de preguntas que conlleven a acciones orientadas a la búsqueda de respuestas con la hoja de cálculo.

La propuesta apunta a que, una vez enseñando el procedimiento, sean los propios alumnos los que elaboren estas simulaciones, ya sea con sus netbooks, con las computadoras de la sala de informática o en sus casas como tarea.

### 1. Estequiometría con número de moles

El método se basa en las relaciones estequiométricas que se establecen entre las sustancias en una reacción química. Una vez que la ecuación química está ajustada, por ejemplo para la reacción de descomposición del clorato de potasio, se realizan razonamientos del siguiente tipo:



Por cada dos moles que se descomponen de clorato de potasio se forman dos moles de cloruro de potasio y tres moles de oxígeno. Y, expresado en función de una cantidad genérica x de moles:

por cada 2x que disminuye la cantidad de clorato de potasio, aumenta en 2x la cantidad de cloruro de potasio y aumenta en 3x la de oxígeno.

Resulta conveniente expresar este razonamiento a través del planteo ICF (Inicial, Cambio, Final), por ejemplo si se parten sólo de 6 moles de clorato:

	$2\text{KClO}_3(\text{s})$	$\rightarrow$	$2\text{KCl}(\text{s})$	$+$	$3\text{O}_2(\text{g})$
Inicial:	6		0		0
Cambio:	-2x		+2x		+3x
Final:	6-2x		2x		3x

El método de simulación que se propone consiste en asignar un rango de posibles valores de x empleando la barra de desplazamiento en una hoja de cálculo y, sobre la base de las relaciones estequiométricas, determinar las cantidades o las concentraciones de los reactivos y productos en cualquier momento de la reacción. Se construye una simulación como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Simulación estequiometría con moles

	A	B	C	D	E	F
1						
2			$2\text{KClO}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$			
3						
4		número	x	nKClO <sub>3</sub>	nKCl	nO <sub>2</sub>
5				mol	mol	mol
6				6	0	0
7		100	1,00	4,00	2,00	3,00
8						
9		<input type="text" value="100"/> <input type="button" value="←"/> <input type="button" value="→"/>				
10						

Operaciones:

Celda B7: aparece el número asignado con la barra de desplazamiento

Celda C7: =B7/100

Celda D7: =D6-2\*C7

Celda E7: =E6+2\*C7

Celda F7: =F6+3\*C7

Para insertar la barra de desplazamiento en el programa Excel se procede de la siguiente manera. En la versión 2003, las barras de desplazamiento se insertan desde: *Ver, Barra de herramientas, Formularios*, se hace clic en *Barras de desplazamiento* y se dibujan en la hoja. En la versión 2007, con *Botón de Office, Opciones de Excel, Comandos disponibles en, Ficha del programador, Insertar controles, Agregar, Aceptar*, aparece en la parte superior de la pantalla (barra de herramientas de acceso rápido) un icono de Insertar controles. Las barras de desplazamiento se insertan desde esa barra: *Insertar controles, Controles de formulario, Barra de desplazamiento*.

Una vez insertada la barra de desplazamiento, sobre ella y con el botón derecho del mouse se abre *Formato de control* y se completa *Valor mínimo, Valor máximo, Incremento y Vincular con la celda*, como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2.** Cuadro de dialogo para dar formato a la barra de desplazamiento



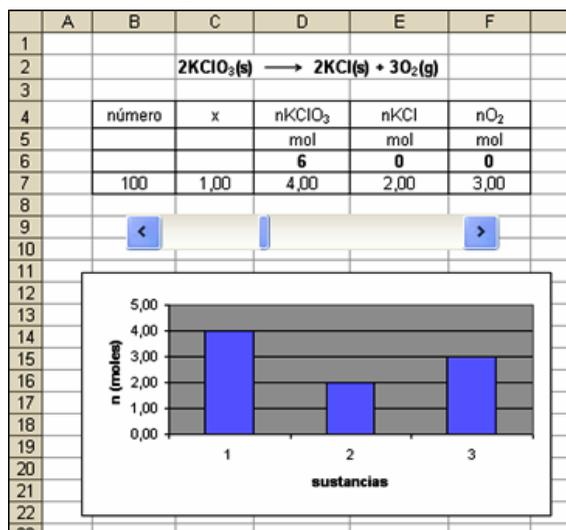
Dado que como valor mínimo no se puede insertar números decimales, en la celda C7 al valor asignado con la barra (celda B7) se lo divide por 100, el resultado constituye  $x$ . De esta forma  $x$  puede variar en 0,01, desde 0 hasta 3. En otras simulaciones, y para optimizar sus resultados, puede ser necesario cambiar por otro el número con que se divide al valor asignado por la barra.

En la Figura 1 se aprecia que cuando el número asignado por la barra es 100,  $x$  vale 1, y las cantidades de moles de las especies en ese momento son respectivamente 4, 2 y 3. La simulación permite introducir cantidades iniciales de las tres sustancias y calcular automáticamente las cantidades presente en un momento determinado. Nótese que el valor máximo asignado en el formato de control de la barra es 300 de modo de no tener valores negativos y postergar la discusión de este aspecto para más adelante al profundizar reactivo limitante y en exceso.

Preguntas a formular: ¿Cuántos moles de los productos se produjeron cuando se consumieron 2 moles del reactivo? ¿Cuántos moles de oxígeno se formaron cuando quedan 1,5 moles de clorato de potasio? ¿Cuáles son las cantidades máximas de productos que se formarán?

La simulación anterior se puede ampliar logrando un impacto visual mayor con la incorporación de un gráfico de barras, que se modificará automáticamente al desplazar el cursor de la barra de desplazamiento. Las cantidades presentes en distintos momentos de la reacción se pueden visualizar a través del gráfico de barras (Figura 3).

**Figura 3.** Simulación y gráfico relacionado de estequiometría con moles



Para insertar el gráfico, por ejemplo en Excel 2003, recurrimos a *Asistente de gráficos*, seleccionamos “Columnas” en *Tipo de gráfico*, elegimos el primer subtipo, *Rango de datos*, mar-

**Figura 4.** Simulación estequiometría con volúmenes

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2			$2\text{KClO}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$						
3									
4		número	x	nKClO <sub>3</sub>	nKCl	nO <sub>2</sub>	R	T	P
5				moles	moles	moles	atm.L/K.mol	K	atm
6				6	0	0			
7		100	1,00	4,00	2,00	3,00	0,082	273	1
8									Volumen O <sub>2</sub>
9									L
10									
11									

Operaciones

Celda I: =E7\*F7\*G7/H7

### 3. Estequiometría con masas

Una aplicación similar a la de la Figura 3 se puede realizar de forma tal de encarar relaciones estequiométricas con masas. Supongamos la reacción de formación de agua a partir de sus

camos las celdas D7, E7 y F7, las ingresamos. En la solapa *Serie* en *Rótulos del eje de categorías X* introducimos los nombres de las sustancias (“KClO<sub>3</sub>”; “KCl”; “O<sub>2</sub>”), *Siguiente*, nombramos en *Títulos* al eje de categorías X (sustancias) y al eje de valores Y (n moles).

### 2. Estequiometría con volúmenes

La simulación de la Figura 1 se puede modificar de forma tal que de respuestas a preguntas del tipo: ¿Qué volumen de oxígeno en condiciones estándar se obtienen cuando se descomponen dos moles de clorato de potasio? ¿Qué volumen se obtendrá si la presión es 0,9 atm y la temperatura 25 °C?

Considerando al oxígeno como un gas ideal y aplicando la ecuación  $V = nRT/P$ , se determina el volumen a 1 atm y 0 °C (273 K) (Figura 4).

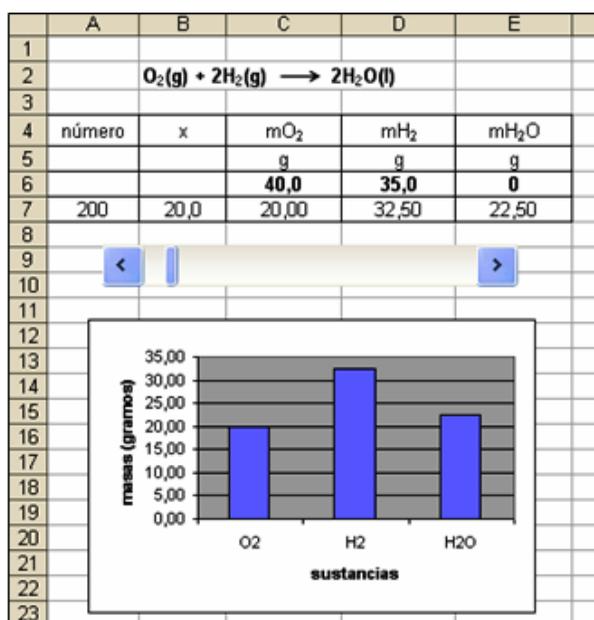
sustancias elementales: hidrógeno y oxígeno. Las relaciones estequiométricas nos dicen que 32 g de oxígeno reaccionan con 4 g de hidrógeno para obtener 36 g de agua.

La simulación de la Figura 5 permite dar respuesta rápidamente a preguntas del tipo: ¿Cuántos gramos de agua se producen con 10 g de oxígeno y suficiente hidrógeno? ¿Cuál es el reactivo limi-

tante si se mezclan inicialmente 40 g de oxígeno y 35 g de hidrógeno? ¿Cuál es la cantidad de reactivo en exceso? ¿Qué cantidad máxima de agua (rendimiento teórico) se obtiene?

En la simulación se aprecia que cuando la masa final de oxígeno es cero, las respectivas de hidrógeno y agua son 30 g y 45 g. Para responder a la pregunta: ¿Cuántos gramos de oxígeno faltarían para que reaccione totalmente el hidrógeno? basta con llevar la cantidad de hidrógeno a cero y apreciar que en la celda de la masa final de oxígeno figura “-240” g. Acá será necesario discutir con los estudiantes el significado que otorgamos a estas cantidades negativas: “la cantidad que falta”.

Figura 5. Simulación estequiometría con masas



Operaciones:

Celda B7: =A7/10

Celda C7: =C6-1\*B7

Celda D7: =D6-B7\*4/32

Celda E7: =E6+B7\*36/32

Tarea: Construir una simulación con la barra de

desplazamiento para la reacción de descomposición de 500 g de clorato de potasio.

#### 4. Porcentaje de rendimiento

Los conceptos de rendimiento teórico, rendimiento real y porcentaje de rendimiento pueden incluirse, agregando dos columnas más a la simulación anterior (Figura 6). ¿Cuál es el porcentaje de rendimiento en la reacción de 40 g de oxígeno y 35 g de hidrógeno si se obtuvieron 43,6 g de agua?

Figura 6. Simulación con porcentaje de rendimiento

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		$O_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$					
3							
4	número	x	mO <sub>2</sub>	mH <sub>2</sub>	mH <sub>2</sub> O	rend. real	% rendimiento
5			g	g	g	g	%
6			40,0	35,0	0		
7	400	40,0	0,00	30,00	45,00	43,6	96,9
8			¡limitante!	reaccionando			?
9							
10							
11							

Operaciones:

Celda G7: =F7/E7\*100

Celda C8: =SI((C7)<=0;"¡limitante!";"reaccionando")

Celda D8: =SI((D7)<=0;"¡limitante!";"reaccionando")

Celda G8: =SI((G7)>100;"¡no es posible!";"??")

Esta simulación puede ampliarse utilizando la función SI, para que aparezcan mensajes (que hacen mención a los resultados obtenidos en celdas contiguas) como: “limitante”, “reaccionando”, “no es posible” (este último referido a que el porcentaje de rendimiento no puede ser mayor al 100%). La sintaxis de la misma se aprecia en las operaciones de la Figura 6.

Tarea: Construir una simulación con la barra de desplazamiento para resolver el problema de la

página 192 del libro Qui (Casen y otros, 2006), que responde la pregunta: ¿Qué masa de ácido sulfúrico se forma a partir de 5 moles de SO<sub>2</sub>, con suficiente oxígeno y agua, si el rendimiento de la reacción es 86%?

La simulación resultante se muestra en la Figura 7, donde se han supuesto las cantidades iniciales de oxígeno y agua en 10 moles (en exceso).

Figura 7. Simulación que resuelve un problema de libro de texto

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		<b>2SO<sub>2</sub>(g) + O<sub>2</sub>(g) + 2H<sub>2</sub>O(l) → 2SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>(l)</b>							
3									
4	número	x	nSO <sub>2</sub>	nO <sub>2</sub>	nH <sub>2</sub> O	nSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	mSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	% rend.	mSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>
5			mol	mol	mol	mol	g	%	g
6			<b>5</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0</b>			
7	250	2,5	0,00	7,50	5,00	5,00	490,00	<b>86,0</b>	421,4
8			¡limitante!				rend. teórico		rend. real
9									
10									
11									

Operaciones:

Celda B7: =A7/100

Celda C7: =C6-2\*B7

Celda C8: =SI((C7)<=0;"¡limitante!";"reaccionando")

Celda D7: =D6-1\*B7

Celda E7: =E6-2\*B7

Celda F7: =F6+2\*B7

Celda G7: =F7\*98

Celda I7: =H7\*G7/100

## 5. Estequiometría con concentraciones

En una etapa posterior, se pueden abordar problemas de estequiometría con disoluciones, por ejemplo para responder a preguntas como: ¿Cuántos moles de sal se obtienen en la neutralización de 200 mL de hidróxido de sodio 2 M con 150 mL de ácido sulfúrico 2 M? ¿Cuál es el reactivo limitante y el reactivo en exceso? Cuyas respuestas pueden obtenerse desde la simulación con la barra de desplazamiento de la Figura 8.

Figura 8: Simulación de estequiometría con concentraciones

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		<b>2NaOH(ac) + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(ac) → Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(ac) + 2H<sub>2</sub>O(l)</b>							
3									
4	número	x	V NaOH	VH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Conc NaOH	Conc H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	nNaOH	nH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	nNa <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
5			mL	mL	M	M	mol	mol	mol
6			<b>200</b>	<b>150</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	0,40	0,30	0,00
7	198	0,198					0,00	0,10	0,20
8									
9									
10									

Operaciones:

Celda B7: =A7/1000

Celda G6: =C6\*E6/1000

Celda H6: =D6\*F6/1000

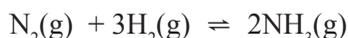
Celda G7: =G6-2\*B7

Celda H7: =H6-1\*B7

Celda I7: =I6+1\*B7

## 6. Equilibrio químico en fase gaseosa

Esta simulación con la barra de desplazamiento puede aplicarse en el tema equilibrio químico (Raviolo, 2011c). Un típico problema de equilibrio químico solicita hallar la composición de todas las especies del sistema en equilibrio químico, a partir de contar como datos con las concentraciones iniciales y con el valor de la constante de equilibrio a una temperatura dada. Para su resolución se realiza el siguiente planteo, por ejemplo para la síntesis del amoníaco:



$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$$

Si la constante de equilibrio  $K_c$  para esta reacción es 269 a 500 K y las concentraciones iniciales de reactivos son, por ejemplo, de 0,2 M de nitrógeno y de 0,5 M de hidrógeno. Para la resolución del problema es conveniente expresar el planteo ICE (Inicial, Cambio, Equilibrio):

	$\text{N}_2(\text{g})$	$+ 3\text{H}_2(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$2\text{NH}_3(\text{g})$
Inicial (M):	0,2	0,5		0
Cambio (M):	-x	-3x		+2x
Equilibrio (M):	0,2-x	0,5-3x		2x

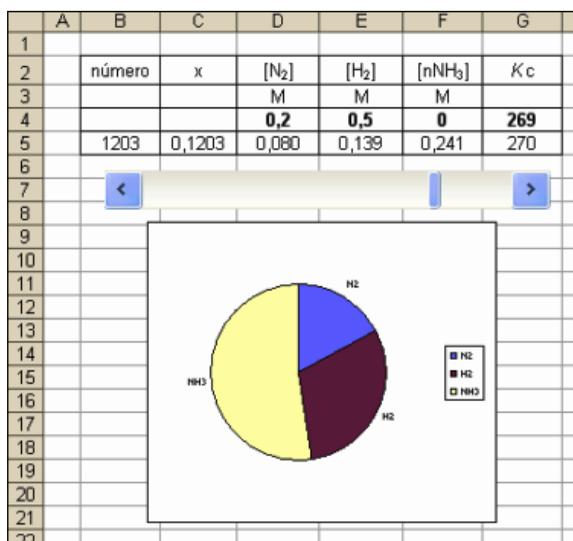
La expresión de la constante de equilibrio en tér-

minos de una sola cantidad desconocida es:

$$K_c = \frac{(2x)^2}{(0,2-x)(0,5-3x)^3}$$

Esta expresión constituye una ecuación a la cuarta en x, cuya resolución no es sencilla. Para evitar resolver esta ecuación, el método de simulación, que se basa en las relaciones estequiométricas, determina en una forma sencilla las concentraciones de los reactivos y productos en el equilibrio. Con estas concentraciones se calculan los valores resultantes de  $K_c$ . La solución final es la composición del sistema cuando el valor de  $K_c$  coincide, o es el más cercano, con su valor disponible a la temperatura dada. La composición de la mezcla en equilibrio, solicitada en este problema, será la correspondiente a  $K_c$  igual o más cercana a 269 (Figura 9).

**Figura 9.** Simulación para determinar la composición del sistema en equilibrio químico



Operaciones:

Celda C5: =B5/10000

Celda D5: =D4-1\*C5

Celda E5: =E4-3\*C5

Celda F5: =F4+2\*C5

Celda G5: =F5^2/(D5\*E5^3)

Para resaltar la visualización de las cantidades presentes en el equilibrio, los valores de las celdas D5, E5 y F5 pueden relacionarse a un gráfico de torta. Esta simulación permite discutir y hacer frente a varias concepciones alternativas sobre la composición del sistema en equilibrio, que sostienen frecuentemente los estudiantes, por ejemplo, la idea de que no coexisten todas las especies en el equilibrio, la dificultad para diferenciar cantidades iniciales de cantidades en el equilibrio y la concepción de que las cantidades presentes en el equilibrio son iguales a los coeficientes estequiométricos de la ecuación química (Raviolo, 2006).

### 7. Perturbación del volumen total en el sistema en equilibrio químico

Esta simulación permite también responder a preguntas: ¿Qué pasa si...? ¿Qué ocurre cuando

al sistema en equilibrio químico se lo perturba? Por ejemplo, qué ocurre si se modifica el volumen total del sistema, a temperatura constante. La expresión anterior de la constante de equilibrio puede expresarse en función de los números de moles y el volumen total:

$$K_c = \frac{n_{\text{NH}_3}^2 V^2}{n_{\text{N}_2} n_{\text{H}_2}^3}$$

La simulación de la Figura 10 responde a la pregunta: ¿Se obtendrá mayor cantidad de amoníaco si el sistema en equilibrio (del apartado anterior) aumenta su volumen de 1 L a 5 L, a temperatura constante? En esta simulación, en función del número de moles de todas las especies y del volumen total, la composición del sistema en equilibrio se obtiene para  $K_c$  igual a 269. Se aprecia que el número de moles de amoníaco pasa de 0,241 moles cuando el volumen total es 1 L, a 0,156 moles cuando el volumen total es 5 L.

Figura 10. Simulación perturbación del equilibrio

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		número	x	nN <sub>2</sub>	nH <sub>2</sub>	nNH <sub>3</sub>	Volumen	Kc
3				mol	mol	mol	L	
4				0,20	0,50	0,00	5,00	269
5		7824	0,078	0,122	0,265	0,156		269
6								
7								
8								

Operaciones:

Celda C5: =B5/100000

Celda D5: =D4-1\*C5

Celda E5: =E4-3\*C5

Celda F5: =F4+2\*C5

Celda G5: =F5^2/(D5\*E5^3)\*G4^2

Al introducir otros valores de volúmenes

mayores se verifican las predicciones cualitativas que se obtendrían aplicando el principio de Le Chatelier o analizando la expresión de  $K_c$ , que a mayor volumen el sistema se desplaza hacia los reactivos, es decir habrá menor cantidad de amoníaco en la mezcla.

## CONCLUSIONES

Se ha desarrollado una forma diferente de abordar y resolver problemas químicos a partir del empleo de las hojas de cálculo y la barra de desplazamiento. Cuyo resultado final es una simulación de entorno visual agradable e interesante por su gran potencialidad.

Esta propuesta hace hincapié en aspectos conceptuales de estequiometría por sobre la resolución de ejercicios numéricos. Los estudiantes haciendo uso de las relaciones estequiométricas que se establecen entre todas las sustancias (reactivos y productos) desarrollan un método que les permite hallar la composición del sistema a medida que avanza la reacción, partiendo de las condiciones iniciales. Los resultados obtenidos permiten también discutir conceptos como reactivo limitante y en exceso.

Las hojas de cálculo son un auxiliar valioso para el aprendizaje de la química, dado que disponen de diversas herramientas que pueden ayudar en la visualización y simulación de los fenómenos, como el diseño de planillas interactivas de complejidad gradual que permiten adaptarse a diversos niveles de preparación de los estudiantes. La secuencia seguida en este trabajo presenta un grado de complejidad creciente, que facilita que este tipo de simulaciones pueda emplearse tanto en el nivel medio como en el universitario.

Además, la complejidad informática también puede progresivamente incrementarse, por ejemplo, insertando gráficos, con la función SI y otros recursos no abordados en este artículo.

La realización de planteos Inicial, Cambio y Final (o Equilibrio), son de gran importancia conceptual, dado que ayudan a diferenciar la composición en distintos momentos de la reac-

ción y la relación (o interacción) estequiométrica (la proporción en la cual reaccionan las especies). La investigación didáctica ha comprobado que sobre estos aspectos los estudiantes presentan concepciones alternativas (Raviolo, 2006).

La secuencia seguida en este artículo podría ser utilizada como secuencia metodológica para trabajar con los alumnos. Una vez que se enseña a realizar la simulación, por ejemplo la más sencilla de estequiometría con moles con una reacción simple, y luego de que los alumnos la exploran, se solicita que adecuen la misma para otra reacción química. Posteriormente se puede solicitar la inserción de un gráfico que interactúe con la simulación, o pedir que la modifiquen en función de volúmenes o de masas.

La formulación de preguntas por parte del docente es un aspecto clave, estas preguntas deben desafiar a los estudiantes y provocar acciones con la simulación.

Como en otras propuestas con TICs, el docente debe tener siempre en cuenta que el objetivo primordial es el aprendizaje conceptual de la química, y que para ello se debe superar la etapa de novedad del recurso informático y las dificultades con el manejo inicial del mismo (aprendizaje procedimental). Este tipo de actividad crea también un ambiente adecuado para el desarrollo de actitudes como las relacionadas con la curiosidad, la indagación y el trabajo colaborativo en grupo.

Los interesados pueden solicitar por correo electrónico al autor el archivo correspondiente con las hojas desarrolladas en este trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Casen , J. y otros.** (2006). *Quí. Química*. Tinta Fresca. Buenos Aires.

**Raviolo, A.** (2006). Las imágenes en el aprendizaje y en la enseñanza del equilibrio químico. *Educación Química*, 17(nº extraordinario), 300-307.

**Raviolo, A.** (2011a). Enseñanza de la química con la hoja de cálculo. *Educación Química*, 22(4), 357-362.

**Raviolo, A.** (2011b). Re-creando simulaciones con la hoja de cálculo. *Educación Química*, en prensa.

**Raviolo, A.** (2011c). Diseño de hojas de cálculo como herramientas para el aprendizaje del equilibrio ácido-base: uso de la barra de desplazamiento. Presentado a *Educación Química*.