

## **SECCIÓN ESPECIAL**

## **SPECIAL SECCION**

### **Hojas de cálculo en clases de ciencias**

### **Spreadsheets in classes of Science**

**Andrés Raviolo**

Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250. Bariloche. 8400. Río Negro. Argentina. E-mail:  
[araviolo@bariloche.com.ar](mailto:araviolo@bariloche.com.ar)

La utilización de hojas de cálculo ha tenido relativamente poco impacto en las aulas, posiblemente porque los docentes, especialmente en países de habla española, no han podido acceder a la información disponible ni intercambiar experiencias. Por este motivo, desde esta Sección especial estamos invitando a contribuir con el tema del uso de las hojas de cálculo en la enseñanza de las ciencias.

The utilization of spreadsheets has had relatively little impact in the classrooms, possibly because the teachers have not been able to accede to the available information neither to exchange experiences. For this reason, from this special Section we are inviting to contribute with this theme in teaching Science.

### **1. Introducción**

Una hoja de cálculo es un programa que al abrirlo muestra un formato de tabla, una matriz de celdas identificadas por una letra para cada columna (vertical) y por un número para cada fila (horizontal). Las dimensiones de las celdas son variables y pueden contener: números, letras o almacenar fórmulas matemáticas y mostrar su resultado numérico. También permiten visualizar la información en forma gráfica.

En ellas se puede realizar secuencias de operaciones donde los datos pueden ser cambiados o estar enlazados a otros. Actúan como verdaderos programas sin necesidad que el usuario domine un lenguaje de programación.

Son muy versátiles y en la enseñanza de las ciencias su utilidad radica en que permiten realizar:

- Registro de resultados: tablas de resultados obtenidos en experimentos.
- Análisis de datos: tratamiento de errores, cálculos de promedios y otras funciones estadísticas.
- Búsqueda de relaciones: uso de distintas fórmulas para valorar las relaciones existentes entre las variables de un fenómeno.
- Cálculos: simplificar o evitar cálculos complejos.
- Uso de gráficos: uso de distintos tipos de gráficos para representar los datos.
- Ajuste de curvas: ajustar las relaciones de los datos a curvas (lineal, potencial, exponencial). El análisis de algunas curvas permite obtener nueva información como por ejemplo parámetros que se obtienen de la pendiente de una recta.
- Modelización: responder preguntas del tipo “¿Qué pasa si?”. Introducción de datos a un modelo (por ej. a una ecuación o conjunto de ecuaciones relacionadas) y obtención de resultados.

En este sentido, Carson (1997) sostiene que la utilidad de una hoja de cálculo para la enseñanza de las ciencias está limitada más por la imaginación del usuario que por el potencial del software.

En la actualidad es un objetivo educativo el proveer a los estudiantes de las herramientas básicas que contribuyan a su alfabetización informática. Por ello es importante fomentar desde las asignaturas el aprendizaje de habilidades genéricas informáticas que puedan aplicar en otras áreas curriculares y fuera del ámbito educativo formal. Y, recíprocamente, “enseñar informática” para después hacer hincapié en “enseñar a través de la informática”.

El aporte específico de las hojas de cálculo a la educación es que favorecen el desarrollo de las siguientes habilidades:

- de organización y presentación de la información, que puede ser visualizada en una variedad de

formas: tablas de números, diagramas o gráficos y animaciones

- de interpretación cuali y cuantitativas. Análisis de datos, extraer regularidades, generalizaciones, conclusiones
- de comunicación. Secuenciación lógica de planteos
- de resolución de problemas. Búsqueda de estrategias
- de elaboración de informes. Organización del texto
- de control. Revisión y depuración de lo realizado

Las principales ventajas de usar una hoja de cálculo se pueden resumir en: (a) están realmente disponibles, (b) es una herramienta poderosa y con una amplia variedad de usos; (c) los alumnos y profesores están cada vez más familiarizados con ellas; (d) son de rápido aprendizaje y uso inmediato; (e) en muchos casos puede remplazar a un lenguaje de programación de difícil aprendizaje; (f) motiva a los estudiantes; (g) respeta el ritmo individual de aprendizaje y posibilita el trabajo en grupo cooperativo; (h) mejora la confianza de los profesores en las tecnologías informáticas.

Su uso educativo garantiza que los estudiantes, en gran medida, se encuentren trabajando motivados frente a la computadora. Con lo que acceden a cierto aprendizaje del programa y a un conocimiento procedimental relacionado con estrategias del quehacer científico. Aunque, para el docente el desafío lo constituye la articulación de las actividades presentadas y la integración con otros momentos de enseñanza para que, fundamentalmente, los alumnos aprendan de una forma significativa los conceptos científicos.

Las hojas de cálculo alcanzaron difusión en la década de los ochenta con el desarrollo de las computadoras personales y fueron empleadas principalmente en economía. Paralelamente algunos científicos comenzaron a usar algunas hojas de cálculo, como los programas VisiCalc o Lotus diseñados originalmente para cálculos financieros, en cálculos científicos y ejecución de modelos matemáticos. Hoy el software más difundido es el Excel.

En la enseñanza de las ciencias, aproximadamente en 1985, aparecen los primeros artículos sobre aplicaciones educativas de las “spreadsheets” en revistas norteamericanas, por ejemplo en The Science Teacher, Journal of Chemical Education, etc.

En 1987 Osborn advierte que este recurso ha sido poco considerado en la enseñanza de las ciencias y realiza una invitación desde la revista inglesa School Science Review a la presentación de contribuciones, que se sucedieron en los años siguientes hasta la actualidad. A modo de ejemplo: (a) artículos generales: Goodfellow (1990), Rodrigues (1997), Carson (1997); (b) en Biología: Carson (1996); (c) en Química: Brosnan (1989 y 1990), Finnemore (1990), Swain (1997); y (d) en Física: Penman (1990), Diamant y Cleminson (1996), Trumper y Gelbman (2001).

Sin embargo, la utilización de este recurso ha tenido poco impacto en las aulas, posiblemente porque los docentes, especialmente en países de habla española, no han podido acceder a la información disponible ni intercambiar experiencias. Por este motivo, desde la **Revista de Educación en Ciencias** se invita a la presentación de contribuciones sobre el uso de las hojas de cálculo en la enseñanza de las ciencias.

## **2. Algunos ejemplos del curso de Química**

Para dar comienzo a esta sección sobre la utilización de las hojas de cálculo en la enseñanza de las ciencias, se presentan algunas actividades sencillas, que permitirán introducir en la temática a los docentes que no tengan experiencia en ella y brindar nuevas ideas para los que ya hayan usado la hoja de cálculo en sus clases. Los ejemplos se ilustran con contenidos relacionados con la química, pero el tipo de actividades es generalizable a otras asignaturas.

En una hoja de cálculo cada celda puede ser utilizada para uno de los siguientes tres propósitos:

1. para almacenar y mostrar un texto
2. para almacenar y mostrar números
3. para almacenar fórmulas matemáticas y mostrar su resultado numérico

Estas fórmulas matemáticas utilizan como argumentos valores numéricos o referencias a otras celdas. Es decir, pueden incorporar datos presentes en otras celdas; por ejemplo, la celda C4 puede contener la fórmula  $A4 + B4$ ; el programa suma al número ubicado en la celda A4 el ubicado en la celda B4 y muestra el resultado en C4. Para introducir esta operación se debe escribir primero el signo = y después la operación (la sintaxis de las operaciones puede consultarse en la ayuda del programa). En la celda se muestra el resultado de la operación y en la línea de cálculos (parte superior de la pantalla) la operación que se realiza en esa celda. Si por ejemplo se trabaja con Excel, ubicándose en la celda y apretando la tecla F2 el programa muestra, en lugar del resultado de la operación, la operación y destaca en colores las celdas involucradas en la misma.

Además la hoja de cálculo realiza automáticamente operaciones encadenadas, sucesivas operaciones en la que cada una de ellas hace referencia a operaciones o valores ubicados en celdas anteriores. El software realiza las operaciones de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. De esta forma si se introduce un nuevo valor que afecta a la primera operación por ejemplo, el programa realizará automáticamente todas las operaciones siguientes, que se ven afectadas por este cambio, obteniéndose un resultado final. Esto permite modelizar un fenómeno determinado, comprobar una hipótesis, etc. De esta forma sencilla y accesible se pueden confeccionar pequeños programas de cálculo.

Este tipo de actividad puede denominarse como: *Construcción de “pequeños programas” que al introducir datos de entrada realicen automáticamente una serie de operaciones y den resultados de salida.*

### Ejemplo 1: Aplicación al comportamiento de los gases ideales

Problema: A partir de la ecuación de estado de los gases ideales, confeccione un pequeño programa para obtener automáticamente el volumen que ocupa una muestra de un gas si se conoce la masa del mismo, la presión (en mmHg) y la temperatura (en °C) .
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Es conveniente diferenciar con colores o tipos de letra distinta, los datos de entrada (variables que se modificarán) del resultado final. En este ejemplo se utiliza *itálicas* y **negritas** para los datos de entrada y **negritas** para el resultado de salida.

Respuesta:

	A	B	C	D
1	Cálculo del volumen ocupado por un gas ideal:			
2	sustancia:	Hidrógeno		
3	masa molar:	2g/mol		
4	masa:	10G		
5	n:	5Moles		
6	temperatura:	20°C		
7	T:	293K		
8	presión:	700mmHg		
9	Presión:	0,92atm		
10	R:	0,082atm.L/K.mol		
11	Volumen:			
12	$V=n.R.T/P$	130,4L		

Operaciones:

Celda B5:  $=B4/B3$

Celda B7:  $=B6+273$

Celda B9:  $=B8/760$

Celda B12:  $=B5*B10*B7/B9$

De esta manera cambiando uno, o varios de los datos de entrada, el programa recalcula instantáneamente el volumen resultante y con ello se pueden contestar preguntas del tipo: ¿qué volumen ocupa un mol de gas en condiciones normales de presión y temperatura?

Los valores obtenidos pueden copiarse en una tabla construida para tal fin, para ello se utiliza la función “pegado especial” (botón derecho del mouse) “pegar valores”. Luego realizar un gráfico volumen vs. número de moles y buscar la relación que existe entre ambas variables (ley de Avogadro). Con esta última actividad se están redescubriendo las leyes que subyacen en las medidas realizadas y simulando un fenómeno a partir de las ecuaciones que rigen su comportamiento.

### Ejemplo 2: Aplicación en cálculos para la preparación de disoluciones

Problema: Confecciona un pequeño programa que permita calcular automáticamente el volumen de ácido clorhídrico concentrado (36% masa/masa, 1,19 g/mL) que se necesita pipetear para preparar 500 ml de disoluciones de este ácido de distintas molaridades.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Respuesta:

	A	B	C	D	E	F	G
--	---	---	---	---	---	---	---

2	Cálculo de volumen de ácido concentrado:						
3	Volumen:		500mL				
4	Concentración:		0,2M		Dato de entrada		
5	Concentración partida:		36% en masa				
6	Densidad solución:		1,19g/mL				
7	Masa molar soluto:		36,5g/mol				
8							
9	Moles necesarios:		0,1moles				
10	Gramos necesarios:		3,65g				
11							
12	Disolución de partida						
13	Masa a pipetear:		10,1g				
14	Volumen a pipetear:		8,5mL		Resultado de salida		

Operaciones:

Celda C9:  $=C4*500/1000$

Celda C10:  $=C9*C7$

Celda C13:  $=C10*100/C5$

Celda C14:  $=C13/C6$

A partir de este pequeño programa puede confeccionarse una tabla útil para el laboratorio con los volúmenes a pipetear necesarios para la preparación de distintos volúmenes de solución de este ácido a diferentes concentraciones.

En esta actividad es importante resaltar la utilidad del formato:

magnitud	valor	unidad
----------	-------	--------

que además de permitir que se haga referencia a dicho valor en operaciones posteriores, ayuda a que los estudiantes identifiquen las magnitudes, tengan en cuenta las unidades y no cometan errores relacionadas con ellas.

En este tipo de actividad los estudiantes tienen que organizar la secuencia de pasos, de datos y cálculos, de forma tal que estén encadenadas las operaciones y que sea claro de leer por otra persona, con lo que se desarrollan habilidades de presentación, comunicación y control.

En los ejemplos que continúan será de utilidad otra herramienta del programa: la *replicación* de valores, series y operaciones. Por ejemplo, si se quiere repetir un valor ubicado en la celda A8 hacia abajo, se sitúa en esa celda y con el cursor en la esquina inferior derecha (donde aparece +, “controlador de relleno”) se lo arrastra hasta donde se desea. De igual manera si se quiere realizar una serie, por ejemplo completar una columna con una secuencia de números (1,1; 1,2; 1,3...), basta con sólo escribir los dos primeros valores (el patrón) en las dos primeras filas y marcando ambas celdas se procede como en el caso anterior.

También se pueden replicar operaciones, por ejemplo, si la celda C4 contiene la formula  $A4 + B4$ , ubicándose en esta celda y con el cursor en el controlador de relleno puede arrastrarse esta operación a las celdas inferiores, es decir: C5 mostrará la suma de  $A5 + B5$ , C6 la suma de  $A6 + B6$  y así sucesivamente. Otra opción es expresar las direcciones de las celdas como absolutas ( $\$A\$4$ ) en lugar de como relativas (A4). Esto último es de utilidad cuando se quiere replicar una operación como la anterior pero refiriéndose siempre al contenido de una misma celda. Por ejemplo, si se desea sumar al contenido de A4 el contenido de sucesivas celdas ubicadas en B, se escribe en C4:  $=\$A\$4+B4$  y replicándolo hacia abajo el programa automáticamente ubicará en C5:  $A4+B5$ , en C6:  $A4+B6$  y así.

Estas herramientas resultan de utilidad en otro tipo de actividad denominada: Construcción de una “tabla - programa” que utilice en forma sistemática los datos presentados en una tabla. Esta actividad consiste en transformar una tabla con datos en una hoja o programa que calcule automáticamente el resultado buscado de la aplicación de una fórmula. Esta fórmula requiere los datos presentados en la tabla. A continuación se ejemplifica la construcción de estas “tablas-programas” con cuestiones de termoquímica.

### Ejemplo 3: Aplicación en cálculos de entalpías de reacción

Problema: Transforma una tabla de energías estándar de formación en una “tabla- programa” que calcule automáticamente la variación de entalpía estándar de una reacción química, a partir de las entalpías estándar de formación de los reactivos y productos involucrados. Y utilizando la función "SI" haz que el programa indique si la reacción es exotérmica o endotérmica. Aplícalo a la reacción de combustión del etileno.
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

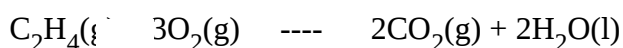
Una forma de hallar la entalpía de reacción es a partir de las entalpías estándar de formación ( $\Delta H_f^\circ$ ), que se encuentran tabuladas a 26°C y 1 atm, mediante la ecuación:  $\Delta H_r^\circ = \sum n.\Delta H_f^\circ(\text{productos}) - \sum m.\Delta H_f^\circ(\text{reactivos})$ . Siendo n y m los coeficientes estequiométricos de productos y reactivos respectivamente.

Fragmento de tabla con datos de entalpías estándar de formación

sustancia	$\Delta H_f^\circ(\text{kJ/mol})$	Sustancia	$\Delta H_f^\circ(\text{kJ/mol})$
C(grafito)	0	NO(g)	90,4
C(diamante)	1,9	NO <sub>2</sub> (g)	33,85
CH <sub>4</sub> (g)	-74,85	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)	9,66
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (l)	-103,8	N <sub>2</sub> O(g)	81,56
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)	226,6	O(g)	249,4
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)	52,3	O <sub>2</sub> (g)	0
CO(g)	-110,5	O <sub>3</sub> (g)	142,2
CO <sub>2</sub> (g)	-393,5	H <sub>2</sub> (g)	0
Ca(s)	0	H <sub>2</sub> O(g)	-241,8
CaO(s)	-635,6	H <sub>2</sub> O(l)	-285,8
CaCO <sub>3</sub> (s)	-1206,9	NH <sub>3</sub> (g)	-46,3

Respuesta:

La ecuación química ajustada de la reacción es:



Un fragmento de una posible tabla-programa resultante es:

	A	B	C	D	E	F
25	Sustancia	m	n	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	m. $\Delta H_f^\circ$	n. $\Delta H_f^\circ$
26	...			...	...	...
27	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)			226,6		
28	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)	1		52,3	52,3	
29	CO(g)			-110,5		
30	CO <sub>2</sub> (g)		2	-393,5		-787
31	O <sub>2</sub> (g)	3		0	0	
32	O <sub>3</sub> (g)			142,2		
33	H <sub>2</sub> (g)			0		
34	H <sub>2</sub> O(g)			-241,8		
35	H <sub>2</sub> O(l)		2	-285,8		-571
36	...			...	...	...
37					$\Sigma m. \Delta H_f^\circ(r)$	$\Sigma n. \Delta H_f^\circ(p)$
38					52,3	-1358,6
39						
40				$\Delta H_r^\circ =$	<b>-1411</b>	kJ/mol
41					<b>exotérmica</b>	

Operaciones:

Celda E27: =B27\*D27 y replicar hacia abajo hasta el final de la tabla

Celda F27: =C27\*D27 y replicar hacia abajo hasta el final de la tabla

Celda E38: =SUMA(E27:E35)

Celda F38: =SUMA(F27:F35)

Celda E40: =F38-E38

Celda E41: =SI(E40<0;"exotérmica"; "endotérmica")

Con sólo introducir los coeficientes estequiométricos, de reactivos y productos de la ecuación química para la reacción estudiada, la tabla - programa calcula la variación de entalpía de reacción e indica si la reacción es exotérmica o endotérmica.

## **Bibliografía**

BROSNAN, T., "Teaching chemistry using spreadsheets- 1: equilibrium thermodynamics". *School Science Review*, 70[252], 39-47, 1989.

BROSNAN, T., "Using spreadsheets in the teaching of chemistry - 2: more ideas and some limitations". *School Science Review*, 71[256], 53-59, 1990.

CARSON, S.R., "Foxes and rabbits- and a spreadsheet". *School Science Review*, 78[283], 21-27, 1996.

CARSON, S.R., "The use of spreadsheets in science-an overview". *School Science Review*, 79[287], 69-80, 1997.

DIAMENT, A. y CLEMINSON, A., "Spreadsheets simulations of physical phenomena". *School Science Review*, 78[283], 29-35, 1996.

FINNEMORE, D. J., "More spreadsheets in science teaching". *School Science Review*, 71[257], 1990.

GOODFELLOW, T., Spreadsheets powerful tools in science education. *School Science Review*, 71[257], 47-57, 1990.

OSBORN, P.M., "Spreadsheets in science teaching". *School Science Review*, 69[246], 142-143, 1987.

PENMAN, D.A., "An example of the use of a spreadsheets in the teaching of physics". *School Science Review*, 71[257], 1990.

RODRIGUES, S., "The role of IT in secondary school science: an illustrative review". *School Science Review*,

79[287], 35-40, 1997.

SWAIN, P.A., "The iodine-clock reaction a spreadsheet simulation to test". *School Science Review*, 79[287], 81-85, 1997.

TRUMPER, R. y GELBMAN, M., "The measurement of  $g$  as a means of introducing analysis of experimental data". *School Science Review*, 82[301], 97-100, 2001.