

Más actividades con la hoja de cálculo para la enseñanza de las ciencias

More activities with spreadsheet in science teaching

ANDRÉS RAVIOLO

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

Resumen

Se presentan tres nuevos tipos de actividades para realizar con las hojas de cálculo en la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias, hojas de cálculo, tipos de actividades.

Abstract

Three news types of activities to carry out with spreadsheets in science teaching are presented.

Keywords: science teaching, spreadsheets, types of activities.

INTRODUCCIÓN

Las hojas de cálculo son un recurso informático muy versátil que se encuentra generalmente disponible en todas las computadoras. En dos artículos anteriores (Raviolo, 2002, 2003) se resaltaron sus características esenciales y posibles aportes a la enseñanza y al aprendizaje de las ciencias.

En esos artículos se intentó desarrollar una tipología de actividades que constituyeran un puente entre el

contenido de ciencias a enseñar y el conocimiento operativo de informática, es decir, un nexo para transferir actividades de aprendizaje de la ciencia a la hoja de cálculo.

Estas actividades, que mostraron procedimientos para enfrentar problemas en un sentido amplio, fueron definidas como:

1. Construcción de “pequeños programas” (secuencia de operaciones encadenadas)
2. Construcción de “tablas-programas” (modificación de una tabla de datos en un programa)

Y teniendo en cuenta las opciones gráficas de la hoja de cálculo:

3. Obtención de información de la pendiente de una recta
4. Realización de un test gráfico
5. Estudio gráfico de comportamientos análogos

En este artículo se presenta, en primer lugar, un problema motivador que requiere para su resolución la combinación de algunas de las actividades mencionadas anteriormente. En segundo lugar, se discuten tres nuevos tipos de actividades a llevar adelante con la hoja de cálculo, que, aunque están ejemplificados con fenómenos físico-químicos, seguramente servirán de inspiración para docentes de secundaria y de universidad de las distintas disciplinas científicas.

- Combinación de tipos de actividades para la resolución de un problema relevante

El siguiente problema trata sobre la distancia que debería recorrer un auto para amortizar el costo de conversión de nafta (gasolina) a gas. Fue formulado inicialmente por Jansen (2000) sin la utilización de la hoja de cálculo.

Este problema puede presentarse con un enunciado abierto en donde los alumnos tengan que buscar cuáles son los datos y variables relevantes y diseñar una estrategia de resolución. Por ejemplo: ¿Cuántos kilómetros debe recorrer un auto para cubrir los gastos de conversión de nafta a gas?

La situación original trata sobre la conversión de gasolina a propano, en los Estados Unidos. Jansen asume que:

- . El propano es un gas que se vende bajo presión como un líquido.
- . La nafta es sólo octano puro: C_8H_{18} .
- . Que ambos combustibles se queman completamente.
- . El auto viaja una distancia fija por kilojoule de energía independientemente de la fuente de energía.

. Con el propano o el octano se logra la misma eficiencia en la combustión.

La resolución propuesta con la hoja de cálculo requiere la utilización de los dos primeros tipos de actividades mencionados y explicados en el artículo previo (Raviolo, 2002). Primero se calculan los calores de combustión del propano y del octano líquidos. Para ello pueden utilizarse las “tablas-programas”; para calcular el ΔH_r° del propano se usan las tablas de entalpías de formación estándar, y, dado que seguramente no esté disponible el ΔH_f° del octano, para calcular su calor de combustión pueden emplearse las tablas de energías de enlace promedio. El procedimiento con la hoja de cálculo está explicado en detalle en el artículo citado.

Luego, se realiza un “pequeño programa” que permite introducir los datos de entrada y que, a través de una serie de operaciones encadenadas, calcula automáticamente el resultado final, es decir la cantidad de kilómetros que deberá recorrer el automóvil para amortizar el costo de la reconversión a gas, recordando que se asume el mismo consumo de energía para recorrer 100 km con octano que con propano. Los resultados obtenidos para los calores de combustión, así como los demás datos necesarios, se encuentran incluidos en la siguiente hoja:

	A	B	C
1	consumo octano cada 100 km	13L/100km.	
2	precio del octano	0,54U\$S/L	
3	gasto cada 100 km con octano	7,0U\$S	
4	ΔH_r octano	5070kJ/mol	
5	densidad del octano	0,702g/mL	
6	masa octano consumida cada 100 km	9126g/100km	
7	Masa molar octano	114g/mol	
8	Número de moles de octano	80,05m	moles/100k
9	Energía consumida cada 100 km	405866,8kJ	
10	ΔH_r propano	2044kJ/mol	
11	Número de moles propano c/ 100 km	198,6moles	

12	Masa molar propano	44	g/mol
13	Masa propano consumida c/100 km	8736,9	g
14	Densidad del propano líquido	0,585	g/mL
15	Volumen propano consumido c/100 km	14,9	L
16	Precio del propano	0,30	U\$\$/L
17	Gasto cada 100 km con propano	4,5	U\$S
18	Ahorro cada 100 km	2,5	U\$S
19	Costo de conversión de nafta a propano	1262	U\$S
20	Distancia recuperar costo conversión	49694	km

Operaciones:

Celda B3: =B1*B2

Celda B6: =B1*B5*1000

Celda B8: =B6/B7

Celda B9: =B4*B8

Celda B11: =B9/B10

Celda B13: =B11*B12

Celda B15: =B13/B14/1000

Celda B17: = B15*B16

Celda B18: =B3-B17

Celda B20: =B19/B18*100

Ese automóvil deberá andar cerca de 50.000 km para amortizar el costo de la instalación del equipo de gas. Cambiando cualquier dato de entrada, como por ejemplo el consumo cada 100 kilómetros, el programa recalcula automáticamente el resultado final. Con lo que se puede determinar que a mayor consumo, menor será la distancia necesaria a recorrer para amortizar el gasto de reconversión. Lo mismo ocurre si aumenta el precio de la gasolina. Puede solicitarse a los estudiantes que utilicen gráficos para ilustrar esas tendencias.

Estos planteos se pueden adecuar a la situación de cada país, por ejemplo en Argentina se utiliza GNC

(gas natural comprimido), que es fundamentalmente metano y se vende por metro cúbico en condiciones estándar de presión y temperatura. Esto permitiría, luego de la resolución de la situación anterior, presentar a los alumnos un problema con enunciado abierto como el siguiente: ¿Cuántos kilómetros debe recorrer un auto para cubrir los gastos de conversión a gas de acuerdo con los costos actuales de nuestra localidad?

En este tipo de actividad los estudiantes tienen que organizar la secuencia de pasos, datos y cálculos, de forma tal que las operaciones estén encadenadas y que sea claro de leer por otra persona. Además el formato: “magnitud-valor-unidad” permite que se pueda hacer referencia a ese valor en operaciones posteriores, y ayuda a que los estudiantes tengan en cuenta las unidades y no cometan errores relacionados con ellas. Cuestiones que promueven el desarrollo de habilidades de comunicación.

. Selección de información realizando un adecuado control de variables

Los estudiantes suelen mostrar dificultades para controlar las variables en un experimento o situación. De hecho el control de variables, además de ser un procedimiento científico de uso frecuente, constituye uno de los esquemas de razonamiento que caracterizan el estadio del pensamiento formal en la teoría piagetiana.

La hoja de cálculo puede colaborar en el aprendizaje de este procedimiento. Por ejemplo, puede presentarse a los alumnos el siguiente problema: “Con un gas ideal se realizaron 20 mediciones donde varían el número de moles (n), la temperatura absoluta (T), la presión (P) y el volumen (V). A partir de estos datos debe encontrar si existe alguna relación entre: (a) la presión y el volumen; (b) la temperatura y el volumen y (c) el número de moles y el volumen. Para lo cual deberá realizar un adecuado control de variables.”

	A	B	C	D	E
1	Número de	n	T	P	V
2	Medición	moles	K	atm	L
3	1	1	273,15	1	22,41
4	2	1	293,15	1	24,05
5	3	1,5	273,15	0,5	67,24
6	4	2	273,15	1,5	29,88
7	5	1,5	273,15	1	33,62
8	6	1,5	293,15	0,5	72,16

9	7	1	293,15	1,5	16,04
10	8	1	293,15	2	12,03
11	9	2	273,15	1	44,82
12	10	1	253,15	1	20,77
13	11	0,5	273,15	1	11,21
14	12	2	273,15	0,5	89,65
15	13	0,5	323,15	1,5	8,84
16	14	2	273,15	2	22,41
17	15	1	323,15	1	26,51
18	16	2,5	273,15	1	56,03
19	17	1	343,15	1	28,16
20	18	2	273,15	2,5	17,93
21	19	0,5	253,15	2,5	4,15
22	20	2	323,15	2	26,51

Posteriormente a que los alumnos realizan un adecuado control de variables, pueden probar si existe alguna relación entre ellas. Esto permitirá sacar conclusiones e inferir las leyes de Boyle, Charles y Avogadro, respectivamente. Por ejemplo, si se busca la relación entre presión y volumen, se requerirá n y T constantes, es decir las mediciones 4, 9, 12, 14 y 18.

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

25	Nº med.	n	T	P	V	P/V	P.V
26	4	2	273,15	1,5	29,88	0,05	44,824
27	9	2	273,15	1	44,82	0,022	44,824
28	12	2	273,15	0,5	89,65	0,006	44,824
29	14	2	273,15	2	22,41	0,089	44,824
30	18	2	273,15	2,5	17,93	0,139	44,824

Las operaciones realizadas en las columnas F y G constituyen un adelanto del tipo de actividad con la hoja de cálculo que se definirá a continuación. En ellas se aprecia que el producto P.V es una constante, es decir que el volumen es inversamente proporcional a la presión, a n y T constantes: $V \propto 1/P$ (Ley de Boyle).

- Inferir una ley a partir de realizar distintas pruebas combinando las distintas variables involucradas

Como se mostró en el ejemplo anterior, este tipo de actividad con la hoja de cálculo permite obtener una ecuación o expresión matemática de una regularidad o ley. A continuación se presenta otro problema sobre el comportamiento de una sustancia ante el calor: “Se han realizado 10 experimentos de calentamiento de distintas muestras de agua líquida a presión constante (presión atmosférica). Los resultados se muestran en la tabla de abajo. A partir de estos datos debe encontrar si existe alguna relación entre las siguientes variables: la cantidad de sustancia (n), el calor suministrado a presión constante (q_p) y el aumento de la temperatura absoluta (ΔT) observado.

Experimento	n (mol)	q_p (J)	t inicial (°C)	t final (°C)
1	2	3008	20	40
2	3	7670,4	34	68

3	5	1880	10	15
4	1	752	80	90
5	2	2406,4	2	18
6	10	22560	20	50
7	15	28200	25	50
8	8	12633,6	22	43
9	6	6316,8	30	44
10	1	75,2	25	26

En primer lugar el estudiante tiene que calcular la variación de temperatura ΔT y luego realizar distintas pruebas combinando las distintas variables involucradas. Con lo que arriban a que el cociente entre $q_p / (n \cdot \Delta T)$ es una constante igual a 75,2 J/mol.K, que recibe el nombre de capacidad calorífica molar a presión constante (C_p).

Como una aplicación de la ecuación de C_p , puede solicitarse a los alumnos que construyan un programa que calcule el costo de calentar el agua de una pileta de natación. De forma tal que, introduciendo las medidas de la pileta, la temperatura inicial, la temperatura deseada, y el costo del gas natural, se obtenga el costo en pesos.

- Crear métodos de generación de valores

Este procedimiento de generación de valores para lograr un determinado propósito permite evitar hacer frente a cálculos matemáticos complejos. Por ejemplo, evitar resolver ecuaciones al cubo o a la cuarta para hallar las concentraciones de las especies que componen un sistema en equilibrio químico. Este tipo de actividad familiarizará también a los estudiantes con procesos de modelización y simulación, al responder preguntas del tipo “¿Qué pasa sí...?”.

El siguiente problema se basa en el artículo de Finnemore (1990), que utilizó la hoja de cálculo para resolver un problema típico en el tema equilibrio químico, cuando se solicita calcular las concentraciones de las especies en el equilibrio partiendo de las concentraciones iniciales y de la constante de equilibrio. Por ejemplo para el proceso Haber, un enunciado frecuente es: “Una mezcla gaseosa inicial de 0,10 moles de nitrógeno y 0,50 moles de hidrógeno contenidos en un recipiente de 10,0 litros alcanza el equilibrio a 500 K. Calcular la cantidad de amoníaco en esas condiciones donde $K_c = 269$ ”.



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

Para resolver este problema se suele realizar una tabla con los valores de la situación inicial y de la situación en equilibrio (usando estequiométricamente las “x”), y luego reemplazando en la ecuación de K_c . Pero en este caso se obtendrá una ecuación a la cuarta en x, que añade cierta complejidad matemática.

	N_2	H_2	NH_3
inicial	c1	c2	0
Equilibrio	c1-x	c2-3x	2x

$$K_c = (2x)^2 / [(c1-x)(c2-3x)^3] = 269$$

Para evitar resolver esta ecuación se puede generar un método con la hoja de cálculo que genere posibles valores del número de moles de nitrógeno, y los correspondientes de hidrógeno y amoníaco, y por último calcule los valores de K_c . La composición de la mezcla en equilibrio, solicitada en este problema, será la correspondiente a $K_c = 269$.

Conviene expresar la composición de la mezcla en número de moles presentes. De acuerdo con la estequiometría de esta reacción, cuando la cantidad de N_2 disminuye en x , la de H_2 lo hace en $3x$ y la de NH_3 aumenta en $2x$. Supongamos inicialmente que $x = 0,001$, la cantidad remanente de N_2 es $0,100 - 0,001 = 0,099$; en la siguiente etapa será $0,099 - 0,001 = 0,098$, y así sucesivamente. Para evitar realizar los cálculos paso a paso conviene generar una lista de números consecutivos por los cuales multiplicar x , como se muestra a continuación:

	A	B	C	D	E	F
8						
9	Volumen:	10				
10	x	números	n N2	n H2	n NH3	Kc
11			0,10	0,50	0	
12	0,001	1	0,099	0,497	0,002	0,03
13		2	0,098	0,494	0,004	0,14
14		3	0,097	0,491	0,006	0,31
15		4	0,096	0,488	0,008	0,57
16		5	0,095	0,485	0,01	0,92
...
51		40	0,060	0,380	0,080	194,39
52		41	0,059	0,377	0,082	212,69
53		42	0,058	0,374	0,084	232,55
54		43	0,057	0,371	0,086	254,10
55		44	0,056	0,368	0,088	277,48
56		45	0,055	0,365	0,09	302,86
57		46	0,054	0,362	0,092	330,41

58		47	0,053	0,359	0,094	360,33
59		48	0,052	0,356	0,096	392,82

Operaciones:

Celda C12: $=\$C\$11-(B12*\$A\$12)$

Celda D12: $=\$D\$11-3*(B12*\$A\$12)$

Celda E12: $=\$E\$11+2*(B12*\$A\$12)$

Celda F12: $=(E12^2/(C12*D12^3))*\$B\9^2

Luego se marcan estas cuatro celdas simultáneamente y se replica hacia abajo hasta superar el valor de K_c buscado.

En las operaciones se debe hacer referencia a celdas absolutas utilizando el signo “\$”. Se observa que para el número 44 se obtiene la composición de la mezcla en el equilibrio para una K_c cercana a 269.

Para mejorar la precisión en este cálculo se puede partir de un x menor, como 0,0001 y generar una secuencia de números con un decimal. Se aprecia que este esfuerzo mejora la precisión de las cantidades en el equilibrio en el tercer o cuarto decimal.

Por último, dado que la hoja realizada permite introducir como un dato el volumen total del sistema, se puede simular el efecto de un cambio del volumen sobre la composición de la mezcla, y verificar las predicciones que se obtendrían aplicando el principio de Le Chatelier o el análisis de la ecuación de K_c . Se va a observar que con el aumento del volumen se obtienen menores cantidades de amoníaco.

BIBLIOGRAFÍA

Finnemore D., “More spreadsheets in science teaching”, *School Science Review*, 71[257], 1990.

Jansen M., “The cost of converting a gasoline-powered vehicle to propane”, *Journal of Chemical Education*, 77[12], 1578-1579, 2000.

Raviolo A., “Hojas de cálculo en clases de ciencias”, *Journal of Sciece Education*, 3[2], 100-102, 2002.

Raviolo, A., “Hojas de cálculo y enseñanza de las Ciencias: algunas actividades con gráficos”, *Journal of Science Education*, 4 [1], 44-45, 2003.