

Uso de Hojas de Cálculo en la Enseñanza de las Ciencias

Andrés Raviolo

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

Resumen:

En este trabajo se discute sobre la potencialidad y las ventajas de las hojas de cálculo (como el programa Excel) en la enseñanza de las ciencias. También se presentan dos líneas de investigación llevadas a cabo. La primera, sobre la búsqueda y diseño de actividades tipo, que constituyan un puente entre el contenido científico abordado y el conocimiento operativo de informática. La segunda línea de investigación consiste en la evaluación de experiencias didácticas implementadas sobre la aplicación de esa tipología de actividades con alumnos; por ejemplo, la realización de la totalidad de las prácticas de problemas de química, de un curso universitario, en la sala de informática utilizando la hoja de cálculo.

Palabras claves: hoja de cálculo, enseñanza de las ciencias, tipología de actividades, experiencias didácticas.

Introducción

Una hoja de cálculo es un programa que 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. Las hojas de cálculo también permiten visualizar la información en forma gráfica y realizar secuencias de operaciones donde los datos pueden ser cambiados o estar enlazados a otros.

Las hojas de cálculo alcanzaron difusión en la década de los ochenta con el desarrollo de las computadoras personales y fueron empleadas principalmente en temas de economía. Paralelamente algunos científicos comenzaron a usar algunos programas, como el VisiCalc o Lotus, en sus cálculos y en la 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). Estas propuestas están

dirigidas a estudiantes de distintos niveles educativos, incluso se han publicado algunos libros que incluyen actividades para los últimos años de la primaria y para el nivel medio (por ejemplo: Whitmer, 1993 y Tebbutt y Flavell, 1995).

El éxito de las hojas de cálculo se debe, sin duda, a que son muy versátiles. Esta característica se pone en relieve en la enseñanza de las ciencias al permitir 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.

Su utilidad radica en que actúan como verdaderos programas, sin necesidad que el usuario domine un lenguaje de programación. En este sentido, Carson (1997) sostiene que el uso de una hoja de cálculo para la enseñanza de las ciencias está limitada por la imaginación del usuario más que por el potencial del software.

Las hojas de cálculo son un recurso que generalmente está disponible entre programas instalados en cualquier computadora. Y con respecto a su aprendizaje, se ha comprobado las ventajas de aprender su uso con contenidos específicos en lugar de hacerlo en cursos básicos de computación (Drier, 2001) que no garantizan, necesariamente, una transferencia real de ese conocimiento a las asignaturas.

En este sentido, las hojas de cálculo aportan a la educación al favorecer 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

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.

En resumen, 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.

Investigación llevada a cabo

1) Desarrollo de una tipología de actividades

Uno de los objetivos prioritarios de la investigación llevada a cabo, sobre la utilización de las hojas de cálculo en la enseñanza de las ciencias, consistió en la búsqueda y diseño de actividades tipo adecuadas para los contenidos abordados frecuentemente en la enseñanza.

Ese proceso culminó con la definición de una tipología de actividades que fue acompañada de ejemplos, la mayoría de ellos sobre contenidos de química. Estas actividades se presentaron en distintos artículos (Raviolo, 1999, 2000, 2001, 2002b, 2003a y 2003b) y se compartieron en talleres con docentes en diversos congresos (Raviolo, 2002c, 2003c y 2004).

Estas actividades mostraron procedimientos para enfrentar problemas de química en un sentido amplio. Constituyeron un puente entre el contenido químico en particular y el conocimiento operativo de informática; es decir, un nexo para transferir actividades de aprendizaje de la química a la hoja de cálculo. Esta tipología es aplicable también a otras ciencias experimentales y factible de abordar con alumnos de distintos niveles educativos.

Los tipos de actividades fueron definidos como:

(1) *Construcción de pequeños programas* (que al introducir datos de entrada realicen automáticamente una serie de operaciones y den resultados de salida). Aprovecha que el programa realiza automáticamente operaciones encadenadas, sucesivas operaciones en la que cada una de ellas hace referencia a operaciones o valores ubicados en celdas anteriores. Cualquier problema puede abordarse de este modo. Ver, a continuación, el Ejemplo 1.

(2) *Selección de información realizando un adecuado control de variables*. Por ejemplo, de una tabla que contenga mediciones de n , P , V y T para muestras de un gas ideal.

(3) *Inferir una ley a partir de realizar distintas pruebas combinando las distintas variables involucradas*, con el fin de obtener una ecuación o expresión matemática de la ley. Por ejemplo, para la tabla anterior, inducir las leyes de Avogadro, de Boyle y de Charles.

(4) *Obtención de información de gráficos y de las opciones de gráficos del programa*. Se definieron tres tipos de actividades: (a) Obtención de información de la pendiente de una recta, (b) Realización de un test gráfico y (c) Estudio gráfico de comportamientos análogos. Por ejemplo, determinar la entalpía molar de vaporización de la ecuación de Clausius- Clapeyron, la energía de activación de la ecuación de Arrhenius o la entalpía de reacción de la ecuación de van't Hoff. Ver, a continuación, el Ejemplo 2.

(5) *Creación de métodos de generación de valores de entrada para lograr un determinado propósito*. Por ejemplo, como una forma de evitar ecuaciones al cubo o a la cuarta, en cálculos de las concentraciones de las especies en el equilibrio.

(6) *Construcción de un pequeño programa que utilice en forma sistemática los datos presentados en una tabla.* Consiste en transformar una tabla 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, por ejemplo con tablas de energías de enlace, de entalpías estándar de formación, etc.

Estas actividades familiarizan a los estudiantes con procesos de modelización y simulación, al responder preguntas del tipo “¿Qué pasa sí?”; es decir, al implicarse con los aspectos más creativos de la ciencia que facilitan la comprensión de la naturaleza de la práctica científica (Hodson, 1994).

Ejemplo 1: Aplicación al comportamiento de los gases ideales. Tipo de actividad: Construcción de “pequeños programas” que al introducir datos de entrada realicen automáticamente una serie de operaciones y den resultados de salida.

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) a la que se encuentra.

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:	5 moles		
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

Ejemplo 2: Aplicación al equilibrio químico. Tipo de actividad: Obtención de información de gráficos y de las opciones de gráficos del programa (Obtención de información de la pendiente de una recta).

Problema: A partir de conocer cómo varía la constante de equilibrio con la temperatura para la reacción química de síntesis del amoníaco y teniendo en cuenta la ecuación de van't Hoff, hallar la entalpía de reacción ΔH_r° utilizando las opciones de gráficos de la hoja de cálculo.

Inicialmente se dispone de los valores de T y Kc en una tabla:

	A	B
1	Temp. (°C)	Kc
2	-100	3,90E+17
3	0	2,24E+07
4	100	3,97E+02
5	200	7,20E-01
6	300	1,18E-02
7	400	6,58E-04
8	500	7,74E-05
9	600	1,49E-05

Respuesta:

La ecuación de van't Hoff: $\ln K_c = -\Delta H_r^\circ/R \cdot 1/T + C$, tiene la forma de la ecuación de una recta $y = m x + b$, donde $x = 1/T$, la pendiente $m = -\Delta H_r^\circ/R$ y b es la ordenada al origen. Si se conoce la pendiente se puede calcular la variación de entalpía de esta reacción. Para ello, se necesita ampliar la tabla como sigue:

	A	B	C	D	E	F
20	Temperatura	T (K)	1/T	1000/T	Kc	lnKc
21	-100	173	0,00578	5,78	3,90E+17	40,5052
22	0	273	0,00366	3,66	2,24E+07	16,9226
23	100	373	0,00268	2,68	3,97E+02	5,9848
24	200	473	0,00211	2,11	7,20E-01	-0,3282
25	300	573	0,00175	1,75	1,18E-02	-4,4376
26	400	673	0,00149	1,49	6,58E-04	-7,3259
27	500	773	0,00129	1,29	7,74E-05	-9,4668
28	600	873	0,00115	1,15	1,49E-05	-11,1173

Operaciones:

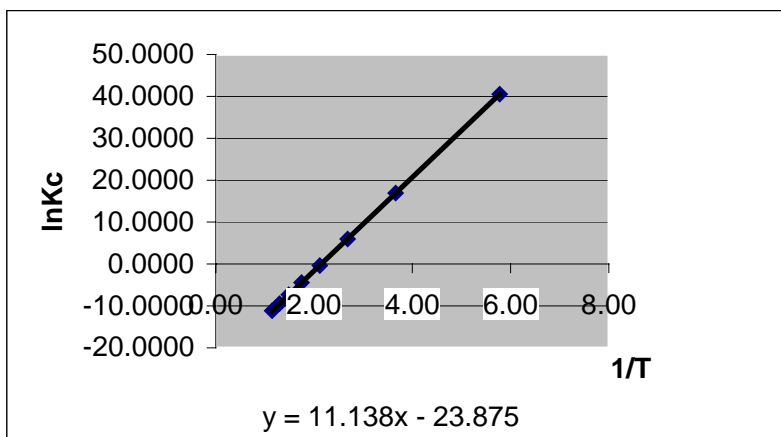
Celda B21: =A21+273 (y replicar hacia abajo)

Celda C21: =1/B21 (y replicar hacia abajo)

Celda D21: = C21*1000 (y replicar hacia abajo)

Celda F21: =LN(E21) (y replicar hacia abajo)

El gráfico resultante es:



De la ecuación de la recta se obtiene el valor de la pendiente y los cálculos continúan de la siguiente manera:

	A	B	C
30	R =	8,314	J/K.mol
31	Pendiente = $-\Delta H_r^\circ/R =$	11,138	K. 1000
32	$\Delta H_r^\circ = 8,314 \cdot -11,138 =$	- 92,60	kJ/mol

Operaciones:

Celda B32: =B30*B31

Por cuestiones de espacio no se desarrollan otros ejemplos, los interesados pueden recurrir a los artículos mencionados anteriormente. Esta tipología de actividades aporta ideas a docentes de distintos niveles educativos, para adaptarlas a los contenidos que abordan y además, dado que la lista no es exhaustiva, podrán ampliarla definiendo nuevos tipos de actividades.

2) Evaluación de experiencias didácticas

Se llevó adelante una experiencia didáctica, durante cuatro años consecutivos, con alumnos de primer año de carreras de ingeniería en un curso de Química General. Esta experiencia consistió en la realización de la totalidad de las prácticas de problemas en la sala de informática utilizando el programa Excel. Los resultados preliminares obtenidos en el primer año fueron publicados en Raviolo (2002a) y los resultados globales de los cuatro años en Raviolo (2005).

La experiencia didáctica desarrollada se propuso aprovechar el potencial de estos programas y el estímulo que produce la computadora en los estudiantes con el fin de enseñar química y, además, aportar a una formación en informática que les sea de utilidad en otras asignaturas y también fuera del ámbito educativo.

En particular, en la enseñanza de la química universitaria se observa, generalmente, cierta monotonía metodológica debido a que se repite un número limitado de rutinas: clases teóricas expositivas, clases de problemas algorítmicos y laboratorios como recetas. Como muestra la bibliografía, el uso de la hoja de cálculo es una alternativa superadora a esta situación, complementaria a otras estrategias didácticas.

La propuesta de enseñanza con la hoja de cálculo se propuso favorecer el aprendizaje de tres *tipos de contenidos* que se hicieron explícitos a los alumnos:

- A. Conocimiento de los temas químicos abordados.
- B. Conocimiento del tipo de problemas que se pueden resolver con la hoja de cálculo: los seis tipos de actividades mencionadas anteriormente. Se trata de saber resolver problemas con el programa aplicando una serie de procedimientos y estrategias que habilita el programa
- C. Conocimiento operativo de la hoja de cálculo. Se refiere al conocimiento de informática, al manejo del Excel. Es decir al saber hacer y proceder con la hoja de cálculo.

Se dio a cada estudiante una lista con el detalle de los conocimientos operativos que debía adquirir sobre el uso del software y sobre los tipos de actividades. A su vez, en las primeras unidades, en cada problema se aclaraba de qué tipo de actividad se trataba.

Para evaluar la efectividad de la propuesta llevada a cabo se utilizaron tres fuentes de información:

(a) Test sobre actitudes hacia la química y hacia la informática TAQUIN. Es un test tipo Likert con 28 afirmaciones creado para esta investigación. Su objetivo es valorar si existen cambios de actitudes a raíz del desarrollo de la experiencia didáctica en cuatro categorías: Química, Aprendizaje de la Química, Computación y Aprendizaje de la Computación, cada una compuesta de 7 ítems. Este test se administró al comenzar la primera clase como pre-test y como post-test en la última clase, ya entregados los resultados académicos.

(b) Evaluaciones del curso: abarcaron tres parciales, cada uno de ellos tenía dos partes: una evaluación sobre papel al estilo de los años anteriores (problemas y laboratorio) y una evaluación de actividades a resolver con la hoja de cálculo. Esto permitió evaluar: con los parciales comunes, si el desarrollo de la propuesta con la computadora no produjo resultados inferiores que una enseñanza tradicional; y, con los parciales con la hoja de cálculo, los logros y dificultades en los tres tipos de contenidos descriptos anteriormente.

(c) Cuestionario final de evaluación de la experiencia. Con el objeto que los estudiantes en forma anónima evaluaran la propuesta didáctica y su participación en ella. Se administró como última actividad y como cierre de las clases.

Los resultados obtenidos del test TAQUIN evidenciaron un cambio positivo (estadísticamente significativo) de las actitudes hacia los cuatro aspectos enfocados, debidas al desarrollo de la propuesta didáctica. Los estudiantes mejoraron sus actitudes y predisposiciones hacia estos temas.

Los resultados en las evaluaciones académicas mostraron promedios elevados, levemente superiores a las medias obtenidas en años anteriores que permitieron confirmar la hipótesis de que los estudiantes que resuelven problemas con la hoja de cálculo no se encuentran en condiciones desfavorables para hacerlo en situaciones típicas de resolución de ejercicios en papel. Además, un aspecto que merece ser resaltado es que el promedio final de asistencia a las clases fue muy elevado, lo que habla del grado de participación de los estudiantes y que percibieron el carácter vivencial de la propuesta y el inconveniente aparejado de perder el trabajo de una clase.

Las evaluaciones llevadas a cabo utilizando completamente la hoja de cálculo, indicaron el logro de un muy buen dominio de los tres tipos de contenidos abarcados en la enseñanza. Respeto a las habilidades con el programa se observó un gran avance si se tiene en cuenta el punto de partida: muchos alumnos no poseían ningún conocimiento sobre la hoja de cálculo. Las dificultades se observaron más sobre el contenido químico, en segundo lugar sobre la resolución de los tipos de problemas propuestos y, finalmente, escasos inconvenientes en aspectos instrumentales del software.

Por último, los resultados en el cuestionario de evaluación final de la experiencia permitieron obtener información cualitativa y cuantitativa útil para evaluar el desarrollo de la propuesta didáctica. Por ejemplo, aportó datos sobre la heterogeneidad de grupo universitario con respecto a sus conocimientos informáticos previos y a las posibilidades de acceso a una computadora. La mayoría de los estudiantes reconoció que las actividades con la computadora ayudaron a aprender los conceptos químicos y no actuó como un distractor. Afirmaron que lo aprendido les va a servir para otras materias, para la carrera en general y para su inserción laboral. En definitiva, las opiniones finales que hicieron los estudiantes fueron todas muy positivas con respecto a la metodología, dinámica y resultados de la propuesta.

Las conclusiones que se extrajeron de esta experiencia fueron:

. Los estudiantes mostraron una valoración muy favorable de la propuesta didáctica llevada a cabo, esto se tradujo en una evolución positiva de sus actitudes hacia el aprendizaje de la química y de la informática.

. Los aprendizajes logrados fueron significativos. En especial, si se tiene cuenta que algunos alumnos, en la primera clase y frente a la computadora, no sabían qué hacer con el disquete que le entregó el profesor y, terminaron el cuatrimestre, llevando adelante con éxito situaciones de evaluación de química con la computadora, que les requería el conocimiento químico, el manejo del programa y estrategias de resolución de problemas. Lo aprendido también les permitió tener un muy buen rendimiento en las evaluaciones típicas sobre papel.

. En la dinámica de las sesiones se logró un ambiente de trabajo distinto que fue muy estimulante, que influyó en la predisposición de los estudiantes a no retirarse de la sala durante las tres horas y a concurrir mayoritariamente a todas las clases.

El desarrollo de este tipo de propuesta en los primeros años de las carreras de ingeniería, si los recursos lo permiten, capacita a los estudiantes con conceptos y habilidades que podrán aplicar y ampliar durante el resto de su carrera. Para asignaturas más avanzadas pueden resultar útiles, además, aplicaciones más complejas de la hoja de cálculo que pueden consultarse en la bibliografía, por ejemplo Filby (1998).

Conclusiones

Por varias razones la utilización de las hojas de cálculo ha tenido relativamente poco impacto en las aulas. Seguramente en muchos establecimientos, especialmente en países latinoamericanos, no se han brindado las condiciones necesarias para implementarlas. En los casos en que las instituciones cuentan con computadoras, existe cierto desconocimiento sobre los posibles usos y aplicaciones de las hojas de cálculo en las distintas asignaturas de ciencias. Los profesores de ciencia no han podido acceder a la información disponible sobre qué se puede hacer con las hojas de cálculo, ni intercambiar experiencias. La información y las experiencias se encuentran escritas mayoritariamente en idioma inglés. Se espera haber hecho con el trabajo descrito en estas líneas una contribución para superar esta situación.

El tipo de actividades realizadas, así como la metodología seguida en las experiencias didácticas, pueden servir de guía para docentes, de matemática o de ciencias, que intenten implementar actividades de enseñanza con la hoja de cálculo.

En la actualidad es un objetivo educativo el proveer a los estudiantes con 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 hecho de que la hoja de cálculo esté tan ampliamente disponible entre los programas de una computadora y que presente una gran potencialidad, constituye una oportunidad para utilizar la tecnología en la enseñanza como una herramienta para lograr una más profunda comprensión y de una forma más activa. Oportunidad que se deben inscribir entre las acciones que se pueden llevar a

cabo desde las asignaturas para desarrollar en los alumnos, durante su formación, habilidades básicas en informática y/o comunicación.

Referencias bibliográficas:

- BROSNAN, T. (1989). Teaching chemistry using spreadsheets- 1: equilibrium thermodynamics. *School Science Review*, 70(252), 39-47, 1989.
- BROSNAN, T. (1990). Using spreadsheets in the teaching of chemistry - 2: more ideas and some limitations. *School Science Review*, 71(2569), 53-59.
- CARSON, S.R. (1996). Foxes and rabbits- and a spreadsheet. *School Science Review*, 78(283), 21-27.
- CARSON, S.R. (1997). The use of spreadsheets in science-an overview. *School Science Review*, 79(287), 69-80.
- DIAMENT, A. y CLEMINSON, A. (1996). Spreadsheets simulations of physical phenomena. *School Science Review*, 78(283), 29-35.
- DRIER, H. S. (2001). Teaching and learning mathematics with interactive spreadsheets. *School Science and Mathematics*, 101(4), 170-179.
- FILBY, G. (ed.) (1998). *Spreadsheets in Science and Engineering*. Springer-Verlag: New York.
- FINNEMORE, D. J. (1990). More spreadsheets in science teaching. *School Science Review*, 71(257).
- GOODFELLOW, T. (1990). Spreadsheets powerful tools in science education. *School Science Review*, 71(257), 47-57.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- OSBORN, P.M. (1987). Spreadsheets in science teaching. *School Science Review*, 69(246), 142-143.
- PENMAN, D.A. (1990). An example of the use of a spreadsheets in the teaching of physics. *School Science Review*, 71(257).
- RAVIOLO, A. (1999). Cinco tipos de actividades con la hoja de cálculo en la enseñanza de la Química (Primera parte). *Educación en la Química*, 5(3), 20-25.
- RAVIOLO, A. (2000). Cinco tipos de actividades con la hoja de cálculo en la enseñanza de la Química (Segunda parte). *Educación en la Química*, 6(1), 17-22.
- RAVIOLO, A. (2001). Más sobre el uso de la hoja de cálculo (Excel) en la enseñanza de la química: aplicaciones en termodinámica. *Educación en la Química*. 7(2), 19-27.
- RAVIOLO, A. (2002a). La hoja de cálculo en la enseñanza de las ciencias: experiencia didáctica en química universitaria. *Revista de Educación en Ciencias (Journal of Science Education)*, 3(2), 80-83.
- RAVIOLO, A. (2002b). Hojas de cálculo en clases de ciencias. Edición de una sección especial en *Revista de Educación en Ciencias (Journal of Science Education)*, 3(2), 100-102.
- RAVIOLO, A. (2002c). Excel y enseñanza de la Química. Taller realizado en la *Undécima Reunión de Educadores en la Química (REQ XI)*. San Rafael. Mendoza. 21-24 de octubre.
- RAVIOLO, A. (2003a). Hojas de cálculo y enseñanza de las Ciencias: algunas actividades con gráficos. *Revista de Educación en Ciencias (Journal of Science Education)*, 4(1), 44-45.
- RAVIOLO, A. (2003b). Más actividades con la hoja de cálculo para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación en Ciencias (Journal of Science Education)*, 4(2), 99-101.
- RAVIOLO, A. (2003c). La Hoja de Cálculo en la Enseñanza de la Química. Taller realizado en las VI Jornadas Nacionales y III Internacionales de Enseñanza Universitaria de la Química. La Plata, 28 de septiembre al 1 de octubre.

- RAVIOLO, A. (2004). La computadora en la enseñanza de la Química: el uso del Excel. Taller realizado en la *XII Reunión de Educadores en la Química (REQ XII)*, Bernal, 12-15 de octubre.
- RAVIOLO, A. (2005). La hoja de cálculo en la resolución de problemas de química. Una experiencia realizada durante cuatro años. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 10 (en prensa).
- RODRIGUES, S. (1997). The role of IT in secondary school science: an illustrative review. *School Science Review*, 79(287), 35-40.
- SWAIN, P.A. (1997). The iodine-clock reaction a spreadsheet simulation to test. *School Science Review*, 79(287), 81-85.
- TEBBUTT, M. y FLAVELL, H. (1995). *Spreadsheets in Science*. John Murray: London.
- TRUMPER, R. y GELBMAN, M. (2001). The measurement of g as a means of introducing analysis of experimental data. *School Science Review*, 82(301), 97-100.
- WHITMER, J.C. (1993). *Spreadsheets in Mathematics and Science Teaching*. SSMA: Bloomsburg.