

Ideas para el aula

HACIA LA INTEGRACIÓN DE LAS TIC EN EL AULA: UNA PROPUESTA DE TRABAJO SOBRE LA LEY DE BOYLE-MARIOTTE

Augusto Graieb^{1,2,3}, Cecilia Cantera¹, María Joselevich^{1,2}

1-Escuelas de innovación, Programa Conectar Igualdad, ANSES, República Argentina

2-Universidad Nacional Arturo Jauretche

3-Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata

E-mail:agraieb@gmail.com

Resumen. El advenimiento del Programa Conectar Igualdad, con la entrega de más de cinco millones de computadoras a estudiantes secundarios de la Argentina, trajo consigo un gran aumento en la demanda de nuevos materiales para la integración pedagógica de las TIC. La presencia de las netbooks en las aulas no implica automáticamente la integración de las TIC a la enseñanza. El uso que se haga de las computadoras dependerá –como es el caso también de otras tecnologías- de la opción didáctica puesta en práctica por los docentes. En este contexto presentamos una propuesta para la enseñanza de la Química que incorpora recursos de las TIC como facilitadores del aprendizaje, en línea con un enfoque indagatorio de la enseñanza de las ciencias. Presentamos una secuencia didáctica diseñada y llevada al aula en una serie de jornadas de capacitación a docentes de escuelas secundarias que este equipo de trabajo viene realizando desde el año 2011 en diferentes provincias de nuestro país. Se trata de una secuencia de actividades diseñada para estudiar la ley de Boyle-Mariotte en la cual se utilizan recursos audiovisuales para obtener datos empíricos y planillas de cálculo para construir una interpretación cuantitativa de estos resultados. Los resultados obtenidos permiten discutir sobre la concordancia entre los modelos y los datos experimentales, así como la relación entre las mediciones y las consideraciones teóricas en el planteo de modelos científicos.

Palabras clave: TIC, química, Boyle-Mariotte, enseñanza por indagación

Towards ICT integration in the classroom: a sequence to work on Boyle-Mariotte's law

Abstract. The implementation of the *Programa Conectar Igualdad*, which has made possible the distribution of more than five million netbooks for educational purposes, has also raised the demand for educational resources that facilitate ICT integration to teaching. Availability of *netbooks* does not necessarily mean that ICT have been integrated in teaching. The way *netbooks* are used in the classroom depends -as is also true for other technological resources- on the teacher's didactic choice. In this context, we present a teaching sequence referred to gas laws inscribed in inquiry-based teaching. It has been prepared for continuing professional development sessions on science education with

ICT. Sessions take place in different Argentinian provinces since 2011. This sequence focuses on gases properties, in particular on the variations of volume due to changes in pressure. Computers are initially used to play a movie showing a real experiment from which students obtain empirical information. Quantitative study follows, using the GeoGebra software, which allows students to fit the collected data with different mathematical functions. The outcomes give rise to discussion on the different models correlation with empirical data and also on how scientific models are constructed.

Keywords: ICT, chemistry, gas laws, inquiry based learning

INTRODUCCIÓN

En el año 2010 se puso en marcha en la Argentina el Programa Conectar Igualdad (PCI), en cuyo marco se han entregado computadoras portátiles (*netbooks*) a la gran mayoría de los alumnos de las escuelas secundarias públicas del país y a sus docentes. Con una matrícula de aproximadamente 2,9 millones¹ de estudiantes y una cuota cumplida entre 2010 y 2015 de 5,3 millones de *netbooks*, ha crecido enormemente la necesidad de recursos que faciliten a los docentes la integración de la tecnología en sus propuestas de enseñanza.

En este contexto, y en el marco del PCI, surge en el año 2011 el Plan Escuelas de Innovación, un proyecto piloto de capacitación docente en servicio estructurado por áreas disciplinares (Gvirtz y Necuzzi, 2011; Borsani, 2012; Joselevich y otros, 2014; Joselevich y otros, 2015; Hurovich y otros, 2015). Este proyecto invita a los docentes a transitar propuestas de trabajo en el aula que integran las dimensiones didáctica, disciplinar y tecnológica. La presente propuesta fue diseñada y desarrollada para las capacitaciones llevadas a cabo por el Módulo de Ciencias Naturales. El formato que se ha elegido consiste en trabajar sobre propuestas diseñadas para alumnos secundarios y analizarlas desde el punto de vista docente. La dinámica de las jornadas de capacitación consistió en invitar a los docentes participantes a ubicarse por momentos en el rol de estudiante y por momentos en el rol de profesores. Por un lado, transitar las actividades en rol de alumno permite a los profesores acercarse a la visión de los estudiantes, "vivir" la clase tal cual está planificada. Por otro lado, desde la mirada docente, se invita a la reflexión acerca de diversos aspectos sobre los cuales está construida la propuesta de trabajo (criterios para la elección de los contenidos; concepciones alternativas y algunas posibles dificultades en el aprendizaje de los alumnos; elección y potencia de los recursos que se utilizan), así como posibles alternativas a la planificación propuesta. Para evitar confusiones, en adelante

¹ Datos estimados a partir del Anuario Estadístico Educativo 2011 (<http://diniece.me.gov.ar>) y la información sobre matrícula pública y privada en la escuela secundaria según Pereyra, A. (2008). "La fragmentación de la oferta educativa: la educación pública vs. la educación privada." SITEAL Boletín Nro. 8.

llamaremos “alumnos” o “estudiantes” a los destinatarios finales de la secuencia didáctica, y “docentes” a aquellos profesores que participaron de las jornadas de capacitación. Nos referiremos a los integrantes de nuestro grupo de trabajo como “capacitadores”.

Planteo del problema

Desde la introducción de las nuevas tecnologías digitales en la educación, mucho ha sido escrito sobre sus posibles beneficios, y también sobre los potenciales nuevos problemas que podrían traer asociados. Adherimos en ese sentido a lo expresado ya en 2000 por Callister y Burbules respecto a que la utilización de cualquier tecnología o medio para la enseñanza (un pizarrón, un libro de texto, o una *netbook*²) implica decisiones sobre su uso. Pensamos que es en función de las alternativas didácticas adoptadas –más que de la tecnología en sí– que debe hacerse una valoración sobre sus posibilidades y limitaciones.

La opción de nuestro equipo de trabajo se ubica, en grandes líneas, en una perspectiva indagatoria de la enseñanza. Desde esta óptica, propugnamos por una integración de la tecnología que abone prácticas en las cuales los estudiantes sean activos partícipes de su aprendizaje, y no meros receptores de información. Esta visión implica un desafío, porque es perfectamente posible incorporar –de manera alternativa– las *netbooks* a una lógica de clase expositiva. Podemos imaginar a los alumnos como receptores pasivos, en quienes se sigue buscando depositar información, con la sola novedad de que ahora eso ocurre mediante videos que reproducen en sus computadoras. Pero también es posible lograr clases donde los estudiantes sean activos constructores de su propio aprendizaje, en las cuales las computadoras funcionen como una herramienta que nos ayude a lograr nuestros propósitos como docentes en pos de una genuina alfabetización científica.

El estudio de las “leyes de los gases”

Numerosos autores señalan que el tratamiento de las leyes que permiten interpretar el comportamiento de los gases suele llevarse a cabo de manera superficial en la educación media. La enseñanza suele comenzar con la formulación matemática de las leyes, sin concebir la importancia que tiene la comprensión y el estudio cualitativo de estas propiedades (Aydeniz, Pabuccu y otros, 2012; Kautz, Lovrude y otros, 1999; Cline, 2001). Es frecuente encontrar que las actividades propuestas a la hora de enseñar y evaluar el dominio del tema consistan en ejercicios cuantitativos en los que, a través de operaciones algebraicas elementales,

² E. Litwin define las tecnologías como “herramientas que permiten mostrar” e incluye entre ellas, por ejemplo, a pizarrones, tizas y demás objetos que se utilicen con ese propósito (Litwin, 2005).

se llega a la única solución (Niaz y Robinson, 1992; Kautz, Heron y otros, 2005; Nakiboğlu y Yildirim, 2011).

Más allá de las dificultades que implica un enfoque didáctico basado en el entrenamiento para lograr una cabal apropiación de muchos conceptos, otro impedimento que se observa en la comprensión de las leyes de los gases es la dificultad asociada a la construcción e interpretación de gráficos (Sande, 2010). Estas habilidades resultan necesarias para comprender las leyes de los gases, dado que éstas son habitualmente introducidas mediante el uso de gráficos y formuladas mediante modelos matemáticos. Entrevistas realizadas a estudiantes han puesto de manifiesto que muchos de ellos presentan problemas a la hora de relacionar más de dos variables, identificar las variables dependiente e independiente, o explicitar relaciones de causalidad entre las variables (García y Palacios, 2007; Núñez, Hernández y otros, 2009). Estas dificultades plantean la necesidad de dedicar un tiempo de la enseñanza a trabajar específicamente en la construcción e interpretación de gráficos.

Objetivo del trabajo

Mencionamos que una de las dificultades para la cabal comprensión de las leyes de los gases es el planteo de ejercicios que terminan resultando "artificiales" y cuya resolución requiere una lógica propia que no necesariamente implica comprender el fenómeno en estudio. Pensamos que una alternativa para evitar caer en este tipo de situaciones es partir de la observación de fenómenos físicos reales. Este enfoque fomenta el desarrollo de una visión científica a partir de las propias observaciones y del análisis de datos reales. De esta forma, se estimula a los estudiantes a formular preguntas que surjan de la observación del fenómeno "crudo". Se buscaría que los alumnos comprobaran por sí mismos los conocimientos adquiridos, y corroboraran continuamente si los modelos utilizados son o no consistentes con las observaciones realizadas por ellos de los fenómenos naturales.

Por otro lado, tanto en los ámbitos académicos como en los escolares, el análisis cuantitativo de los fenómenos se facilita significativamente con el uso de la tecnología adecuada para organizar y racionalizar datos o mediciones. El uso apropiado de herramientas TIC simplifica la construcción y el análisis de los gráficos, así como el trabajo con modelos matemáticos para emular los patrones observados en la naturaleza. Estas situaciones de aprendizaje, guiadas adecuadamente por el docente, deberían estimular que los estudiantes desarrollen la habilidad de construir sus propios modelos. Y así impliquen darle sentido a sus propias experiencias, y evaluar los resultados obtenidos acercándose en la práctica a algunos aspectos metodológicos de la ciencia.

En este marco, con la finalidad de brindar herramientas que tiendan a

incorporar las *netbook* al aula y a la vez abordar las dificultades inherentes a la enseñanza y el aprendizaje de un contenido en particular, es que diseñamos e implementamos en distintas capacitaciones docentes la siguiente secuencia didáctica.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA PROPUESTA

La secuencia didáctica que presentamos en este trabajo se inicia con la proyección de un video³ que muestra a un buzo sumergiéndose en el mar mientras sostiene entre sus manos un vaso de precipitados invertido, el cual está inicialmente lleno de aire (ver Figura 1). Se discute con el grupo acerca del comportamiento del aire dentro del recipiente, y se hace énfasis en el cambio de volumen que ocupa el mismo al aumentar la profundidad. En este primer momento proponemos limitarse a un análisis cualitativo, reconociendo la disminución del volumen de la burbuja de aire a medida que aumenta la presión registrada por el manómetro que lleva el buzo. Se enfoca luego la atención del grupo en la relación cuantitativa entre estas dos variables del sistema (volumen y presión). En este momento aparece la necesidad de realizar mediciones para lograr un análisis más profundo de la situación.



Figura 1. Fotogramas del video utilizado en la secuencia didáctica. En los dos últimos se puede ver el volumen ocupado por el aire atrapado dentro del vaso a diferentes profundidades.

³ Disponible en <http://youtu.be/qtm5TypWapw?list=UUKt8inF5wUjm0Ionx9Z78MA>

Los docentes, tomando el rol de estudiantes, se organizan en grupos de dos o tres que trabajan idealmente con dos computadoras, una para reproducir el video y otra para registrar los datos. Se les pide que miren nuevamente el video y que registren los tres pares de valores de presión y volumen de la burbuja de aire que aparecen sobreimpresos en el mismo. Esto puede hacerse sobre una planilla de cálculo, por ejemplo usando el programa GeoGebra⁴. Con estos datos se construye una representación gráfica y se analiza luego la variación del volumen del gas en el recipiente con el cambio en la presión.

En este punto de la actividad proponemos dedicar un tiempo a reflexionar con el grupo acerca de la metodología de obtención de los datos (observación del manómetro que lleva el buzo y estimación del volumen del aire en el recipiente) y de las incertidumbres asociadas al mismo. La idea de que todo resultado de medición implica una determinada incertidumbre es característica de las ciencias empíricas, y ésta es una situación propicia para trabajar sobre ella. La pregunta sobre el aspecto cuantitativo del problema es la que sustenta el posterior trabajo con los distintos modelos matemáticos en esta secuencia. Para plantearla se puede preguntar al grupo, por ejemplo: *¿Habrà alguna forma de saber cuál será el volumen del aire a una determinada profundidad?*

Se pasa entonces, con el auxilio de la planilla de cálculos, al análisis cuantitativo. Para ello se pide a los docentes que, a partir de un examen visual de los tres puntos graficados, busquen una regularidad en la variación del volumen del aire (V) con la presión (P). Los tres puntos hasta aquí graficados aparentan estar casi perfectamente alineados entre sí, por lo que la asociación con una función lineal decreciente para V en función de P surge inmediatamente (ver Figura 2, panel i). El programa Geogebra permite ubicar una recta a mano alzada sobre los puntos ya graficados. Utilizando esta herramienta, se pide a los docentes que tracen una recta que incluya los tres puntos, o pase lo más cerca posible de los mismos. En una primera puesta en común se analizan estos modelos lineales. Dada la disposición de los datos en la gráfica, en la gran mayoría de las capacitaciones se llega a la conclusión de que estos modelos lineales son una buena descripción del comportamiento estudiado (ver Figura 2, panel ii). Las ecuaciones de las rectas trazadas por los grupos de docentes, que se observan fácilmente con GeoGebra, permiten comprobar que las rectas elegidas por los distintos grupos son similares pero no idénticas. Nuevamente la dinámica lleva a la discusión acerca de las incertidumbres que conllevan los datos que se están utilizando. Se discute con los docentes la posibilidad de utilizar rangos de medición en lugar de mediciones puntuales para tener esto en cuenta.

⁴ Esto mismo puede hacerse en otras planillas de cálculo, nuestra elección responde a que Geogebra es un programa de código abierto, mantenido y actualizado por una comunidad ad hoc (ver <http://www.geogebra.org/cms/es/community-info>)

A continuación, los modelos lineales obtenidos por cada grupo se utilizan para estimar el volumen correspondiente a un valor arbitrario de P que se ubique *entre* las mediciones disponibles: *¿podrían decir cuál será el volumen de la burbuja a 1,2 atm?* Para luego problematizar su validez general mediante las siguientes preguntas: *¿Qué ocurriría con el volumen del gas a presiones mayores a 3 atm?* *¿Qué necesitarían para poder plantear un mejor modelo de la situación?* Estas preguntas permiten una primera aproximación a la evaluación del modelo lineal, y a determinar en qué rango de valores resulta útil y en cuál inadecuado, por ejemplo por encima de las 3 atm de presión donde predice volúmenes negativos para el cuerpo de aire.

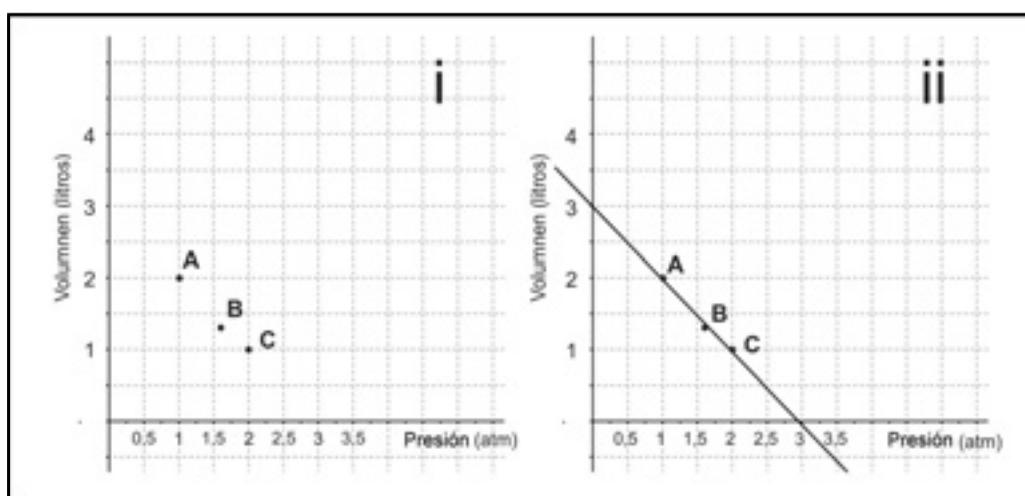


Figura 2. Gráficos de volumen en función de la presión tal como se obtienen en el programa GeoGebra. i) los tres datos originalmente extraídos del video. ii) estos mismos puntos ajustados con una función lineal.

La pregunta realizada a los docentes de: *¿cómo harían para **mejorar** la estimación del volumen para una determinada presión?* busca despertar la necesidad de contar con un número mayor de mediciones, especialmente para valores de presión cercanos al punto donde se está haciendo la estimación, para poder así establecer un modelo más adecuado. Dado que se está trabajando en la descripción de un fenómeno para estimar su comportamiento en situaciones en las que no se ha medido, se trabaja con los docentes el hecho de que la refinación del modelo requeriría nuevas mediciones.

En una segunda etapa de trabajo, y cuando esto ha sido planteado ya como una necesidad de los propios docentes, se les entrega una tabla con una nueva serie de datos. Estos datos corresponden al mismo experimento, ubicándose algunos entre los puntos ya graficados y otros por fuera del rango anterior de observación, hacia la zona de mayores

presiones. Al agregar estas mediciones al gráfico, se observa a simple vista que la recta ya no es un buen modelo para interpretar la totalidad de los puntos (ver Figura 3).

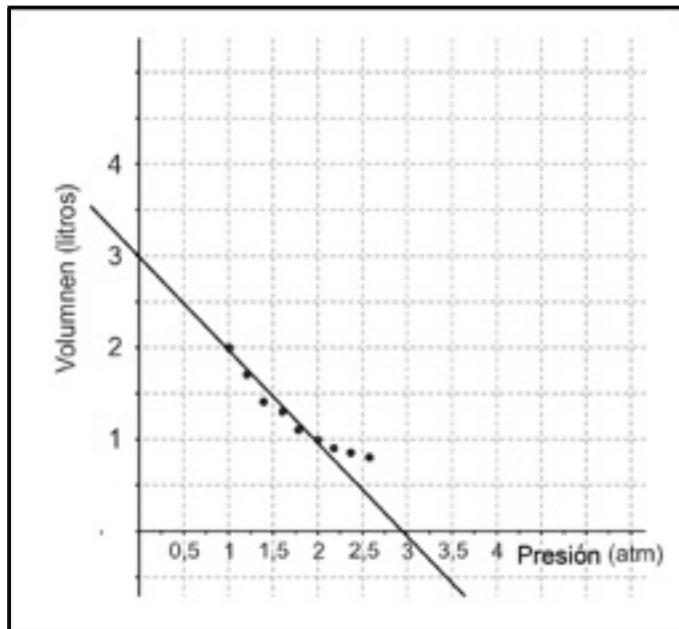


Figura 3. Conjunto completo de datos. El ajuste lineal es el generado anteriormente en base a los datos de la Figura 2.

Aprovechando la facilidad de uso del programa GeoGebra, los equipos de docentes ensayan luego el ajuste de distintas funciones matemáticas a los datos. El programa permite aplicar ajustes de funciones polinómicas, exponenciales, logarítmicas, logísticas, entre otras. Como puede verse en el panel (i) de la Figura 4, el trazo de una parábola reproduce aceptablemente el conjunto ampliado de datos, y se podría pensar entonces que esta función, al igual que una hipérbola (Figura 4, panel ii) constituyen mejores modelos que la ecuación lineal para interpretar el fenómeno de la compresión. Desde el punto de vista estrictamente matemático, tanto la primera recta (aplicada al conjunto inicial de datos) como la parábola y la hipérbola (para el conjunto de datos completo) podrían constituir modelos válidos para la estimación del volumen. Como podemos ver, los elementos matemáticos de por sí no nos permiten elegir entre estos modelos. Para resolver esta situación, veremos que entran en juego elementos teóricos extramatemáticos.

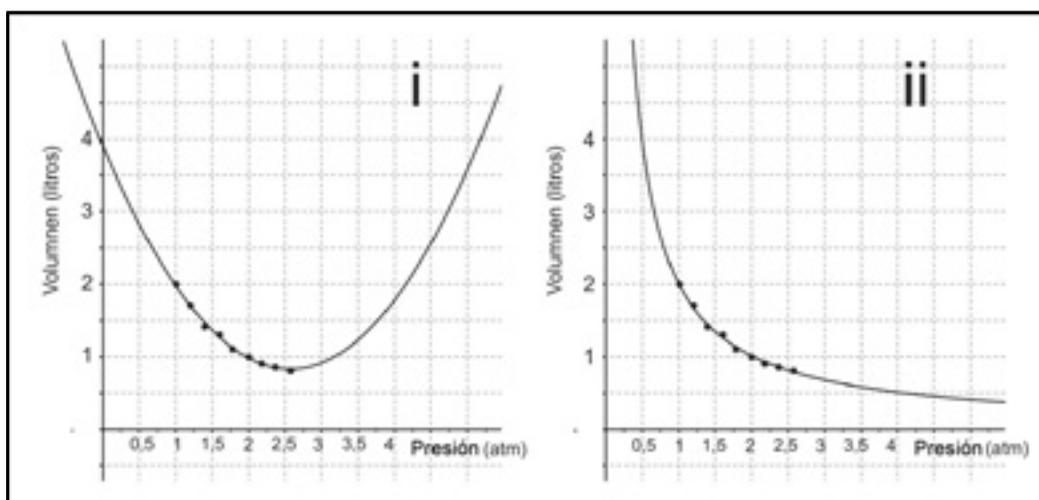


Figura 4. Conjunto completo de datos ajustados mediante una función cuadrática (i) o con una función hiperbólica (ii).

Una vez planteados los distintos modelos matemáticos por los grupos de docentes, se hace una puesta en común en la cual se analiza el rango de validez de las funciones propuestas, esta vez poniendo en juego consideraciones fenomenológicas extramatemáticas. Un análisis del gráfico muestra que un comportamiento parabólico implicaría una respuesta dual del gas ante un aumento sostenido de la presión: compresión a medida que ésta aumenta en un rango de presiones “bajas” (menor a 2,5 atm en el caso de la Figura 4.i), y luego expansión a medida que la presión sigue aumentando. A pesar de ajustarse de manera aparentemente adecuada a los datos, este modelo parece contradecir el comportamiento monótono que se esperaría de los gases. En la capacitación, se busca que surja nuevamente la necesidad de contar con nuevas mediciones de presión, cuyos valores caigan en la zona del gráfico donde este modelo predice un aumento del volumen con la presión. Una discusión análoga podría darse en el caso de la función lineal, que predice valores negativos para el volumen por encima de cierta presión. En este caso, la predicción es claramente contraria a las nociones que se tienen sobre la materia y no es necesaria una refutación empírica.

En esta etapa de la secuencia se discute con los docentes un punto importante cuyo tratamiento forma parte de los objetivos de esta secuencia didáctica, y que refiere directamente al proceso de construcción de modelos en ciencia. Los modelos planteados deben explicar el fenómeno en estudio, pero a la vez resultar coherentes con toda una serie de observaciones y construcciones teóricas que pueden excederlo. Se puede ver que la ayuda de las computadoras en este caso es central, porque hace posible que, en una situación de clase, podrían ser los propios alumnos quienes generen rápidamente los ajustes y puedan luego pasar

a evaluar su validez.

La secuencia concluye con un cierre a cargo del capacitador, una recapitulación dialogada de lo trabajado, explicitando finalmente que la formalización hiperbólica (Figura 4, panel ii) se corresponde con la ley de Boyle-Mariotte, que podemos expresar como $P.V = constante$

Cabe destacar que si bien se ha construido esta ley a partir de datos empíricos, se considera estrictamente válida sólo para gases ideales, es decir entes hipotéticos constituidos por partículas de dimensiones despreciables, consideradas como puntos y que no interactúan entre sí. Sin embargo, se puede observar que, para el caso del aire, y con los datos que se proporcionan en esta propuesta, la ley de Boyle-Mariotte resulta adecuada para describir la compresión observada, es decir para el aire en un rango de presiones bajas y una temperatura de 25°C. Sabemos que el comportamiento de los gases reales se aparta de esta ley a presiones elevadas, y que existen correcciones matemáticas que permiten extender su rango de validez. Sin embargo, aún estos modelos con correcciones no serán adecuados cuando ocurra un fenómeno nuevo en el sistema: la licuefacción. Esta serie de razonamientos pueden contribuir a aclarar el importante rol de los modelos en ciencias de una manera crítica, incorporando la noción de rango de validez de un modelo.

ALGUNOS RESULTADOS, CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS

En la presentación de esta secuencia didáctica hemos encontrado una muy buena disposición por parte de la gran mayoría de los docentes participantes a ubicarse en el "rol de alumnos" e intentar resolver las situaciones presentadas de manera genuina. Esto es especialmente marcado en el caso de los docentes que no suelen dictar los contenidos abordados. Este cambio de roles contribuye a llevar adelante la capacitación en un marco distendido y lúdico.

La elección de un video que representa una situación real tiene como objetivo poner de manifiesto que lo que se está estudiando es, justamente, el comportamiento de los gases en la naturaleza. Insistimos en este aspecto por sus derivaciones didáctico-epistemológicas, en tanto partimos de un sistema real, sobre el cual establecemos finalmente una ley que es estrictamente válida para gases *ideales*. No sería lo mismo, en este sentido, usar en lugar del video un simulador. Aunque hay muchos simuladores disponibles que representan satisfactoriamente la compresión de un gas ideal, no pueden reemplazar la observación directa del fenómeno, por el mismo hecho de tratarse de idealizaciones. Deducir la ley de Boyle-Mariotte a partir de un simulador, que usa esta ley para simular la dependencia entre presión y volumen, implicaría un recorrido circular. De ahí que el significado que la ley tendría para los estudiantes tras haberla deducido a partir de un modelo puede ser muy

diferente al que se origina en la observación empírica. Este es un ejemplo donde distintos usos de la tecnología estarían reflejando distintas posturas didácticas. Por otro lado es esperable que, tras haber introducido en base a una experiencia concreta las variables presión y volumen, los estudiantes puedan construir para estas variables definiciones operacionales. Y que estas definiciones les resulten más significativas que las logradas en modelos de enseñanza que prioricen la resolución de problemas numéricos.

Tras la primera reproducción del video, en general se ponen de manifiesto ideas alternativas de algunos docentes sobre lo que se está observando. Un ejemplo recurrente en las capacitaciones realizadas es que surgen dudas respecto de la ubicación relativa de los cuerpos de aire y de agua en el recipiente. La situación puede aclararse retomando situaciones de la vida cotidiana y comparando la densidad de cada una de las fases (la densidad del aire es unas mil veces menor que la del agua).

Es común asimismo encontrar planteos según los cuales el volumen del aire disminuye al aumentar la presión por estar disolviéndose en el agua. Pensamos que en el caso de los profesores este razonamiento puede partir de la premisa de que la solubilidad de los gases aumenta con la presión (ley de Henry). Cuando surge esta interpretación es importante destacar que como el vaso de precipitados de la experiencia es un sistema abierto, si el aire pudiera disolverse en el agua, este fenómeno ocurriría hasta que todo el gas se hubiera disuelto por completo en el mar, siempre que se le diera el tiempo suficiente. Una forma de resolver esta situación podría ser utilizar un recurso en el cual el buzo, luego de sumergirse con el recipiente, ascendiera hacia la superficie mostrando que al realizar esta operación el volumen del aire en el vaso aumenta hasta volver a la situación inicial.

Por otro lado, dado que se está trabajando a bajas profundidades, de menos de 10 metros, nos parece razonable suponer que no habrá una disolución neta significativa, porque el agua a estas profundidades está normalmente saturada en aire o muy cerca de estarlo.

El video que hemos elegido, como mencionamos más arriba, se utiliza en esta secuencia didáctica como fuente de información empírica. Tras el trabajo en la planilla de cálculo a partir de los datos obtenidos del video, comprobamos que la lectura cualitativa del gráfico de volumen en función de la presión no presentó, en general, problemas para los docentes, aunque sí podría ser el caso con alumnos de secundaria. Si así fuera, pensamos que el trabajo con gráficos en la computadora podría ser una útil herramienta para despejar algunas de estas dificultades. El uso de la computadora como herramienta para la confección de gráficos nos permitiría evitar toda una serie de errores que pueden originar confusión al momento de interpretar los resultados, y brinda la posibilidad

de experimentar fácilmente con gráficos de funciones (Ruthven, Deaney y otros, 2009). De hecho, en varios estudios se ha demostrado que el trabajo interactivo con gráficos en las aulas mejora las habilidades de los estudiantes en la comprensión de los mismos (Lavery y Kortemeyer, 2012).

Uno de los aspectos destacados como problemático en la bibliografía sobre el manejo de gráficos por parte de los alumnos refiere a la dificultad que muchas veces presenta la identificación de las variables dependiente e independiente (Núñez, Banet Hernández y otros, 2009). En nuestro caso no detectamos esta dificultad durante las jornadas de capacitación, y no esperaríamos encontrarla tampoco con alumnos siendo que la relación de causalidad (variación de la presión que conduce a un cambio en el volumen) surge sin problemas de la observación del video.

En el trabajo con docentes del área ciencias naturales, en cambio, la principal complicación aparece al momento del tratamiento cuantitativo de los datos mediante el ajuste de funciones matemáticas. Observamos dudas en los docentes al momento de conceptualizar la función matemática como un modelo que describe el comportamiento que están estudiando, pero que está construido en base a datos empíricos. Consideramos que este hecho deja entrever que, cuando en el tratamiento más tradicional de estos contenidos se enuncia la Ley de Boyle como "P. V = constante", probablemente esta formalización no esté resultando significativa. Con esto queremos decir que los estudiantes probablemente no lean en este enunciado matemático una ley de proporcionalidad inversa entre las variables, aunque el enfoque permita resolver ejercicios de manera algorítmica, como ya hemos referido más arriba. Nuestra propuesta para superar este inconveniente es el trabajo en conjunto con los docentes del área de Matemática. En la bibliografía sobre didáctica de las matemáticas no es infrecuente encontrar, a modo de crítica sobre la forma de introducir los problemas en las clases, que éstos habitualmente aparecen desconectados de situaciones reales, resultando por ese motivo "artificiales" (Joshua y Dupin, 2005). El ejemplo que presentamos en esta secuencia didáctica representa pues una buena motivación para lograr, de manera auténtica y en base a necesidades surgidas de los propios contenidos, el trabajo en equipo por parte de los docentes de ciencias y matemáticas.

Merece una mención especial, asimismo, la discusión sobre la formulación de modelos, que involucra fundamentalmente al aspecto metodológico de la ciencia. Inicialmente se muestra que, a partir de unos pocos datos, desde el punto de vista matemático, podría resultar aceptable utilizar un ajuste lineal para describir el comportamiento del sistema que se está estudiando. Al agregar más mediciones la recta deja de ser conveniente, pero podemos utilizar en su lugar una función cuadrática. La

situación es perfectamente general y podríamos seguir por este camino, encontrando una y otra vez funciones que satisfagan localmente cantidades crecientes de datos. ¿Cuál es el criterio para elegir, entonces? Como hemos relatado más arriba, en el curso de la secuencia didáctica se observa que, a pesar de que diferentes ajustes matemáticos podrían en principio ser aceptados, son las condiciones extramatemáticas del problema las que nos permiten descartar algunos de estos modelos a la vez que nos invitan a incorporar nuevas mediciones. La incursión en estos aspectos metodológicos de la ciencia resulta importante para transmitir una visión de ciencia que se ajuste a la actualmente aceptada (Gil Pérez y otros, 2005). En este mismo sentido el abordaje que hemos propuesto, en el cual el problema planteado no tiene una respuesta única e inequívoca, permite la confrontación crítica y genuina de modelos en base a las evidencias que aporta la observación del fenómeno.

A modo de cierre, y recapitulando lo expresado al comenzar, consideramos que la escuela secundaria argentina está ante la oportunidad de modernizar sus prácticas integrando los recursos tecnológicos con una aproximación didáctica que sea más significativa para los alumnos. La integración de las *netbooks* brinda la oportunidad de revisar, a un tiempo, nuestras prácticas pedagógicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aydeniz, M., Pabuccu, A., Cetin, P. S., y Kaya, E. (2012). Argumentation and students' conceptual understanding of properties and behaviors of gases, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(6), 1303-1324.
- Borsani, V., Coll, P. E., Escayola, R., López, E., y Urretabizkaya, J. I. (2012). Iniciando el camino con GeoGebra, *Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo*. ISSN 2237-9657, 1(1), CCV-CCXV.
- Callister T. y Burbules N. C. (2000). *Watch It: The Risks And Promises Of Information Technologies For Education*, (En español: Callister, T. y Burbules N. C. (2006). *Educación: riesgos y promesas de las nuevas tecnologías de la información*), Buenos Aires: Ediciones Granica
- Cline, B. L. (2001). *The study of constructivist mathematical modeling for Instruction of the gas laws in a high school chemistry unit*. Tesis doctoral presentada en la Emporia State University, Kansas, Estados Unidos.
- García, J. J. G. y Palacios, F. J. P. (2007). ¿Comprenden los estudiantes las gráficas cartesianas usadas en los textos de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 107-132.

- Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo Barrios, C., Valdés, P., y Vilches Peña, A. (2005). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. *Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe*.
- Gvirtz, S., Necuzzi, C. (Comp.) (2011). *Educación y tecnologías, Las voces de los expertos*, Buenos Aires: ANSES.
- Johsua, S. y Dupin J.J. (2005). *Introducción a la didáctica de las ciencias y la matemática*, Buenos Aires: Ediciones Colihue SRL
- Joselevich, M (coord.), Caraballo, D., Cucci, G. Fantini, V. Ferrante, C. Graieb, A. Hurovich, V. Prieto, M. (2014). *Ciencias Naturales y TIC. Orientaciones para la enseñanza*. Plan Escuelas de Innovación, Programa Conectar Igualdad, ANSES. 1ª ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ANSES, 2014. E-Book. ISBN 978-987-27243-8-2
- Azpiazu, S., Caraballo, D., Cucci, G., Fantini, V., Ferrante, C., González, A., Hurovich, V., Iribarren, L., Joselevich, M., Lucchina, L., Schneider, E., Vasconcelos, S., Martínez, A. (2016). En: Joselevich, M., Fantini, V., Martínez, A. (coord.) *Ciencias Naturales y TIC: orientaciones para la enseñanza: segunda parte*. 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ANSES, 2015.
- Hurovich, V. Azpiazu, S., Cucci, G. Joselevich, M. (2015). Hacia la integración de las TIC en el aula: una propuesta de trabajo sobre cinemática utilizando sensores electrónicos de distancia, *Revista de Enseñanza de la Física*. vol.27 n°extr. 525 - 531.
- Kautz, C. H., Heron, P. R., Loverude, M. E., y McDermott, L. C. (2005). Student understanding of the ideal gas law, Part I: A macroscopic perspective, *American Journal of Physics*, 73(11), 1055-1063.
- Kautz, C. H., Lovrude, M. E., Herron, P. R. L., y McDermott, L. C. (1999). Research on student understanding of the ideal gas law, en: *Proceedings, 2nd International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)*, 83-85.
- Laverty, J., y Kortemeyer, G. (2012). Function plot response: A scalable system for teaching kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 80(8), 724-733.
- Litwin E. (2005). *Tecnologías educativas en tiempos de Internet*. Buenos Aires: Ed. Amorrortu
- Nakiboğlu, C. y Yildirim H. E. (2011). Analysis of turkish high school chemistry textbooks and teacher-generated questions about gas laws, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9 (5), 1047-1071.

- Niaz, M. y Robinson W. R. (1992). From 'algorithmic mode' to 'conceptual gestalt' in understanding the behavior of gases: An epistemological perspective, *Research in Science y Technological Education*, 10(1), 53-64.
- Núñez, F., Hernández, E. B., y Aranda, R. C. (2009). Capacidades del alumnado de educación secundaria obligatoria para la elaboración e interpretación de gráficas, *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 27(3), 447-462.
- Pereyra, A. (2008). La fragmentación de la oferta educativa: la educación pública vs. la educación privada, *Boletín electrónico Nro. 8*, SITEAL
- Ruthven, K., Deaney, R. y Hennessy, S. (2009). Using graphing software to teach about algebraic forms: A study of technology-supported practice in secondary-school mathematics, *Educational studies in mathematics*, 71(3), 279-297.
- Sande, M. E. (2010). *Pedagogical content knowledge and the gas laws: a multiple case study*. Tesis doctoral, UNIVERSITY OF MINNESOTA.