

EL LABORATORIO QUE APRENDE A ENSEÑAR A APRENDER QUÍMICA SEGURA

Pierina Pilatti

CeRP del Suroeste, Colonia, Uruguay.

pierinapilatti@gmail.com

Resumen

Se pretende mediante este escrito compartir un abordaje de actividades ya conocidas en el ámbito de la enseñanza y el aprendizaje de la Química promoviendo el desarrollo de competencias, buscando la metacognición de los aprendizajes como forma de conocer cómo se aprende y poder conocer entonces cómo aprenden otros. En este marco se plantea acercar a los estudiantes a un conocimiento profundo de la Química y su enseñanza en el laboratorio a través de los temas transversales: seguridad y cuidado del medio ambiente. Es conveniente destacar la importancia de un trabajo coordinado y colaborativo en el departamento de Química para que este proyecto tenga sentido formando parte de una proyección de las secciones y los cursos de profundización. Se presenta de esta forma una reflexión personal impregnada por todas las experiencias compartidas con colegas y estudiantes en las clases áulicas, salas y actividades de formación continua. Se busca ofrecer una visión globalizadora y transversal de uno de los baluartes estructurantes de la Química: la enseñanza en el laboratorio, con la finalidad que los futuros docentes de Educación Media encuentren las bases epistemológicas y conceptuales de la disciplina tanto como las de impacto social, tecnológico y ambiental.

Palabras clave: laboratorio; seguridad; aprendizaje por competencias; aprendizaje por indagación.

1. El laboratorio que conocemos

El laboratorio de Química es, para muchos profesores de los distintos niveles, seguramente muy distante al de hace tres décadas, impregnado por la movilidad de la sociedad, la eclosión de la tecnología y la propia historia de la química, ciencia que ha buscado identidad y ha migrado paradigmáticamente. Esto se ve reflejado en los fundamentos programáticos actuales, las metodologías y la forma de presentar los aspectos relevantes que definen el estudio de la química asociados a fomentar ciudadanos reflexivos, preocupados por los avances, el medio ambiente y la sociedad como parte integral de su vida que distan de la otrora parva de técnicas mecanicistas comprobatorias de leyes y postulados.

El ser humano a lo largo de la historia ha transformado la naturaleza para su subsistencia y bienestar, la materia y sus transformaciones por lo tanto han sido objeto de estudio de la filosofía, de las ciencias de la naturaleza y de las ciencias sociales, repercutiendo en la vida cotidiana, marcada por procesos importantes tecnológicamente: el uso del fuego, la fabricación de cerámica y de vidrio, la síntesis de polímeros artificiales entre otros. Un acercamiento al trabajo en el laboratorio va más allá de conocer principios, leyes y teorías, permite captar su esencia como ciencia.

Procesos como los mencionados en el párrafo anterior son los que la enseñanza de la química en el laboratorio ha replicado para que los estudiantes comprendan los métodos de síntesis, descomposición y análisis. Se convierte de esta forma el aprendizaje en el laboratorio un territorio de aplicación de técnicas, de observación y registro de datos y de conclusiones muchas veces forzadas por los resultados a verificar.

En este tiempo de búsqueda constante de estrategias, de trabajo con el otro, el laboratorio de Química se vuelve un espacio de encuentro de saberes, de dudas, de intercambio, de producción, de creación de recursos didácticos, de miradas diferentes, de acuerdos y también un lugar físico cargado de un mundo inanimado pronto para esculpirse.

No se puede realizar una apreciación simplista de la enseñanza en el laboratorio, el trabajo depende del carácter didáctico que le de cada profesor. Se centró principalmente en propuestas de actividades de verificación planteadas en los libros de texto o en manuales, esta situación ha tratado de cambiarse en las últimas décadas dándole la función importante de desarrollar competencias de alto nivel cognitivo, a través de una metodología

por indagación. Son muchos los estilos de enseñanza en el laboratorio que se han puesto a prueba desde fines del siglo XX, por descubrimiento, resolución de problemas, divergente, indagatorio, entre otros, todos con la finalidad de lograr efectividad en el aprendizaje significativo de los contenidos de Química.

La intención de la búsqueda por parte del profesorado de Química de estilos y estrategias está condicionada por la concepción de ciencia que domine al colectivo del momento. Alejar al estudiante de la aplicación de la “receta de cocina” y considerar que el trabajo en el laboratorio está íntimamente relacionado con la idea de ciencia que incorporan los estudiantes, supone rescatar la faceta motivadora que la Química ha tenido desde sus inicios, lo fenomenológico, lo experimental, lo industrial, la explicativa de lo cotidiano y la naturaleza.

Al pensar en un proyecto que sea significativo para los futuros profesores en la búsqueda de su identidad profesional se intenta establecer un nexo entre los principios de la Química y las repercusiones sociales y ecológicas.

Se han presentado los saberes de la Química para su enseñanza pensando en lo que se debe comprender de acuerdo a lo que se sabe, cuestión que es importante pero no el único aspecto a tener en cuenta, se intenta desarrollar el perfil de egreso esperado, un profesional con firmes conocimientos teóricos, creador y difusor de cultura, comprometido con la formación integral de sus estudiantes. Esto se logra con una formación colaborativa, coordinando los diferentes ámbitos disciplinares e inter y extra institucionales, y problematizando los conocimientos que le permitan reflexionar sobre las prácticas.

Edgar Morin (1999, p.16) plantea que la educación debe promover una “inteligencia general” apta para referirse al contexto, a lo global, a lo multidimensional y a la interacción compleja de los elementos, su configuración fundamental es la capacidad de plantear y de resolver problemas.

2. El laboratorio que desarrolla competencias

Acordando con estos lineamientos, es importante que el estudiante de profesorado adquiera a través de la enseñanza en el laboratorio una postura interpretativa, reflexiva y crítica que repercuta en su accionar como futuro docente.

El manejo de los residuos con responsabilidad ciudadana es un tema que compete a todos y repercute en el cuidado de la salud y el medio ambiente. Segura-

mente en todos los cursos de enseñanza de la Química que incluyen trabajar en el laboratorio se generan residuos de distinto tipo pero, ¿Qué medidas se toman? ¿Somos conscientes los profesores y estudiantes de la importancia de establecer un plan de acción que minimice el riesgo relacionado con los desechos de laboratorio? ¿Es responsabilidad únicamente de los profesores y estudiantes de las carreras afines con la disciplina?

Los cuestionamientos planteados anteriormente son la base que estructura este proyecto que tiene como finalidad incentivar a los estudiantes del profesorado de Química a buscar alternativas posibles de mejora en la seguridad del trabajo en el laboratorio y en la vida cotidiana a través de la toma de decisiones en la elaboración de las planificaciones áulicas y promoción de acciones responsables en los hogares, como se indica en la figura 1.



Fig. 1: Relación: Laboratorio ↔ Hogar.
Fuente: elaboración propia.

En el libro Púrpura (2017) se define SGA: el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de productos químicos (SGA o GHS por sus siglas en inglés) establece criterios armonizados para clasificar sustancias y mezclas con respecto a sus peligros físicos, para la salud y para el medio ambiente. Incluye además elementos armonizados para la comunicación de peligros, con requisitos sobre etiquetas, pictogramas y fichas de seguridad.

El SGA clasifica a los peligros en peligros físicos, para la salud y para el medio ambiente. Para determinar la peligrosidad de una sustancia pura, una solución diluida o una mezcla saber informarse es primordial. Los pasos a seguir son los siguientes: identificar los datos relevantes sobre los peligros de una sustancia o mezcla, examinar estos datos para identificar los peligros asociados a la sustancia o mezcla y decidir sobre si la sustancia o mezcla clasifica como peligrosa y determinación de su grado de peligrosidad.

Al seguir los pasos indicados se desarrollan competencias relacionadas con el cómo se informan los estudiantes y cómo fundamentan su decisión de determinar el grado de peligrosidad.

Las actividades que se presentan en la Tabla 1 están marcadas por las competencias a desarrollar en los futuros profesores de Química de Educación Media destacando la capacidad de diseñar recursos didácticos. La propuesta tiene la intención de desarrollar habilidades en los estudiantes que le permitan resolver problemas, producir recursos didácticos y profundizar el conocimiento disciplinar.

Tabla 1. Propuesta de actividades para desarrollar competencias en estudiantes de profesorado de Química.

Actividades propuestas	Competencias a desarrollar	Indicadores de aprendizaje. Diseño de recursos didácticos
1-Análisis de ficha de seguridad de H_2SO_4 , NaOH y CH_3COOH .	Desarrollar uno de los hábitos más importantes en la seguridad en el laboratorio: informarse	Capacidad para interpretar pictogramas para uso en clases áulicas de Educación Media.
3-Interpretación del texto de Ira Remsen. (1901). 4-Rediseño de la actividad experimental que menciona Remses en sus escritos con el objetivo de minimizar los riesgos.	Reflexionar sobre el lugar que se le daba a la seguridad en un laboratorio de comienzo del siglo XX.	Capacidad para diseñar una actividad de laboratorio que minimice riesgos.

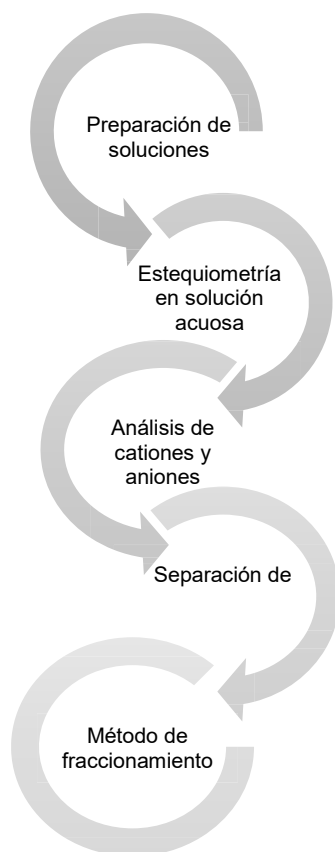
Actividades propuestas	Competencias a desarrollar	Indicadores de aprendizaje. Diseño de recursos didácticos
<p>5-Resolución de la problemática planteada por indagación.</p> <p>¿Qué es conveniente usar un limpiahornos comprado o proceder como aconseja el video encontrado en la web?</p> <p>¿Cómo proceder si se prende fuego el aceite que se encuentra en un sartén al fuego?</p>	<p>Diseñar y realizar actividades experimentales que permitan resolver el problema planteado.</p> <p>Saber elegir las causas de mayor incidencia, los puntos críticos y tomar decisiones fundamentadas.</p>	<p>Capacidad para cruzar la información teórica con instrumentos para diseñar actividades experimentales que permiten dar respuesta a las preguntas problemas.</p> <p>Capacidad para divulgar en forma escrita conocimiento de importancia en la seguridad construyendo un cartel informativo.</p>
<p>6-Reconocimiento de compuestos químicos peligrosos en productos usados en la cocina del hogar.</p> <p>7-Diseño de una app para uso ciudadano que contenga información importante sobre almacenamiento, desecho o accidente con productos químicos peligrosos que generalmente se encuentran en los hogares.</p>	<p>Detectar los riesgos y anotar la medida de precaución para evitarlos.</p> <p>Seleccionar información de los productos químicos peligrosos e incorporarla en el diseño de una app</p>	<p>Capacidad para elaborar una ficha de los productos del hogar de acuerdo a los compuestos químicos peligrosos que contienen.</p> <p>Capacidad para seleccionar la información pertinente y transformarla en narrativa comunicativa para que los ciudadanos la usen en su hogar.</p>
<p>8-Construcción de tabla con datos de inflamabilidad.</p> <p>9-Análisis de un testimonio de una persona que sufrió un accidente en un laboratorio de enseñanza de la química y posterior reflexión.</p>	<p>Seleccionar sistemas inflamables que se encuentran en el laboratorio y buscar los datos de inflamabilidad y temperatura de autoignición.</p> <p>Reflexionar al mirar testimonio de persona que sufrió un accidente en el laboratorio de Química.</p>	<p>Capacidad para construir tabla de datos.</p> <p>Capacidad para buscar alternativas y usar recursos en la web para realizar actividades experimentales.</p>

Actividades propuestas	Competencias a desarrollar	Indicadores de aprendizaje. Diseño de recursos didácticos
<p>10-Intervención en debate generado a partir de la presentación de dos noticias actualizadas y contextualizadas (Ejemplos año 2018 y 2019: derrame de solución de hidróxido de sodio en ruta de transporte y derrame de sustancia tóxica en el teatro Solís)</p> <p>11-Creación de un texto para usar en el aula con enfoque CTSA a partir de 2 noticias trabajadas.</p>	<p>Reflexionar sobre accidentes recientes relacionados con productos químicos peligrosos.</p> <p>Escribir un texto a utilizar como recurso didáctico en clase.</p>	<p>Capacidad para fundamentar las intervenciones en un debate.</p> <p>Capacidad para construir un texto a utilizar como recurso didáctico.</p>
<p>12- Microescala y simulación: Diseño de una actividad de titulación a microescala e interpretación de una simulación virtual.</p>	<p>Diseñar una actividad a microescala con materiales entregados.</p> <p>Interpretar y analizar el uso didáctico de una simulación virtual.</p>	<p>Capacidad para diseñar actividades experimentales.</p> <p>Capacidad para interpretar y analizar recursos didácticos virtuales.</p>
<p>13- Aplicación de cuestionario diagnóstico a los docentes orientadores de los laboratorios sobre residuos que se generan en los laboratorios de la institución.</p> <p>14-Diseñar actividades experimentales encadenadas, utilizando los residuos que se generan en el laboratorio de Química.</p>	<p>Plantear interrogantes apropiadas a la finalidad perseguida.</p> <p>Comunicar en forma clara el cuestionario diagnóstico.</p> <p>Innovar en los diseños experimentales.</p>	<p>Capacidad de elaborar una encuesta a aplicar a docente orientadores de laboratorio.</p> <p>Capacidad para crear métodos que minimicen el impacto de los residuos.</p>

Actividades propuestas	Competencias a desarrollar	Indicadores de aprendizaje. Diseño de recursos didácticos
15-Elaborar un plan de intervención para recolectar residuos en los laboratorios del C.F.E. 16-Evaluar el impacto generado.	Reflexionar sobre la problemática de los residuos en las instituciones educativas. Organizar criterios de clasificación de residuos. Promover la responsabilidad ciudadana. Elaborar un instrumento de evaluación.	Capacidad para crear un plan de intervención. Capacidad para comunicar objetivos del plan de intervención. Capacidad para diseñar un instrumento de evaluación. Capacidad para interpretar los resultados de la evaluación.

2.1 Actividades encadenadas

Es conocida la problemática en los laboratorios de Química sobre la decisión a tomar con respecto a los residuos que se generan, a raíz de esto surgen preguntas como las siguientes: ¿cuáles se pueden desechar?, si es así, ¿de qué forma?, de lo contrario, ¿cómo se almacenan? La búsqueda de soluciones ha estado presente de forma continua en la agenda de las salas de Química, en muchos períodos se han implementado diversas estrategias, entre ellas la que se presenta en este proyecto: trabajar con los residuos como sistemas materiales para realizar otras actividades. La propuesta presente tiene como finalidad sistematizar una serie de actividades encadenadas que tengan como eje transversal la metodología basada en indagación y como objetivos principales: minimizar la producción de residuos con propuestas a microescala y complementar los procedimientos reales con laboratorios virtuales, tal como se muestra en la Tabla 2.

Figura 2. Actividades encadenados y residuos generados

Actividades experimentales encadenadas	Residuos de cada actividad
--	----------------------------

A continuación, teniendo en cuenta lo presentado en la figura 2, se presenta un circuito de laboratorio a modo de ejemplo: 1) Preparación de solución de HCl 2,0 mol/L, residuo 1. 2) Estequiometría en solución: Reacción entre NaHCO₃ y residuo 1 generando residuo 2. 3) Métodos de Fraccionamiento utilizando residuo 2: Cristalización y destilación, recuperación de NaCl.

2.2 Laboratorios virtuales y a microescala

La realización de actividades experimentales sin costo y sin correr riesgos son las características más fuertes de la incursión de laboratorios virtuales en el ámbito de la enseñanza de la Química. Se consideran complemento a las actividades experimentales presenciales

El laboratorio virtual permite a los estudiantes repetir tantas veces como considere necesario las actividades. Al contrario, el laboratorio real en el cual los tiempos y recursos son escasos, la mayoría de las prácticas experimentales se realizan por única vez a no ser que el proceso sea analítico y precise datos concordantes. De esta forma los laboratorios reales y virtuales se complementan.

Otra de las actividades propuestas implica desarrollar una actividad a microescala. El aprendizaje sobre el manejo de los residuos que se da en las instituciones educativas forma en actitudes responsables ante la contaminación ambiental, la convivencia y el control de residuos. La técnica a microescala permite concientizar a los estudiantes de la necesidad del ahorro de recursos, de la importancia de manipular las sustancias en un nivel que implique menor riesgo y reducir la cantidad de desechos que se produce durante las actividades experimentales con la posibilidad de lograr un mismo conocimiento tanto con actividades a microescala como a macroescala. También se favorece la autosuficiencia y creatividad al promover el diseño y construcción de materiales de laboratorio.

La microescala es una técnica que se emplea en el ámbito profesional, por ejemplo microelectrodos selectivos, la disminución del tamaño de muestra en técnicas polarográficas y espectrofotométricas; los márgenes en los que se localizan las técnicas a macroescala son de 10-50 g para sistemas sólidos y de 100-500 mL de sistemas líquidas, mientras que los de microescala son: 25-100 mg para sistemas sólidas y 100-2000 μ L para sistemas líquidos. Es importante aclarar que aunque en el trabajo a microescala el porcentaje de residuos es considerablemente pequeño, el tratamiento de los mismos es un hábito formativo de suma importancia para los estudiantes de profesorado de Química.

2.3 Resolución de problemas basada en una metodología de enseñanza por indagación

En la enseñanza y el aprendizaje de la química las actividades experimentales tienen un papel predominante en el desarrollo de competencias, ya que brindan a los estudiantes la posibilidad de aprender en forma individual o en grupo a: reflexionar, buscar información, elaborar explicaciones, explorar, comparar sus ideas con las aportadas por las experiencias, trabajar en equipo, elaborar conclusiones, comunicar resultados y tomar decisiones.

Para Harlen (2010), el modelar la construcción de la comprensión implica la transformación de ideas pequeñas (observaciones o experiencias personales) en ideas grandes (aplicables a gran variedad de fenómenos). Esto se produce de la

interacción entre las ideas existentes y las nuevas ideas que surgen del diálogo con los pares, los profesores, la consulta de fuentes, internet, libros y de las conclusiones tentativas.

En todo proceso de aprendizaje por indagación son de importancia relevante las actitudes científicas o hacia la ciencia, los profesores pueden apoyar el aprendizaje ayudando a sedimentar actitudes científicas como el respeto a la evidencia, la preocupación por la salud, los seres vivos y el medio ambiente.

La idea de plantear una metodología por indagación surge de la necesidad de involucrar a los estudiantes en el proceso de construcción de conocimiento, las competencias a desarrollar se evalúan con rúbricas fomentando la autorregulación de los aprendizajes.

En palabras de Furman (2015): “En ese camino, el docente ofrece a los alumnos los elementos necesarios para que, en cada paso, puedan sacar sus propias conclusiones en base a lo que saben, a lo que ven y a lo que pueden deducir” (p.136). Al enfrentarse a un modelo de aprendizaje por indagación, los estudiantes realizan hipótesis basados en conocimientos ya existentes, adquiridos en clases previas, en material entregado por los profesores o en otras instancias fuera del aula, esto lleva a la exposición de explicaciones (“podría ser...”, creo que es algo como...). Estas ideas pueden ser una herramienta útil para realizar predicciones, las cuales pueden transformarse en una conclusión tentativa. Es importante que el estudiante aprenda a diseñar actividades que permitan saber si una hipótesis es válida; de no ser así el aprendiz se enriquece igualmente en el proceso ya que hay un acercamiento a la metodología científica y además, como en la vida misma, del “error” también se aprende. La idea de plantear una metodología por indagación surge de la necesidad de involucrar y comprometer a los estudiantes del profesorado en el aprendizaje profundo, reflexivo y crítico.

2.4 Enfoque CTSA

Una estrategia educativa como la CTSA, que intenta conectar los aspectos científicos, tecnológicos y ambientales con las necesidades y problemas sociales, implica un enlace inmediato con aspectos que son relevantes y significativos para los estudiantes.

El laboratorio puede ser un espacio donde los estudiantes compartan sus propias construcciones personales y donde los docentes motiven su aprendizaje tomando sus concepciones. El esquema de incorporación de la estrategia CTSA se da a través de lecturas relacionadas con un problema social y su relación en tres

direcciones, con la ciencia, la tecnología y el medio ambiente. El esquema CTSA intenta relacionar la ciencia con la vida cotidiana de los estudiantes.

Este esquema CTSA es valorado en el ámbito docente desde su incursión en las aulas de Educación Media pero se sabe que el tiempo que demanda su preparación e implementación no hace posible que se aplique con la debida pertinencia en la mayoría de las instituciones. Se propone que los estudiantes de profesorado vivencien este trayecto de forma tal que se motiven y comprendan las competencias que pueden desarrollar los estudiantes partícipes de clases con este enfoque.

3. El laboratorio que evalúa

Los cambios generados en los procesos de enseñanza y aprendizaje han determinado también otras formas de evaluar. La evaluación ya no se realiza al final de los procesos, es continua, formativa y progresiva lo cual le permite a los estudiantes autorregular su aprendizaje.

Las rúbricas son instrumentos de evaluación en los cuales se establecen criterios por niveles mediante la elaboración de escalas que permiten determinar la calidad de la ejecución de los estudiantes en tareas específicas. Por tanto, permiten al profesor especificar cuáles son las competencias que se han de alcanzar y con qué criterios se van a calificar. De esta manera el estudiante puede regular su propio aprendizaje y participar en su propia evaluación.

La evaluación de competencias no es una tarea fácil. Por ello, el uso de las rúbricas o plantillas de evaluación se convierte en una alternativa de evaluación de gran utilidad tanto para profesores como para estudiantes. Por una parte, el profesor realiza un seguimiento de las competencias que se han desarrollado de manera sistematizada y la evaluación es más objetiva. Por otra, los estudiantes conocen las características finales que deben tener su trabajo, los criterios de evaluación y el nivel de competencias que deben adquirir. En definitiva, es un instrumento que ayuda a diagnosticar y a intervenir en el proceso de enseñanza y de aprendizaje.

Para confeccionar una rúbrica se pueden seguir los siguientes pasos: a) Revisión del contenido que se va a desarrollar. b) Descripción de los criterios de evaluación y asignación de los calificativos y notas correspondientes según el nivel de adquisición de las competencias. c) Diseño de la escala de calidad de desempeño de las competencias.

Tabla 2. Fragmento de rúbrica

Aspectos a evaluar	Alto	Medio	Bajo
Desempeño en el laboratorio	Trabaja en forma segura, certera y decidida. Ordena y limpia los materiales. Demuestra conocimientos de seguridad y normalización.	Trabaja en forma certera y decidida. Falta organización y limpieza lo que aumenta el riesgo. Demuestra conocimientos de seguridad y normalización.	Las intervenciones son confusas y dubitativas. No organiza y deja material en malas condiciones.
Participación e intercambio	Sus intervenciones son apropiadas. Escucha a los compañeros. Realiza preguntas interesantes y se preocupa por encontrar respuestas.	Sus intervenciones son apropiadas. Escucha a los compañeros. No se preocupa por encontrar respuestas a las preguntas que surgen.	Sus intervenciones no son apropiadas. No escucha a los compañeros. No se preocupa por encontrar respuestas a las preguntas que surgen.
Construcción de recursos	Participa activa y proactivamente en la elaboración de los recursos.	Participa activamente en la elaboración de los recursos.	En varias oportunidades no participa en la elaboración de los recursos.

4. Referencias bibliográficas

- Cañal, P. (2012). *La evaluación de la competencia científica requiere nuevas formas de evaluar los aprendizajes*. En E. Pedrinaci. El desarrollo de la competencia científica. Barcelona, España: Graó.
- Chamizo, J.A. (2018) *Química General. Una aproximación histórica*. Recuperado de: http://www.joseantoniochamizo.com/pdf/quimica/libros/002_Quimica_general.pdf
- Flores, J.; Caballero, M; Moreira, M. (2005) *El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje*. Revista de investigación. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3221708>
- Furman, M. (2015). *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires: Aique.
- Garritz, A. (2010). *Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje*. Educación química. Recuperado de: <http://www.scielo.org/pdf/eq/v21n2/v21n2a1.pdf>