

Situaciones problemáticas de Química diseñadas como pequeñas investigaciones en la escuela secundaria desde un encuadre heurístico a partir de una situación fortuita que involucra reacciones ácido-base

Alicia E. Seferian¹

ABSTRACT (Problem situations in Chemistry designed as small researches in Secondary School within a heuristic tool from an eventual situation that involves acid-base reactions)

The present proposal focuses on the strategy of open problem solving in school science, that starts from a fortuitous situation that involves acid-base reactions and that offers a point of view to practical laboratory work that differs from “recipe procedures”, and that provides motivation and improves the cognitive linguistic abilities of pupils.

It is presented a possible laboratory guide that enables the task to be organized starting from the heuristic tool known as the ‘Gowin’s V’ in order to establish relations between concepts.

KEYWORDS: acid-base reactions, open problem solving, school science, Gowin’s V, metacognition, motivation

1. La Ciencia escolar y la solución de problemas abiertos en la Educación Secundaria

Desarrollos recientes en ciencias de la educación hacen referencia al *conocimiento escolar* que, según expresa García (1998): “[posee] sus propias características epistemológicas que supone una mejora del conocimiento cotidiano y que integra los aportes de muy distintas formas del conocimiento”.

Podemos entender dentro de este marco teórico a la ciencia escolar como la complejización y evolución paulatina y conjunta del conocimiento cotidiano y científico por medio de la interacción de ambas formas del conocimiento propiciado desde las aulas y no como dos posturas antagónicas, sino desde un planteamiento evolutivo que concede mayor importancia al proceso en sí mediante la resolución de problemas cotidianos en la medida que éstos afectan nuestras vidas y que requieren para su tratamiento de otras formas de conocimiento. Este tipo de conocimiento sólo puede darse en el ámbito educativo donde se puede comprender nuestro entorno desde una perspectiva sistémica metadisciplinar que caracteriza al *conocimiento escolar* (García, 1998).

Una de las herramientas didácticas afín con el encuadre CTS en la enseñanza e íntimamente relacionado con la *ciencia*

escolar, es la que se refiere a la resolución de problemas abiertos.

Nos detendremos en primera instancia, para analizar brevemente, la diferencia existente entre problemas cotidianos, escolares y científicos. Una de las primeras diferencias que surgen tiene que ver con el tratamiento que se le da en cada uno de los ámbitos.

Un *problema cotidiano* tiene que ver con tratar de solucionar una situación, de alcanzar un resultado, de tener éxito en lo que se desea lograr; por ejemplo, quitar una mancha o dar en el blanco sin importar cómo se logró. El problema cotidiano no apunta a la comprensión.

Un *problema científico* apunta a comprender por qué se produjo ese resultado favorable y darle un significado teórico que pueda generalizarse como un principio de manera tal que se aplique a nuevas situaciones.

Un *problema escolar*, en cambio, no logra ser una investigación científica seguida en el aula como se pretende, ya que el alumno se orienta más al éxito que a la comprensión, debido a que su saber es más cercano al cotidiano y según resalta Pozo (1998): “[...] los alumnos siguen más próximos al razonamiento cotidiano, simplificando la tarea y reduciéndola a aquellos factores relevantes para ellos, sin controlar o tener en cuenta otras variables, formulando la explicación que primero se les ocurre sin apenas reflexionar sobre ella, haciendo apreciaciones cualitativas y poco rigurosas que no les permite contrastar sus explicaciones e incluso no modificando éstas a pesar de encontrarse con datos en contra”.

Un problema escolar bien entendido tiene que ver con “ayudar progresivamente a *cruzar el puente*” desde el conocimiento cotidiano al científico en la escuela secundaria. Un problema escolar no tiene que ver con emular a la investiga-

¹ Dirección de Educación Superior y Capacitación Educativa de la Provincia de Buenos Aires. Equipo Técnico Regional. Instituto Superior de Formación Docente N° 117 de San Fernando. Provincia de Buenos Aires. Universidad Nacional de Gral. San Martín (USAM), Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Correo electrónico: aliseferian@yahoo.com.ar

Fecha de recepción: 8 de julio de 2009.

Fecha de aceptación: 12 de diciembre de 2009.

ción que realizan los científicos sino en adquirir ciertos hábitos y una cierta metodología que se aproxime a las de la ciencia de una forma muy gradual y **valorando el proceso de cada alumno en sí más que el resultado final** (Pozo, 1998).

1.1 Problemas escolares

Podemos muy sintéticamente clasificar los problemas escolares como *problemas cerrados*, en los cuales se tiene toda la información necesaria, se conocen los algoritmos necesarios y existe una única respuesta correcta. Este tipo de planteos se sustentan además, en *experimentos receta* que a lo sumo incorporan algún algoritmo y no requieren habilidades de resolución de problemas ni pensamiento creativo (Gil Pérez, 1983; Gil Pérez y Martínez Torregrosa, 1983; Gil Pérez *et al.*, 1999; de Jong, 1998; Pozo, 1998).

Por otra parte, los *problemas abiertos* admiten diversas soluciones, en general tienen su origen en alguna problemática cotidiana o algún interés de los alumnos, requiere un compromiso por parte de los mismos, por cuanto tienen que generar interés; deben concebirse contextualizados y con un grado de dificultad acorde al nivel; deben suscitar la necesidad de informarse, de discutir, de evaluar la información que se posee entre los integrantes del grupo; permite el desarrollo de competencias complejas, y genera la oportunidad de reflexionar lo que se está aprendiendo (metacognición) entre otras cuestiones que no profundizaremos en esta propuesta.

Este tipo de estrategia didáctica se opone al planteamiento desde una perspectiva transmisiva sobre el desarrollo de conocimientos donde los alumnos consideran el laboratorio como un lugar donde hacen cosas pero no perciben realmente el significado de lo que hacen (Novak y Gowin, 1988). Trabajar con problemas requiere que el sujeto reorganice sus ideas, invente nuevas relaciones posibles, reinterpretar el problema y, finalmente, produzca de algún modo una nueva situación problemática (Garret, 1995).

En este sentido, Gil Pérez *et al.* (1999) resalta: “La estrategia de enseñanza que nos parece más coherente con la orientación del aprendizaje como construcción de conocimientos científicos, es la que asocia el aprendizaje al tratamiento de situaciones problemáticas abiertas que puedan generar el interés de los estudiantes”.

El cuadro 1 resume las estrategias de enseñanza consideradas para su tratamiento como *investigación dirigida* que se consideró en algunos aspectos, para el diseño de la guía de laboratorio general en esta propuesta.

En la red conceptual mostrada en la figura 1 podemos resumir la caracterización de los problemas abiertos y cerrados.

2. Las reacciones ácido-base

El tema referido a reacciones ácido-base en la escuela secundaria es de gran importancia en lo que respecta a la química como disciplina, debido a los múltiples procesos que involucran y presenta diversas relaciones con otras áreas del conocimiento como biología y estudio de suelos, entre otras, que generan interés en el alumno, ya que focaliza en cuestiones

Cuadro II Estrategias de enseñanza para un aprendizaje como investigación dirigida.	
1. <i>Plantear situaciones problemáticas que</i> —teniendo en cuenta las ideas, la visión del mundo, las destrezas y las actitudes de los alumnos y alumnas— generen interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.	
2. Proponer a los estudiantes el <i>estudio cualitativo de las situaciones problemáticas</i> planteadas y la toma de decisiones para acotar problemas precisos (oportunidad para que comiencen a <i>explicitar funcionalmente</i> sus ideas) y comenzar a <i>concebir un plan</i> para su tratamiento.	
3. <i>Orientar el tratamiento científico de los problemas</i> planteados, lo que conlleva, entre otros: — La emisión de hipótesis, incluida la invención de conceptos, la elaboración de modelos... (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones. — La elaboración de estrategias (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para la contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone. — La realización de las estrategias y el análisis de los resultados, considerando las predicciones de las hipótesis, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de alumnos y por la comunidad científica, estudiando su coherencia con el cuerpo de conocimientos... Ello puede convertirse en <i>oportunidad de conflicto cognoscitivo entre distintas concepciones</i> (tomadas todas ellas como hipótesis) y obligar a concebir nuevas hipótesis.	
4. <i>Plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones</i> para hacer posible la profundización y afianzamiento de los mismos, poniendo un énfasis especial en las relaciones Ciencia/Tecnología/Sociedad que enmarcan el desarrollo científico (propiciando, a este respecto, la toma de decisiones) y dirigiendo todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene toda ciencia. Favorecer, en particular, <i>las actividades de síntesis</i> (esquemas, memorias, recapitulaciones, mapas conceptuales...), <i>la elaboración de productos</i> (susceptibles de romper con planteamientos excesivamente escolares y de reforzar el interés por la tarea) y <i>la concepción de nuevos problemas</i> .	

Cuadro 1. (Tomado de Gil Perez *et al.*, 1999).

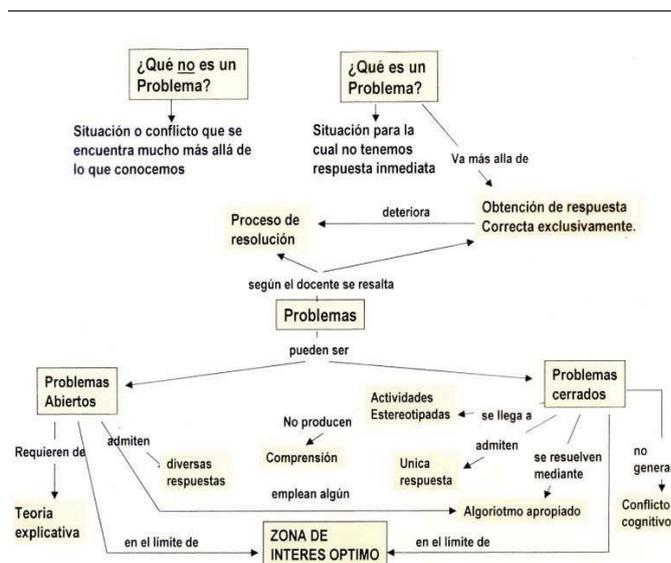


Figura 1. Caracterización de los problemas.



Figura 2. Se muestran dos frascos preparados para esta investigación de manera tal que los vapores de NH_3 estuvieran en contacto con los de HCl . Para ello se destapó una botella de NH_3 , se colocó a su lado una botella semitapada de HCl y ambas se cubrieron con una bolsa de plástico pegada con cinta adhesiva a la mesada durante 10 días aproximadamente. A la derecha se muestra una lámina de cristales de NH_4Cl generada bajo la tapa del envase que lo cubre totalmente.

significativas como acidez estomacal, balance de pH en sangre, fertilizantes en suelos o regulación de la acidez.

Las reacciones ácido-base son adecuadas para un encuadre CTS en el aula ya que permiten integrar diversos aspectos relacionados con la ciencia, la tecnología y la sociedad. El trabajo de Guerra *et al.* (2008) es un claro ejemplo de dicho encuadre.

3. Situación problemática planteada diseñada como pequeña investigación en la Escuela Secundaria desde un encuadre heurístico a partir de una situación fortuita: “El caso de los cristales blancos hallados en la botella de HCl del armario de reactivos”

En este caso particular se presenta una situación fortuita que genera motivación y tiene que ver con la formación de NH_4Cl en el interior de una botella de HCl , debido a la baja densidad del amoníaco y su velocidad de difusión.



Figura 3. La UVE de Godwin permite el análisis de hechos y teoría.

Este hecho es una adaptación de la experiencia realizada con un tubo de vidrio y dos algodones en los extremos, uno con disolución de HCl y otro con disolución de NH_3 .

El experimento diseñado como una situación inesperada al abrir el armario de drogas permite con el adecuado andamiaje docente analizar múltiples factores y recorrer diversos contenidos.

Esta problemática presentada como una pequeña investigación puede trabajarse en un nivel elemental donde los conocimientos requeridos tienen que ver con compuestos químicos, reacciones químicas ácido-base y solubilidad, o bien un nivel más avanzado donde se pueden trabajar temas como presión de vapor, pH y equilibrio químico.

3.1. Guía de laboratorio general diseñada de acuerdo con un enfoque heurístico a fin de orientar una pequeña investigación

La guía de laboratorio docente desde un enfoque epistemológico permite mayores opciones al alumno ya que carece de la estructuración tradicional de los prácticos de laboratorio típicos. Por otra parte, hace hincapié en la construcción del conocimiento por cuanto enfatiza en cómo se construyen los conceptos y es propicia para generar una metacognición.

En este caso se enfatiza en las observaciones y análisis de los alumnos sobre el hecho a estudiar, por cuanto la guía de laboratorio basada en una situación problemática les permite trabajar en forma colaborativa junto con el grupo de pares y el apropiado andamiaje docente con mayor o menor grado de participación en el experimento, según el grupo y nivel del alumnado.

La información obtenida, serán insumo para la correspondiente diagramación de una UVE de Gowin (figura 3) que permite el análisis entre los hechos y la teoría.

Chrobak (2008) resume la esencia de dicha herramienta heurística: “La UVE ayuda a “desempaquetar” en forma imaginaria un determinado cuerpo de conocimientos y a analizar cada uno de sus distintos componentes epistemológicos, para luego reestructurarlos y reconstruirlos desde una nueva perspectiva, lo que permite obtener un cuerpo de conocimientos más amplio y evolucionado [...]”.

Para completar la UVE, la pregunta central tiene que ver con dilucidar qué son los cristales producidos en la botella de HCl y nos preguntamos concretamente por el fenómeno sucedido. Por otra parte, el evento o el objeto que nos llamó la atención se refiere a aquello que observan los alumnos, concretamente en el momento que abren el armario. La zona de la derecha hace referencia al marco metodológico, donde se explicitan los procedimientos que se desarrollan, así como las interpretaciones y los juicios de valor para intentar dar una respuesta. Por último, la zona de la izquierda tiene que ver con los conceptos relevantes, las leyes involucradas (si es que las hay) y la teoría que se necesitó para poder resolver el problema. El ítem 4.2 presenta un modelo de UVE con respecto a este problema abierto en la figura 4.

Cuadro 2. Guía de laboratorio orientadora para actividad investigativa.

¿Cuál es el objetivo de esta situación problemática planteada?

- Permite que puedas iniciarte en los modos de construcción del conocimiento científico a través de herramientas heurísticas, en este caso de redes conceptuales;
- Te facilita focalizar en cuestiones de diferente grado de complejidad a fin de poder resolver el presente problema;
- Al finalizar la investigación habrás logrado integrar aspectos cognitivos, procedimentales y actitudinales.

4. ¿Cómo puede orientar el docente al alumno en este tipo de investigaciones?

Este tipo de metodología requiere de un constante acompañamiento por parte del docente, ya que en un primer momento el alumno se siente confundido con respecto a cómo encarar este tipo de problema abierto.

Es necesario que las correspondientes relaciones conceptuales se vuelquen en cuadernos de laboratorio a modo de borrador a fin de diagramar la UVE, para finalmente, en una puesta en común, analizar y reformular los diferentes registros en una tarea metacognitiva con el imprescindible andamiaje docente, a fin de lograr perfeccionar dicha herramienta epistemológica.

En el cuadro 2 se transcriben los objetivos que persigue la guía de laboratorio que se entrega a los alumnos.

4.1. Hipótesis explicativas: ¿qué es?, ¿cómo se produjo?

En la medida en que se presenten dudas, sobre qué indicios recopilar, el docente puede acompañar con algunas preguntas

Cuadro 3. Parte A. Fase de diseño y planeación.

A continuación una situación particular se presenta en el laboratorio de tu escuela cuando observas a través de la vitrina que uno de los reactivos del droguero, muestra en su tapa un fenómeno particular.

¿Qué hacer?, ¿Cómo comenzamos?

Lo primero que necesitas hacer es detenerte a observar el fenómeno ocurrido en dicha vitrina y anotar todas las “pistas” posibles que te permitan elucidar el problema.

¿Qué factores o variables intervinieron? Por ejemplo, “el armario permanece con las puertas abiertas la mayor parte del día”. Recuerda que puedes solicitar el apoyo del docente y el ayudante cuando lo requieras.

Es muy importante que te detengas en las propiedades físicas y químicas.

Cuadro 4. Consideraciones para orientar la labor de los alumnos.

Trabaja con responsabilidad, de otro modo, no podrás focalizar en detalles que pueden ser cruciales para interpretar dicho fenómeno.

- Algunas de las anotaciones que realices quizás no te sean de utilidad; sin embargo, otras te permitirán organizar la actividad.
- Ten en cuenta previamente, qué determinaciones experimentales podrías hacer en función de las pistas recabadas y qué deseas determinar (propiedades físicas, químicas), ya que la muestra que coleccionarás es pequeña y si la empleas en su totalidad para un ensayo, no tendrás con qué trabajar en posteriores determinaciones.

tales como: ¿dónde encuentras las sustancias?, ¿qué reactivos hay a su alrededor?, ¿en qué condiciones están los frascos?, ¿qué propiedades fisicoquímicas poseen los reactivos encontrados cercanos a la botella de HCl?, ¿el armario está ubicado en una zona de elevada exposición solar?

En el cuadro 3 se transcribe la Parte A de la guía de laboratorio a fin de ejemplificar lo expuesto.

Por otra parte, en la guía se indican consideraciones necesarias para orientar la labor de los alumnos, según se muestra en el cuadro 4.

Estas indicaciones se leen en voz alta para toda la clase y se pide que pregunten aquello que no quede claro.

Se trabajará con fichas de seguridad NIOSH (Siglas de “National Institute for Occupational Health and Safety”) extraídas de sitios de internet que hacen referencia a propiedades físicas, químicas e información sobre toxicología entre otras cuestiones.

Algunas de las relaciones que pueden establecer los alumnos con el correspondiente andamiaje docente se observan en la figura 4.

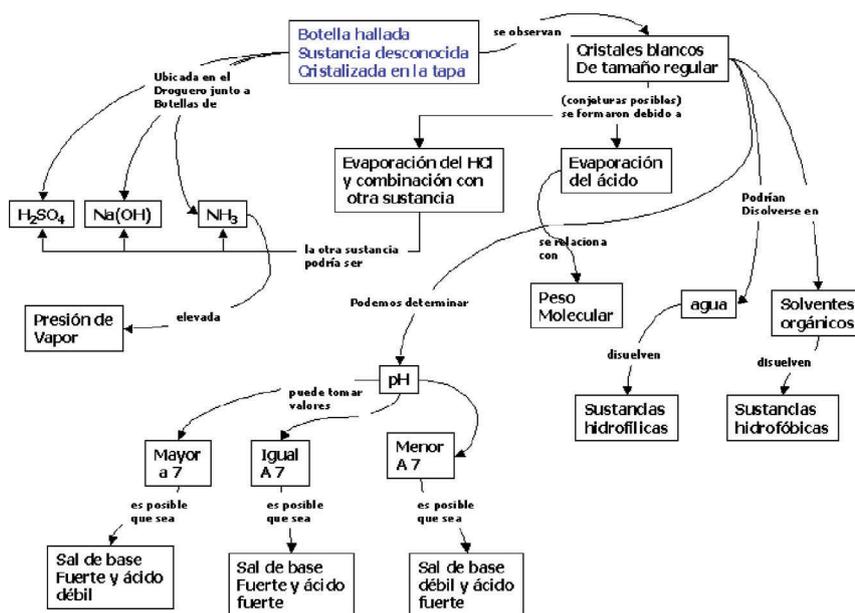
4.2. Diseño de experimentos

De acuerdo con el nivel del curso, el docente puede sugerir experimentos —relacionados con los indicios descubiertos— para que los alumnos los realicen y él les acompañe en su realización.

En el cuadro 5 se transcribe la Parte B de la guía relacionada con el diseño de experimentos tendientes a dilucidar la sustancia problema.

En la figura 5 se presenta un modelo de UVE de Gowin para tomar como referente de posibles relaciones que pueden llegar a establecer los alumnos con el constante apoyo del docente y las esperadas “marchas y contramarchas” que se presentarán en la pequeña investigación y que permitirán perfeccionar la herramienta a medida que se produce la metacognición.

Figura 4. Diferentes registros en una tarea metacognitiva, a fin de lograr perfeccionar la herramienta epistemológica.



Cuadro 5. Parte B. Fase de desarrollo.

A partir de este momento, necesitas poder comprobar que tus conjeturas son válidas, por cuanto requieres realizar alguna determinación (reacción química, comprobación de propiedades físicas entre otras) relacionadas con la sustancia problema.

- Deberás aplicar tu diseño experimental a fin de poder recolectar datos que validen tus conjeturas.
- Si requieres mayor información puedes consultar los textos o sitios de internet indicados por tu profesor.
- Estos datos pueden ser por ejemplo punto de fusión ebullición, solubilidad, reacción química con determinada sustancia entre otros.

4.3. Elaboración de informe y comunicación grupal Finalmente se presenta, la etapa relacionada con la redacción de los resultados obtenidos, así como de los problemas que se presentaron y, en el caso de no haber arribado a ninguna conclusión, cómo se reformulará el diseño experimental. Esta etapa resulta esencial para favorecer la metacognición del alumno con respecto a sus deducciones y registros escritos a fin de reelaborarlos y perfeccionarlos con el correspondiente andamiaje del docente.

En el cuadro 6 se muestra la Parte C final de la guía de laboratorio.

4.4. Consideraciones finales

- Las temáticas presentadas pueden generar motivación en los alumnos ya que se relaciona con su vida diaria en cierta medida;

Cuadro 6. Parte C. Fase de registro y elaboración del informe.

Evidentemente, en esta etapa tienes suficiente información que te ha permitido realizar afirmaciones de conocimiento y te permitirá completar la información en la UVE indicada debajo.

- En otras palabras, ahora necesitas interpretar los resultados a partir de la teoría en colaboración con el profesor.
- Para ello emplearemos la herramienta heurística que trabajamos en clases anteriores.
- A fin de recordarte la organización de la información en la misma, a continuación se indica un conocido esquema explicativo:
- Para ello emplearemos la herramienta heurística que trabajamos en clases anteriores la UVE de Gowin.

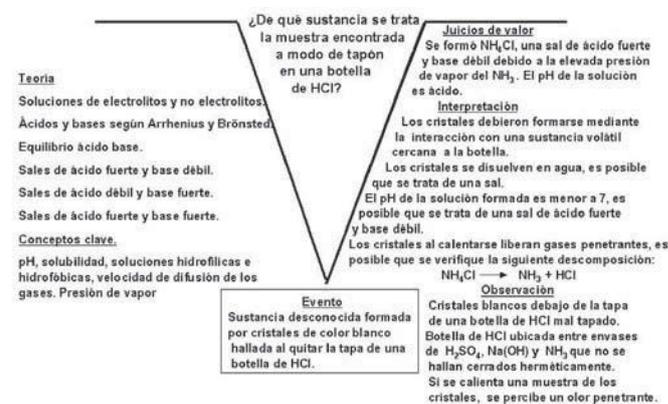


Figura 5. UVE de Gowin.

- Se insiste en la necesidad de vincular en el nivel secundario a la química con temas afines a los intereses del alumno;
- Se presenta la posibilidad de iniciar pequeñas investigaciones mediante problemas abiertos, para diferentes niveles en función del interés demostrado por los alumnos del curso que permiten relacionar de manera adecuada, la teoría la práctica y la resolución de problemas;
- Las propuestas presentadas, permiten una relación de temas cotidianos con temáticas propias de la disciplina mediante su tratamiento desde la ciencia escolar.
- Diversas situaciones problemáticas referidas al tema planteado se pueden presentar, como por ejemplo el problema que presenta un derrame de NH_3 y cómo solucionarlo, o cómo se realiza un planteado, entre otras cuestiones.

Bibliografía

- Campanario, Juan, M. y Moya, A., ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas, *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192, 1999.
- Chang, R., *Química*. México: McGraw-Hill, 1994.
- Chrobak, J., *Material de cátedra de Metodología de la Enseñanza de las Ciencias de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional del Comahue*, 2008.
- de Jong, O., Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 305-314, 1998.
- Galagovsky, L., Bonán, L. y Adúriz-Bravo, A., Problemas con el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 315-321. 1998.
- García, J. E., *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*, Sevilla: Díada, 1998.
- Garret, R., Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias, *Alambique*, 5(2), 6-15, 1995.
- Gil Pérez, D. y Martínez Torregosa, J., A model for problem-solving in accordance with scientific methodology, *European Journal of Science Education*, 5(4), 447-455, 1983.
- Gil Pérez, D., Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33, 1983.
- Gil Pérez, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregosa, J., Guisoaola, G., González, E., Dumas Care', A., Goffard, M. y Pessoa de Carvalho, A., ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?, *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320, 1999.
- Guerra, G., Alvarado, C., Zenteno-Mendoza, B. E. y Garritz, A., La dimensión ciencia-tecnología-sociedad del tema de ácidos y bases en un aula de bachillerato, *Educ. quím.*, 19(4), 277-288, 2008.
- Hodson, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio, *Enseñanza de las ciencias*, 12(3), 299-313, 1994.
- Novak, J. D. y Gowin, B., *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: M. Roca, 1988.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A., *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid: Morata, 1998.
- Reigosa Castro, C. y Jiménez Aleixandre, M., La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 275-284, 2000.
- Seferian, A., *Aplicación de un análogo concreto en situación de modelo didáctico analógico para el estudio de la teoría cinético molecular de los gases*. Tesis de licenciatura en Enseñanza de las Ciencias, UNSAM. Directora de tesis Galagovsky, Lidia, 2002.
- Seferian, A. La transformación biológica de la biomasa desde un enfoque CTS. Una propuesta didáctica para Ciencias Naturales en la ESB (12 a 14 años), *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 295-308, 2007. Disponible en la URL <http://www.apac-eureka.org/revista/>
- Vilches, A. y Furió, C., *Ciencia tecnología y sociedad: implicaciones en la educación científica del siglo XXI*. Puede consultarse en la URL: <http://www.campus-oei.org/cts/ctseducacion.htm>