

# El aprendizaje práctico de la química y el uso de los signos de Tolman y Vygotsky

Enrique Antonio Aguiar Andrade

Universidad Nacional Autónoma de México (México). [enriqaguair@hotmail.com](mailto:enriqaguair@hotmail.com)

[Recibido en septiembre de 2010, aceptado en mayo de 2011]

En este ensayo se discute que en el aprendizaje de las ciencias y en particular de la química, el laboratorio de ciencias es un elemento fundamental para la práctica. Tradicionalmente se ha señalado que la enseñanza de la práctica tiene intenciones de reforzar la enseñanza de la teoría, pero no todas las prácticas realizadas en el laboratorio cumplen con ese objetivo, ya que algunas prácticas son tipo receta con alcances educativos muy limitados como conocer o comprender, es así que, en función de los signos de Tolman y de Vygotsky, se proponen prácticas de laboratorio basadas más en la indagación científica en que se aborden situaciones problemáticas de interés y menos en la repetición de guiones preestablecidos.

**Palabras clave:** aprendizaje; química; enseñanza.

## The practical learning of the chemistry and the use of the signs of Tolman & Vygotsky

In this trial was discussed in the learning of science and in particular of the chemistry, the science laboratory is a key element in the practice. Traditionally it has been pointed out that the teaching of the practice has intentions to strengthen the teaching of theory, but not all practices carried out in the laboratory comply with that objective, in that some practices are type recipe with educational scope very limited as to know or understand, thus it is that, as a function of the signs of Tolman and Vygotsky, proposed laboratory practice based more on the scientific inquiry that it address problematic situations of interest, and in the repetition of indents pre-established.

**Keywords:** learning; chemistry; teaching.

## Introducción

La necesidad de hacer un ensayo de la enseñanza de la química en el nivel educativo de secundaria con estudiantes mexicanos de 12 a 15 años de edad, surge a partir de los altos índices de reprobación que se han observado en esta asignatura y en otras como español y matemáticas en la prueba de ENLACE (Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares) desde el año 2006, también surge a partir de los resultados de la evaluación aplicada a estudiantes de 15 años por parte de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en donde México ocupó los últimos lugares en ciencias y en matemáticas en el 2003, 2006 y 2009 en la prueba del *Program for International Students Assessment* (PISA); es decir, los alumnos no están saliendo bien en las evaluaciones nacionales ni en las internacionales, particularmente en ciencias, por lo que este ensayo enfoca específicamente la atención en una de las asignaturas que conforman el bloque de enseñanza de las ciencias en educación secundaria en México: la química y su relación que tiene con las prácticas de laboratorio.

Las actividades prácticas en la enseñanza de las ciencias ofrecen importantes experiencias de aprendizaje que no están disponibles para otras disciplinas escolares como español o matemáticas. Estas actividades han buscado promover la comprensión de conceptos científicos, el desarrollo de habilidades científicas en la solución de problemas y despertar el interés y la motivación entre los estudiantes (Aguiar, 2007). Las prácticas de laboratorio, pueden ser definidas entonces como experiencias escolares en que los alumnos interactúan con materiales e instrumentos para observar y comprender el mundo natural. Algunas de sus

ventajas pueden ser: 1) propósito: verificar un principio establecido en clase o una relación entre variables o proponer la verificación de una hipótesis mediante una actividad experimental; 2) formato: desde actividades altamente estructuradas hasta indagaciones abiertas; 3) formación de equipos trabajo: en pequeños grupos o la totalidad de la clase; 4) instrumentación: uso de instrumentos en ocasiones altamente sofisticados (López, 2003). En síntesis, el laboratorio se identifica por los materiales y reactantes que maneja, pero también por las habilidades que desarrolla en el alumno y por su relación en la enseñanza, ya que tiende a ser un puente entre la teoría y la práctica, en donde la enseñanza de la química, por un lado es un armazón conceptual y teórico; y por el otro, un entramado de aplicaciones de esos conceptos a la manipulación de diferentes sustancias e instrumentos en el laboratorio (Saul y Kikas, 2003).

Sin embargo, desde el punto de vista tradicional, es el profesor quien indica qué instrumental y reactivos hay que utilizar, qué pasos a seguir, qué datos apuntar y cómo organizarlos, para al final de la práctica, ya conocer con antelación los resultados que se obtendrán (Jiménez, Llobera y Llitjós, 2005) realizando así, una simple verificación de los contenidos de la asignatura mediante la ejecución de experiencias guiadas y controladas en que el alumno no se ve comprometido en su planificación y su diseño, siendo consideradas como prácticas tipo receta de cocina (Siso, Briceño, Alvarez, y Arana, 2009) que requieren de poco esfuerzo mental por parte del alumno, ya que solo se alcanzan objetivos educativos de bajo orden como conocer, comprender y aplicar y los de alto orden como analizar, sintetizar y evaluar no son alcanzados (Jiménez, Llobera y Llitjós) con este tipo de prácticas.

Al respecto, conviene aclarar que si un alumno carece de experiencia en las prácticas de laboratorio no se le puede exigir que alcance los objetivos de alto orden inmediatamente, dado que el proceso de aprendizaje debe de ser gradual y progresivo partiendo de lo más elemental, con ejercicios muy sencillos y básicos como pueden ser desde conocer el nombre y funcionamiento de los materiales y reactivos del laboratorio, hasta poder realizar mediciones volumétricas con las probetas, o de masa con la balanza granataria, que implica una aplicación de los conocimientos aprendidos dentro de la clasificación de objetivos educativos de bajo orden; pero, para poder alcanzar los objetivos de alto orden, es necesario incrementar el esfuerzo mental realizado por el alumno, pasando de las simples prácticas demostrativas o expositivas tipo receta, a las prácticas de laboratorio del tipo de investigación estructurada, abierta o a proyectos en trabajo cooperativo, que impliquen por parte del alumno desde identificar un problema, formularlo, diseñar el método más apropiado para solucionarlo, con una sección de recolección y análisis de datos, así como formulación y verificación de hipótesis (Jiménez, Llobera y Llitjós, 2005) abordando situaciones problemáticas de interés lo que permite una mejor comprensión de la situación de aprendizaje escolar (Gil, Furió, Valdés, Salinas, Martínez-Torregrosa, Guisasola, González, Dumas-Carré, Goffard y Pessoa de Carvalho, 1999), todo esto con muy poca participación por parte del profesor a quien le corresponde únicamente fijar los objetivos de la práctica investigativa, dejando el material, el método y la solución como actividades a realizar por parte de los alumnos.

Es así que, diversos investigadores (Campanario y Moya, 1999; Furió, Azcona, Guisasola y Ratcliffe, 2000; Thompson y Soyibo, 2002) han demostrado que la realización de prácticas de laboratorio por parte de los alumnos, tiene un efecto en la comprensión de los temas de química, pero otros estudios no son tan concluyentes. Séré (2002) muestra que las prácticas de laboratorio contribuyen a comprender los contenidos y que el aprendizaje conceptual ayuda a hacer ciencias. Koballa, Gräber, Coleman, y Kemp (2000) hallaron que el método expositivo del profesor es el favorito para afectar la transferencia de conocimientos químicos hacia los estudiantes, y que las demostraciones químicas y el trabajo práctico o experimentos son

considerados vehículos apropiados para colocar problemas en las clases de química que los estudiantes tienen hipotéticamente que resolver. Toplis (en Thompson y Soyibo, 2002) reportó que el uso de actividades prácticas aumentó significativamente en alumnos de 8° grado las ideas acerca de ácidos y bases.

Sin embargo, Bucknor (en Thompson y Soyibo) no encontró diferencia significativa en el conocimiento de ácidos y bases en alumnos de 10° grado en Jamaica, que fueron expuestos a trabajo práctico contra aquellos que no lo fueron, y Thompson y Soyibo, encontraron que parecería imprudente que con base en una muestra de 138 participantes, se concluyera con certeza de que el uso de la combinación de la lectura, demostración del maestro, discusión en clase y prácticas en pequeños grupos, provocara una mejora estadísticamente significativa en estudiantes del 10° grado en sus actitudes hacia la química y la comprensión de la electrólisis, más que en aquellos estudiantes que no fueron expuestos a prácticas de laboratorio. Inclusive en el nivel universitario se ha reportado que los estudiantes no logran identificar las situaciones experimentales con los contenidos conceptuales correspondientes y la experiencia de laboratorio pierde sentido, transformándose en una repetición de los procedimientos indicados sin que exista una relación con los principios físicos subyacentes (Grisolía, 2007).

Las explicaciones al respecto apuntan a que la mayoría de los profesores no tienen ningún tipo de actividades de laboratorio que permita a los estudiantes resolver problemas y que a través de ellos construyan los conocimientos de la ciencia, así como a la proliferación de las prácticas tipo receta en las que el alumno sigue fielmente las indicaciones escritas en un guión como una forma pobre y obsoleta de utilizar este recurso didáctico tan importante (Merino y Herrero, 2007).

En cuanto a la metodología del profesor varios estudios, entre ellos el de Furió et al., (2000) han reportado que es extensamente aceptado en la educación de la ciencia que los docentes necesitan una comprensión profunda de un concepto si ellos quieren enseñarlo bien, ya que entre mejor preparado esté el profesor y mejor comprenda los conceptos, tendrá más elementos para resolver posibles situaciones de aprendizaje en el laboratorio, pero eso solo ocurrirá si es capaz de ver los problemas educativos de sus alumnos y si tiene los elementos pedagógicos necesarios para hacerlo (Alvarado y Flores-Camacho, 2010).

En lo referente al aprendizaje de conceptos en química, se ha reportado que en mayor o menor grado esta asignatura resulta de aprendizaje difícil para alumnos de secundaria y bachillerato ya que incluye conceptos abstractos y en ocasiones mal comprendidos (Demircioglu, Özmen y Ayas, 2004), por lo tanto el aprendizaje de algunos conceptos de química, como el de ácidos y bases, moles, electrólisis y cambio químico, han presentado algunas dificultades debido principalmente a su nivel de abstracción. De hecho, los planes de estudio de secundaria de química en México, incluyen un número importante de conceptos abstractos, en que los estudiantes han tenido dificultades en su conocimiento y comprensión, ya que los entornos habituales de aprendizaje están basados en un modelo tradicional de transferencia de información y comunicación (Costa y Dorrió, 2010), en que el docente es el centro del proceso educativo.

En síntesis, algunas investigaciones apoyan la idea tradicional de que es importante reforzar el aprendizaje de conceptos abstractos en química con la realización de prácticas de laboratorio, sin embargo, no en todas las investigaciones revisadas se ha encontrado evidencia suficiente para aseverar de que las prácticas refuerzan la teoría, lo que contribuye a reflexionar sobre el papel de éstas en el aprendizaje de la química y en los objetivos educativos de bajo y alto orden, por lo que la intención de este ensayo es dar una lectura diferente a estos hallazgos empíricos a partir del uso de los signos de Tolman y de Vygotski, partiendo de la perspectiva de lo que sucede en el estudiante, por lo tanto un punto de interés puede ser encontrar

aquellas situaciones o intervenciones adecuadas que logren vincular lo que se enseña con lo que se aprende, para lo cual se propone una reformulación de las prácticas de laboratorio en función de los objetivos educativos que se pretenden alcanzar priorizando los de alto orden como analizar, sintetizar y evaluar, dado que no es posible construir el conocimiento estando en el lugar del alumno (Alvarado y Flores-Camacho, 2010).

## El uso de los signos en el contexto escolar

Diversos autores han desarrollado conceptos en torno a los signos y sus implicaciones relacionadas con el aprendizaje; en esta sección se revisan algunos de los más representativos, considerando un aprendizaje activo, dinámico, de construcción social y centrado en el alumno, más que en el docente.

Tolman (en Bower y Hilgard, 2004) estaba interesado en saber cómo la teoría de la conducta hacía contacto con nociones tales como *conocimiento, pensamiento, planeación, interferencia, propósito e intención* (p. 407). Tolman era un conductista, pero él comienza a vincular los estímulos ya no solo con reacciones o respuestas; como hacían los conductistas puros, sino también con funciones psíquicas de orden superior, tales como pensamientos o propósitos. Adicionalmente Tolman creía que la conducta debería analizarse en el nivel de las acciones y no de los movimientos ya que las acciones siguen propósitos y metas y los movimientos son considerados más reacciones que acciones. Para Tolman los signos son expectancias, y las expectancias son unidades asociativas de tres términos que surgen en el aprendizaje instrumental. Una expectancia es lo que se espera que suceda antes de llegar a una meta, como se cita a continuación:

*“Estas expectancias de tres términos, que se escriben dentro de un paréntesis ( $E_1$ - $R_1$ - $E_2$ ), se refieren al aprendizaje que hace el organismo de que en la situación  $E_1$ , dar la respuesta  $R_1$  irá seguido muy pronto del estímulo  $E_2$ . La mejor manera de recordar el proceso consiste en pensar en alguna oración como ésta “Cuando el botón del timbre ( $E_1$ ), se aprieta ( $R_1$ ), espero oír el zumbido del timbre de la puerta ( $E_2$ )” (p. 409).*

Esta expectancia es lo que el organismo espera obtener de la puesta en marcha de estos tres términos, es decir: solo si quiero que el timbre suene, es que me acerco a la puerta a oprimir el botón, en donde claramente se distinguen los propósitos de las acciones, más que la simple suma de movimientos musculares dados en respuesta a un estímulo determinado.

En cuanto a Vygotski (1960/2000), los signos son “estímulos artificialmente creados, destinados a influir en la conducta y formar nuevas conexiones condicionadas en el cerebro humano” (p. 85). Profundizando en el concepto, el signo:

*“Es el medio de que se vale el hombre para influir psicológicamente, bien en su propia conducta, bien en la de los demás; es un medio para su actividad interior, dirigida a dominar el propio ser humano: el signo está orientado hacia adentro” (Vygotski, p. 94).*

Es así que, Tolman inicia caracterizando los nuevos estudios de los organismos implicándolos en un grupo de teorías conocidas como teorías cognoscitivo-organizacionales, en las cuales Vygotski hace aportaciones en relación a la construcción social del conocimiento y desde ambos planteamientos se desprenderán las aplicaciones en el aprendizaje de conocimientos prácticos en relación con el laboratorio escolar.

El laboratorio escolar es un ámbito externo al sujeto, que funciona para desarrollar aprendizajes prácticos en donde los conceptos teóricos contextualizan esos aprendizajes, propiciando que el alumno esté en contacto físico y pueda manipular los elementos, dispositivos e instrumental requeridos para el experimento (Alejandro, 2004). Desde la

perspectiva de Tolman y de Vygotski, podemos reflexionar acerca de cómo el laboratorio cumple con la característica de un signo, y es posible establecer que a partir de la óptica de Tolman, cuando el alumno acude al laboratorio, tiene una expectativa de lo que ahí a va suceder o de lo que ahí va a aprender y que pueden ser muy diversas para cada sujeto, tales como desde aprobar la materia de química, reproducir en condiciones controladas los experimentos, hasta realizar actividades de indagación propias de una investigación.

Los estímulos a los que Tolman se refería entonces, asumen su papel de mediadores en el aprendizaje, para lo cual veamos los tres términos representados en una experiencia de cambio físico: la sublimación del yodo que consiste en un vaso de precipitados con una porción de yodo metálico en una mesa del laboratorio escolar, que vendría siendo la situación ( $E_1$ ), colocar encima del mechero de Bunsen el vaso de precipitados como la respuesta ( $R_1$ ), y finalmente observar los vapores que se desprenderán del yodo al momento de que se está sublimando siendo este el estímulo esperado ( $E_2$ ); es decir solamente cuando el alumno quiere observar lo que sucede con el yodo en el cambio del estado sólido al gaseoso y luego al sólido, es que se acerca a la meta planificada con anterioridad colocando encima del mechero de Bunsen el vaso de precipitados y consecuentemente se desencadenan los eventos de la expectativa en orden de  $E_1$ - $R_1$ - $E_2$ , para posteriormente concluir el experimento de manera sencilla.

Hasta aquí solo se alcanzan objetivos educativos de bajo orden, es decir, a lo más que aspira el alumno es a comprender los cambios del estado de la materia y aplicar lo aprendido en cuanto a procedimientos y manejo de instrumentos en el laboratorio, pero veamos ahora siguiendo con este modelo de las expectativas, un ejemplo que implique alcanzar los objetivos de alto orden iniciando con una pregunta simple ¿Cómo reaccionan los metales con los ácidos? que vendría siendo la situación desencadenante en el laboratorio ( $E_1$ ), identificar el problema y sus componentes como puede ser el diseño del método, la recolección y el análisis de los datos, y la representación de la ecuación, que sería la respuesta a esa situación inicial ( $R_1$ ), y posteriormente, analizar la reacción de los metales que respondería a la pregunta planteada, evaluando las implicaciones de esa respuesta como la prevención de la corrosión en los metales o la eliminación de la oxidación en los metales mediante el empleo de soluciones ácidas ( $E_2$ ). Ver tabla 1.

$E_1$	$R_1$	$E_2$
¿Cómo reaccionan los metales con los ácidos?	<b>Identificar el problema:</b> se ha observado que los metales al ser puestos en contacto con los ácidos, reaccionan, pero no así las bases.	Los metales reaccionan con los ácidos, lo que puede ser importante para inhibir la corrosión de los metales, o para limpieza, así mismo se desprende hidrógeno, un gas inflamable.
	<b>Diseño del método:</b> comprobar mediante una muestra de ácidos las reacciones que tienen con los metales, así como el grado de intensidad de la reacción dependiendo del tipo de ácido.	
	<b>Recogida de datos:</b> en el laboratorio con diferentes tipos de metales y de ácidos, teniendo en cuenta las recomendaciones de seguridad en cuanto al desprendimiento del hidrógeno.	
	<b>Registro de datos:</b> en una tabla registrar las observaciones de lo que le sucede a cada metal al ser puesto en contacto con un ácido diferente.	
	<b>Ecuación:</b> representar la ecuación de la reacción de sustitución.	
	<b>Presentar los resultados:</b> el tipo de reacción de cada metal con cada ácido, así como identificar el gas que se desprende.	

**Tabla 1.** Representación de las expectativas de Tolman en un diseño de práctica de laboratorio de ácidos y metales.

Otro ejemplo que se puede desarrollar pero ahora fuera del laboratorio escolar en relación a la química ambiental, tiene que ver con el reciclaje de la basura, la situación desencadenante ( $E_1$ ) podría ser la pregunta: ¿Qué se puede reciclar de la basura?, la respuesta vendría dada por el diseño de una entrevista enfocada en los recolectores de basura, con todas las secciones que implique realizar una investigación de campo ( $R_1$ ), y el estímulo esperado ( $E_2$ ) consiste en organizar los resultados, evaluarlos, sintetizarlos y difundirlos, más acorde con las actividades que realiza un científico en su quehacer cotidiano, a que simplemente realizar mediciones sin sentido repitiendo los esquemas de las practicas tipo receta. Ver tabla 2.

$E_1$	$R_1$	$E_2$
¿Qué se puede reciclar de la basura?	<b>Identificar el problema:</b> acumulación de grandes cantidades de basura en tiraderos abiertos.	La basura tiene componentes que pueden ser reciclados como el papel, vidrio, plásticos, cartón y metales, así como un beneficio económico, y la basura orgánica no se reciclar directamente, pero puede ser utilizada para producir biogás o composta.
	<b>Diseño del método:</b> comprobar mediante entrevistas, que partes de la basura puede ser reciclada y cuáles no.	
	<b>Recogida de datos:</b> entrevistar a personas relacionadas con la recolección de la basura, para tener información de su reciclaje.	
	<b>Registro de datos:</b> en una tabla registrar las respuestas de los participantes y analizarlas.	
	<b>Presentar los resultados:</b> realizar una mesa redonda con los alumnos en donde se expongan los resultados alcanzados.	
	<b>Propuesta de mejora:</b> implementar un sistema de separación de los residuos en el centro escolar.	

**Tabla 2.** Representación de las expectativas de Tolman en un diseño de práctica de campo del reciclaje de la basura.

Ambas actividades prácticas además se pueden realizar en trabajo colaborativo para que los alumnos puedan interactuar, opinar, colaborar y argumentar, dado que la formulación de explicaciones alternativas y la argumentación de las ideas son centrales para la formación científica (Candela, 1991) y esto se facilita en el trabajo de pequeños grupos.

Estos serían tan solo dos ejemplos de las aportaciones del modelo de las expectativas de Tolman a las prácticas del laboratorio. En cuanto a Vygotski, y siguiendo con el ejemplo de la sublimación del yodo presentado anteriormente, los signos estarían representados por los apuntes de la libreta del alumno, las observaciones que realiza durante el desarrollo de la práctica, los procedimientos teóricos que tiene que recordar para el avance de la práctica, el uso del lenguaje escrito, los dibujos y esquemas que elabora en su cuaderno y demás procesos que impliquen una mediación entre el contexto del laboratorio y sus propios argumentos lógicos, es decir, todo un conjunto de objetivos educativos de bajo y de alto orden.

Así mismo el contexto escolar adquiere relevancia, ya que al encontrarse rodeado de estudiantes que interactúan con él, el signo más importante del que puede hacer uso es el lenguaje, lo que le permite interactuar durante el desarrollo de una práctica de laboratorio, convivir con sus compañeros, hablar, escuchar, comunicarse, preguntar, opinar, comentar y argumentar; es así que los sujetos de su entorno se encuentran en su zona de desarrollo próximo, contribuyendo a alcanzar objetivos de alto orden, lo que implica una construcción del conocimiento científico, entendido como un sistema socialmente construido de comprensiones, suposiciones y procedimientos compartidos por una comunidad (Phillips, 1984; en Candela, 1991), siendo que las expresiones orales entre los alumnos, se toman como productos de una confrontación argumentativa en relación con otros en el laboratorio para

lograr analizar situaciones y proponer soluciones, sintetizar la información, evaluarla y finalmente difundirla.

Finalmente todos estos recursos de los que se vale el alumno para interiorizar los procesos externos implicados durante una práctica de laboratorio, son signos, son mediadores para favorecer el significado de sus procesos mentales y con ello asegurar mejores resultados en sus procesos de aprendizaje formal.

## Conclusiones

A partir de las reflexiones realizadas desde las obras de Tolman y Vygotski, se puede concluir que el laboratorio escolar es un lugar en donde se desarrollan conocimientos prácticos asociados a los teóricos, y los signos pueden fungir como mediadores indispensables en el proceso del aprendizaje de los alumnos para un mejor rendimiento escolar en ciencias ya que tradicionalmente se ha mantenido el consenso de que la enseñanza de las ciencias está vinculada necesariamente a la experimentación (Merino y Herrero, 2007) e intentar separar ambas no está plenamente justificado e inclusive puede constituir un serio obstáculo para una efectiva renovación de la enseñanza de las ciencias (Gil et al., 1999). Además se discute la idea de que para alcanzar objetivos educativos de alto orden, se requieren de prácticas de laboratorio que le permitan a los estudiantes analizar, sintetizar y evaluar la información, en lugar de realizar las tradicionales prácticas de laboratorio tipo receta centradas en el profesor quien realiza las demostraciones y el alumno funge como un simple observador que toma apuntes, pero que no participa activamente en la realización de la misma. Es decir, solo en la medida que se transite de las prácticas tipo receta a prácticas más abiertas, de carácter indagatorio, centradas en la búsqueda de la información y en el análisis de los datos, en la discusión y en la argumentación más que en la repetición de guiones preestablecidos, es que esos objetivos educativos de orden superior serán alcanzados, no olvidando que en los procesos de enseñanza de las ciencias convergen el conocimiento cotidiano y el científico (Mazzitelli, y Aparicio, 2010).

El consenso es pues impulsar prácticas que realmente requieran de un mayor esfuerzo mental por parte de los estudiantes, dando prioridad a aquellas que fomenten la discusión al final del trabajo práctico, sirviéndoles para aclarar dudas sobre la práctica y para comprender mejor y profundizar los contenidos trabajados (Grisolía, 2007) en el laboratorio de ciencias.

## Referencias

- Aguiar, E. (2007). *La realización de prácticas de laboratorio y su influencia en la comprensión de temas de química*. Tesis de maestría no publicada. Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Educación, Mérida, Yucatán, México.
- Alejandro, C. A. (2004). Prácticas de laboratorio de Física general en internet. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 201-210. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>
- Alvarado, M. E. y Flores-Camacho, F. (2010). Percepciones y supuestos sobre la enseñanza de la ciencia. Las concepciones de los investigadores universitarios. *Perfiles Educativos*, 32 (128), 10-26.
- Bower, G.H y Hilgard, E.R. (2004) *Teorías del Aprendizaje*. México. D.F.: Trillas.
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.

- Candela, Ma. A. (1991). Argumentación y conocimiento científico escolar. *Infancia y Aprendizaje*, 55, 13-28.
- Costa, M. F. y Dorrió, B. V. (2010). Actividades manipulativas como herramienta didáctica en la educación científico-tecnológica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(2), 462-472. En <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira>
- Demircioglu, G., Özmen, H. y Ayas, A. (2004). Some misconceptions encountered in chemistry: a research on acid and base. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 4(1), 77-84.
- Furió, C., Azcona, R., Guisasola, J. y Ratcliffe, M. (2000). Difficulties in teaching the concepts of 'amount of substance' and 'mole'. *International Journal of Science Education*, 22(12), 1285-1304.
- Gil, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J., Guisasola, J., González, E., Dumas-Carré, A., Goffard, M. y Pessoa de Carvalho, A. (1999). ¿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.
- Grisolía, M. (2007). Nuevas concepciones en enseñanza de las ciencias: una experiencia de investigación - acción. *Educere*, 37, 333-338.
- Jiménez, G., Llobera, R. y Llitjós, A. (2005). Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3). En <http://www.saum.uvigo.es/reec>
- Koballa, T., Gräber, W., Coleman, D. C. y Kemp, A. C. (2000). Prospective gymnasium teachers' conceptions of chemistry learning and teaching. *International Journal Science Education*, 22(2), 209-224.
- López, A. (2003). El currículo como proceso. En A. López (Comp.), *Saberes científicos, Humanísticos, y Tecnológicos: Procesos de Enseñanza y Aprendizaje*. (pp. 399-443). México. D.F.: Grupo Ideograma Editores.
- Mazzitelli, C. A. y Aparicio, M. (2010). El abordaje del conocimiento cotidiano desde la teoría de las representaciones sociales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 636-652. En <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira>
- Merino, J. M. y Herrero, F. (2007). Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 630-648. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>
- Saul, H. y Kikas, E. (2003). Difficulties in acquiring theoretical concepts: a case of high-school chemistry. *Trames*, 7(2), 99-119.
- Séré, M. G. (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las ciencias*, 20(3), 357-368.
- Siso, Z., Briceno, J., Alvarez, C. y Arana, J. (2009). Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de química. Un primer acercamiento. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 18, 139-162.
- Thompson, J. y Soyibo, K. (2002). Effects of lecture, teacher demonstrations, discussion and practical work on 10th graders' attitudes to chemistry and understanding of electrolysis. *Research in Science & Technological Education*, 20(1), 25-37.



Vygotski, L.S. (2000). Obras escogidas III Problemas del desarrollo de la psique. En L. Kuper (Trad.), *Historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores*. Madrid, España. : Visor. (Trabajo original publicado en 1960).