

Experiencias en la enseñanza experimental basada en competencias

David Turcio-Ortega, Joaquín Palacios-Alquisira*

ABSTRACT (Experiences in competency-based experimental teaching)

Future professionals for chemistry and chemical engineering careers require training to help them deal with and solve problems as well as producing and innovating technology with skills-based training to lead, communicate and work cooperatively. These skills can be achieved through the development of *Competencies*. The authors consider that *Competencies* relate to practical learning experiences that are associated with knowledge and that together produce an observable measurable result, which can be displayed physically or as a behavior associated to the activities of a profession. This paper shows that *Competencies* development has the potential to prepare better professionals, since it is based on elements of constructivist, collaborative work and self-directed study. Along a semester, students were evaluated considering the concepts that define *Competencies*: to have and build useful knowledge, develop skills for planning, organizing, performing and self-criticizing research work, and to develop skills in handling laboratory instruments, in oral and written communication, as well as showing positive attitudes in collaborative work, support and teamwork. As a result of the *Competency*-based educational planning, students were encouraged to get involved actively in the development of learning strategies and were also responsible for the way they construct their own knowledge to direct their learning.

KEYWORDS: experimental, teaching, competences

Resumen

Los futuros profesionales de las carreras de química e ingeniería química requieren de una formación que les permita enfrentar y dar solución a problemas, así como producir e innovar tecnología, con una formación basada en habilidades para dirigir, comunicar y trabajar de manera cooperativa, habilidades que se pueden conseguir mediante el desarrollo de *Competencias*. Los autores consideran que las *Competencias* se refieren a experiencias prácticas de aprendizaje que están asociadas a los conocimientos no solo teóricos, sino también procedimentales y actitudinales, porque diferencian este enfoque educativo de otros y, en conjunto, producen un resultado observable y medible que puede mostrarse de preferencia físicamente o como una conducta asociada a las actividades propias de una profesión. En este trabajo se muestra que el desarrollo de *Competencias* tiene el potencial de formar profesionales de mucho mejor nivel, ya que este enfoque está basado en elementos de aprendizaje constructivistas, colaborativos y auto-dirigido; es decir, toma en cuenta conocimientos adquiridos con anterioridad, considera la importancia del trabajo desarrollado entre grupos de pares y la planeación como un elemento importante para el desarrollo de un buen proceso de aprendizaje. A lo largo de un semestre se evaluó a los estudiantes con base en los elementos que definen las competencias: tener y construir conocimientos útiles, desarrollar capacidades para planear, organizar, ejecutar y autocriticar el trabajo de investigación, desarrollar habilidades en el manejo de los instrumentos de laboratorio, y de comunicación oral y escrita, así como mostrar actitudes positivas de colaboración, apoyo y trabajo en equipo. Como resultado de la planeación educativa basada en *Competencias* se promovió que los estudiantes se involucraran activamente en el desarrollo de estrategias de aprendizaje y además fueron responsables de la manera en que adquirieron sus propios conocimientos al dirigir ellos su proceso de aprendizaje.

Palabras clave: enseñanza, experimental, competencias

* Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México D. F. 04510, México.

Correos electrónicos: dturcio@hotmail.com, polylab1@unam.mx

Fecha de recepción: 30 de octubre de 2013. **Fecha de aceptación:** 5 de mayo de 2014.

1. Introducción

Por varias décadas hemos usado el concepto *Objetivo* para conformar los programas de estudio de los sistemas educativos más importantes para la formación de los profesionales de las carreras de Química. El concepto *Objetivo* está dentro de los programas de las carreras de Química, muestra los buenos propósitos, las metas a alcanzar en un semestre en la asignatura de Equilibrio de Fases, por ejemplo. La experiencia acumulada nos dice que los objetivos del proyecto se pueden alcanzar; sin embargo, los niveles de aprendizaje entre la población estudiantil pueden ser muy diversos, así que el aprendizaje es poco eficiente, en la mayoría de los casos.

Tomando en cuenta los argumentos anteriores sobre el concepto *Objetivo*, el proceso de enseñanza aprendizaje ha evolucionado hacia un estadio con una visión más amplia acerca de lo que debe ser el aprendizaje en sus niveles más altos de eficiencia y eficacia. Surge entonces un nuevo camino para los enfoques de educación basados en *Competencias*.

En la literatura, el concepto *Competencia* se puede encontrar bajo diferentes puntos de vista: a partir de las teorías del lenguaje, se define el concepto *Competencia* como la capacidad y disposición para el desempeño y la interpretación de los resultados (Ajsen, 1988). Las *Competencias* se entienden como la utilización de los saberes para hacer algo bien, ya que están centradas en las necesidades, en los estilos de aprendizaje y en potencialidades individuales para que los estudiantes lleguen a manejar con maestría las destrezas solicitadas por la industria (Coll, 1990). Cuatro características fundamentales para entender lo que son las *Competencias* (Spitzberb, 1983) son:

- a) Las *Competencias* son contextuales, pueden ser útiles o inútiles dependiendo del ambiente de acción.
- b) La pertinencia y efectividad de una *Competencia* exige la ejecución de la misma.
- c) Una *Competencia* se evalúa como un fenómeno graduado en el que los individuos son más o menos competentes.
- d) Las *Competencias* son funcionales: más que saber, una *Competencia* es saber hacer algo bien.

Los sistemas de educación basados en *Competencias* han entrado a nuestro medio universitario. En ellos se considera que el aprendizaje está fundamentalmente dado por los resultados que los estudiantes pueden mostrar, lo que pueden hacer con los conocimientos adquiridos. Los resultados deberán ser cuantificables y deben medirse por medio de estándares globales, así la evaluación de lo aprendido deberá relacionarse directamente con los resultados obtenidos y demostrables.

La educación basada en *Competencias* se refiere a una serie de experiencias prácticas que se enlazan a los conocimientos previamente discutidos en la cátedra, con el claro propósito de alcanzar una meta, un fin, el cual debe mostrarse en resultados medibles, en productos, en conductas de trabajo, en modos de acción que muestren los valores reconocidos por la institución y la comunidad donde se desarrollan las actividades educativas.

El propósito de este trabajo es mostrar que el desarrollo de competencias en los estudiantes de las carreras de química e ingeniería química dentro del área de fisicoquímica experimental tiene el potencial de formar profesionales de mucho mejor nivel, ya que el enfoque educativo de *Competencias* está basado en paradigmas educativos de tipo constructivista y técnicas de aprendizaje colaborativas y auto dirigidas (Cano, 2008).

2. Metodología

Los alumnos del curso Laboratorio Unificado de Fisicoquímica (LUF) se organizaron en grupos cooperativos de tres alumnos cada uno. En el grupo cooperativo cada uno de los miembros tomó un papel específico: el líder, el encargado del desarrollo experimental y el relator, quien tiene la función de registrar en la bitácora los datos colectados, así como toda información relevante para el proyecto.

A cada grupo cooperativo se le asignó un proyecto a desarrollar, el cual se planteó en forma clara, para asegurar que el equipo lo abordara directamente, considerando su relevancia, importancia y en cada caso se identificó la necesidad social que se intenta satisfacer. Bajo esta perspectiva fue posible identificar a las variables de control, para justificar después la trascendencia del problema.

Enseguida se pidió a cada equipo que investigara en la literatura científica e identificara artículos recientes que abordaran el problema, con el fin de conocer el estado del arte en relación a lo que se desea estudiar.

Con la información colectada los alumnos integraron el marco teórico correspondiente. Se identificaron las variables independientes, así como las variables de respuesta más importantes para llegar a una respuesta aceptable a la problemática bajo estudio.

En el siguiente paso se pidió a cada grupo que propusiera una hipótesis viable, es decir, una posible respuesta a cada pregunta del problema. En ese momento, los equipos de trabajo estaban ya listos para redactar su plan de trabajo calendarizado, con un protocolo de investigación bien establecido que incluyó las técnicas experimentales.

Los planes de trabajo se presentaron frente al grupo en pleno, y se pusieron a discusión mediante preguntas y sugerencias que ayudaron a mejorar el fondo y la forma de cada uno de ellos.

Vino después la comprobación de las hipótesis de trabajo planteadas. Cada equipo de trabajo propuso un desarrollo experimental de acuerdo con la complejidad del problema y el número de variables independientes seleccionadas.

Los estudiantes trabajaron en el laboratorio de acuerdo con su plan calendarizado, reuniendo datos útiles para probar las hipótesis. En este punto los profesores insistimos en el análisis estadístico completo del conjunto de datos recogidos en cada experimento; es decir, se pidió a cada equipo de trabajo que graficara los valores experimentales obtenidos para reconocer la tendencia (lineal o no lineal) o comportamiento observado, y al mismo tiempo se probaron modelos científicos escolares adecuados y se calcularon coeficientes

de correlación; de esta manera se rechazaron datos inútiles. También se detectaron controles deficientes en variables, como la temperatura, y cambios importantes en las variables independientes, etc. Al finalizar cada sesión de laboratorio los alumnos tuvieron listo su análisis estadístico; así se aseguraron de que su trabajo se desarrollara con buenos resultados.

Varias semanas después, los grupos cooperativos lograron probar o rechazar sus hipótesis, para luego dedicarse de lleno a escribir su informe final, afinando cada parte del mismo, como: la definición y justificación del problema, la redacción de objetivos, la redacción clara de la hipótesis y la descripción de la metodología de trabajo, para finalmente escribir con detalle los resultados obtenidos y su interpretación lógica. Vino después la presentación de una discusión amplia de los resultados y hechos observados; especial cuidado se tuvo en la manera de informar la bibliografía consultada: para hacerlo se pidió a los estudiantes seguir las normas internacionales adoptadas por revistas especializadas en el campo.

Los miembros de cada grupo cooperativo designaron a un representante, quien fue encargado de la presentación final, diseñada en MS PowerPoint.

Se revisaron las bitácoras, ya que este ejercicio favorece la formación de competencias en lo que respecta a la organización y limpieza, considerando como puntos básicos para la evaluación: orden, limpieza, redacción clara, interpretación y discusión a fondo de los resultados.

3. Resultados y discusión

Se presentan los resultados observados al aplicar el concepto *Competencia* a nuestras actividades en el Laboratorio Unificado de Físicoquímica (LUF). Algunos de los proyectos desarrollados por nuestros estudiantes se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Proyectos desarrollados por los alumnos en el LUF.

Nombre del proyecto	Problema que se pretende resolver
Tratamiento de aguas industriales.	Eliminación de ácido salicílico mediante procesos avanzados de oxidación.
Estabilidad de pinturas acrílicas en emulsión.	Establecer el tiempo de vida media de una pintura acrílica en emulsión.
Preparación de copolímeros vinílicos.	Controlar la composición del material polimérico.
Tratamiento del agua proveniente de los lavados de biodiésel por electrocoagulación.	Desestabilización de una emulsión mediante la generación <i>in situ</i> de un agente coagulante.
Degradación de ácido cítrico empleando el proceso de fotocátalisis con bióxido de titanio.	Eliminación de ácido cítrico en aguas residuales de la industria de alimentos y farmacéutica.
Remediación de suelos por métodos electroquímicos.	Limpieza y restauración de suelos, lodos y otros materiales sólidos contaminados con compuestos iónicos y no iónicos.

Tabla 2. Rúbrica para la calificación formativa con base en un enfoque educativo de enseñanza basada en *Competencias*.

Aspectos a evaluar/Actividades	Elementos de las Competencias
Investigación bibliográfica.	Conocimientos de la teoría. Construir conocimientos.
Planeación, ejecución y seguimiento del trabajo.	Planeación de trabajo.
Trabajo en el laboratorio: Trabajo seguro, limpio, habilidades destrezas, actitudes grupales efectivas.	Desarrollar capacidades y habilidades experimentales, planeación, organización, ejecutar y evaluar.
Registros en la bitácora, redacción de informes, discusión de resultados.	Comunicación escrita.
Presentación frente al grupo y discusión	Comunicación oral.
Liderazgo, aceptación de la crítica. Trabajo en equipo, colaboración con el equipo.	Actitudes.
Disciplina en el trabajo. Cumplió a tiempo. No llega tarde. Es honesto con sus resultados.	Valores.
Acepta sus errores y está dispuesto a corregirlos	Autocrítica.

3.1 Evaluación basada en Competencias

A lo largo del semestre los estudiantes fueron evaluados. Para ello se empleó la tabla 2, en la cual se consideran los elementos que definen las competencias (ver Resumen).

3.2 Desarrollo de Competencias

Para los estudiantes de las carreras de química e ingeniería química al abordar el problema a resolver, la clave del proceso de aprendizaje por competencia está en establecer proyectos y grupos colaborativos con el propósito de dar una solución (Loyens, 2008; Parchmann, *et al.*, 2007; Dolmans, *et al.*, 2005; Dochy, *et al.*, 2003). De acuerdo con la metodología de aprendizaje basada en problemas (Ramos-Mejía y Palacios-Alquisira, 2007), las interacciones en el proceso de aprendizaje surgen a partir de tres elementos: el problema, los estudiantes y el tutor. De manera correspondiente, las tareas del problema, los grupos cooperativos y los guiones de enseñanza que los profesores proponen de acuerdo con las *Competencias* a desarrollar en su programa, constituyen los primeros elementos resultantes de este proceso.

3.2.1 Conocimientos de la teoría y construcción de conocimientos

En las primeras semanas los estudiantes reunieron suficiente información para comenzar a analizar y plantear el problema. El siguiente paso fue encontrar la manera de resolver el problema y elegir una de las soluciones, lo que implica realizar los mismos procedimientos de búsqueda, de lectura, de discusión y de escritura, enfocándose en una solución en particular. Aquí, se ven beneficiados con el uso de libros,

notas de clase, artículos, así como de la supervisión del profesor, siendo la tarea principal que pueda llevarse a cabo en las condiciones del laboratorio y relacionar todos estos conocimientos con su proyecto. Fue necesario entonces desarrollar diferentes estrategias para obtener los conocimientos teóricos y métodos, con el fin de resolver el problema. Se busca que de acuerdo con todo lo planteado, el profesor logre inducir al grupo de estudiantes a que diseñen su estrategia de trabajo y sigan sus propios procedimientos (desarrollados durante la planificación del proyecto) en lugar de los diseñados y propuestos por el profesor.

3.2.2 Desarrollar capacidades y habilidades experimentales, planeación, organización y autocrítica

Como la técnica de aprendizaje basada en proyectos es una nueva experiencia útil para los estudiantes de las carreras de química e ingeniería química, se requiere de una estrecha supervisión a lo largo del semestre, en particular en los planteamientos y análisis de las preguntas sobre la investigación que se debe realizar, para así llevar a cabo el proceso de aprendizaje. Gradualmente, los estudiantes toman responsabilidades, asumiendo cada uno de ellos el rol de líder, se distribuyen el trabajo en las diferentes etapas a lo largo del semestre; esto les brinda mayor entendimiento y a la vez se involucran más en el proyecto, de manera que el trabajo aumenta cada vez más y se hace con mayor interés: la participación activa, así como las actitudes flexibles y positivas, tienen una influencia directa para encontrar una solución al problema. Aquí ellos reflexionan sobre la manera como en el pasado habían adquirido conocimiento teórico y experimental. En este punto, la reflexión personal sobre su desempeño los lleva a una evaluación autocrítica, concepto muy importante ya que pone a prueba su madurez intelectual, aceptación de errores y retroalimentación de la información analizada, tanto en las actividades de desarrollo experimental como en la exposición oral. Como experiencia útil en nues-

tros cursos, algunas veces observamos que durante la exposición oral de los proyectos y sus resultados, los estudiantes mostraban poca aceptación y rechazo a la crítica de los profesores y de sus pares; a estos alumnos en sesiones individuales se les confrontó sobre la situación descrita como falta de autocrítica, se les recomendó el hacer un análisis minucioso y despersonalizado para aceptar los resultados reales de su desempeño.

3.2.3 Comunicación oral y escrita

En el examen final cada grupo dispuso de 15 minutos para hacer su presentación oral. Los alumnos tomaron con mucho entusiasmo esa ocasión especial ya que se presentaron bien vestidos y dispuestos a apoyar al expositor en turno. Se pidió al grupo que presentara muestras físicas de sus resultados, de sus trabajos de laboratorio. Las evidencias físicas de su trabajo experimental fueron: gráficas, diagramas de flujo, tablas de resultados, control de las propiedades de los productos.

3.2.4 Actitudes y valores

Se puede decir que los estudiantes se involucraron activamente en el desarrollo de estrategias de aprendizaje y se hicieron responsables de la manera en que están construyendo sus propios conocimientos. Este es también un proceso en el que los estudiantes dirigen su propio aprendizaje, conscientes de las expectativas y metas de aprendizaje que se han fijado. Así, cuando empleamos varios elementos en este proceso se brinda la oportunidad de desarrollar *Competencias*, que más tarde se reflejarán en su ejercicio profesional al finalizar la carrera.

4. Conclusiones

El desarrollo de *Competencias* en los estudiantes de las carreras de química e ingeniería química dentro del área de fisicoquímica experimental promueve los elementos que definen a las competencias (ver Resumen). Por lo tanto, las *Competencias* promueven que los estudiantes se involucren activamente en el desarrollo de estrategias de aprendizaje y se hacen responsables de la manera en que están construyendo sus propios conocimientos, dirigiendo su aprendizaje, conscientes de las expectativas y metas del proceso.

Referencias

- Ajsen, I., *Attitudes personality and behavior*. Reino Unido: Open University Press, 1988.
- Bennett, J. y Kennedy, D., Practical work at the upper high school level: the evaluation of a new model of assessment, *International Journal of Science Education*, **23**(1): 97-110, 2001.
- Cano García, M. E., La evaluación por competencias en la educación superior, *Profesorado, Revista de Currículo y Formación del Profesorado*, **12**(3): 1-16, 2008.
- Coll, C., *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento*. Barcelona: Paidós Ibérica, 1990.
- Dochy, P., Segers, M., Van den Bossche, P., Gigbels, D.,

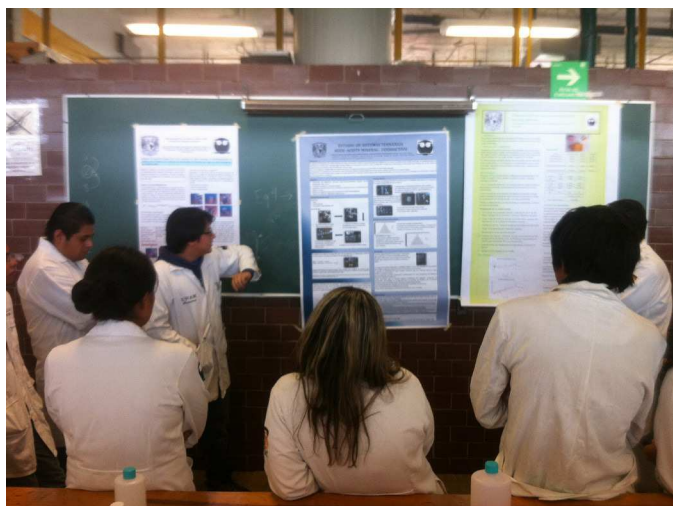


Figura 1. Presentación oral frente al grupo completo.

- Effects of problem based learning: a meta-analysis, *Learning and Instruction*, **13**(5): 533-568, 2003.
- Dolmans, D., De Grave, W., Wolfhagen, I., Van der Vleuten, C., Problem-based learning: future challenges for educational practice and research, *Medical Education*, **39**(7): 732-741, 2005.
- Loyens, S., y Gijbels, D., Understanding the effects of constructivist learning environments: introducing a multi-directional approach, *Instructional Science*, **36**(5): 351-357, 2008.
- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., Ralle, B., "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach, *International Journal of Science Education*, **28**(9): 1041-1062, 2006.
- Ramos Mejía, A., Palacios Alquisira, J., Elementos del aprendizaje experimental basado en un problema para la enseñanza superior en Fisicoquímica, *Educación Química*, **18**(3): 214-221, 2007.
- Spitzberg, B. H., Communication competence as knowledge, skill and impression, *Communication Education*, **32**(3): 323-329, 1983.