

Sustentabilidad y tecnología en el curso de Química Experimental para ingenieros.

Laura Eugenia Romero Robles

ITESM, Monterrey, Nuevo León, México, romero@itestm.mx

Blanca Esthela Rodríguez Esparza

ITESM, Monterrey, Nuevo León, México, berodrig@itestm.mx

ABSTRACT

In recent decades, the labs in Chemistry's Department, focused on traditional methods. The acquisition of new equipment and incorporating sustainable practices approach, enabled redesign Experimental chemistry course for engineers. Integrating modern instruments, allowing laboratory implement new practices and incorporate concepts such as green chemistry and sustainability, as well as allowing students to work with computer packages that allow you to view graphs and chemical behaviors derived from their experiments. Implementing modern equipment and sustainable practices, we change the traditional approach of the course. Previously, performing a simple instrumental practice, the student obtained a data set and invested time to interpret and evaluate information to draw conclusions. Currently, the available resources to optimize time. Using a computer interface connection working on laptops and graphics are available immediately, interpret results and draw conclusions.

Keywords: Sustainability, experimental chemistry, innovation in technology

RESUMEN

En las últimas décadas, los laboratorios impartidos en el departamento de Química se enfocaban a métodos tradicionales. La adquisición de nuevos equipos y la incorporación de prácticas con enfoque sustentable, permitió rediseñar el curso de Química Experimental para ingenieros. Integrando instrumentos modernos, lo que permitió implementar nuevas prácticas de laboratorio e incorporar conceptos tales como, química verde y sustentabilidad, además de permitir al alumno trabajar con paquetes computarizados que le permiten visualizar gráficas y comportamientos químicos derivados de sus experimentos. Implementando instrumental moderno y prácticas sustentables, logramos cambiar el enfoque tradicional del curso. Antes, realizando una práctica con instrumental sencillo, el alumno obtenía una serie de datos e invertía tiempo para interpretar y evaluar la información hasta obtener conclusiones. Actualmente, los recursos disponibles permiten optimizar tiempo. Utilizando una interfase computacional se trabaja en conexión a computadoras portátiles e inmediatamente se pueden obtener gráficas, interpretar resultados y obtener conclusiones.

Palabras Clave: Sustentabilidad, química experimental, tecnología de vanguardia.

1. INTRODUCCION

El trabajo experimental en un laboratorio es una parte esencial del aprendizaje de la química. Ayuda a los estudiantes a comprender conceptos y desarrollar habilidades en un grado que no se puede lograr por métodos

teóricos. En años recientes, han sugerido diferentes estrategias de instrucción para la enseñanza de la química general en el laboratorio, lo cual ha derivado en un cambio sustancial en los planes de estudios, los experimentos realizados y las estrategias de enseñanza que son utilizados en el mismo (1). A finales de los años 90, empezaron a cuestionarse en las universidades norteamericanas, la evolución en la enseñanza experimental de la química, siendo los temas de discusión principales: la administración del laboratorio, los objetivos de los experimentos, la sustentabilidad de los procedimientos, la preparación académica del instructor y la actualización del equipo de laboratorio e instrumentación (1).

Kantardjieff et al, mencionan que es importante mostrar a los estudiantes (y profesores) que los conceptos químicos y físicos que pueden ser aprendidos de manera sustentable, con instrumentos modernos y con equipo computacional en el laboratorio de química pueden ser profundizados más allá de los adquiridos por nuestros predecesores utilizando papel cuadriculado, calculadoras y material de vidrio únicamente.

En conclusión, es importante dejar en claro que el método científico no ha cambiado y que las nuevas herramientas (instrumentales y computacionales) son sin lugar a dudas mejores y más completas (6).

2. HISTORIA

Aunque el uso de las computadoras se ha expandido de manera exponencial en nuestra sociedad durante los últimos quince años, las computadoras se utilizaban muy poco en los laboratorios de química general en colegios y universidades (1).

Por citar un ejemplo, en 1990, una de las aplicaciones computacionales más comunes era el basado en DOS de IBM Personal Science Laboratory (PSL), el cual era utilizado para medir temperatura, sondas de pH, luz y voltaje, sin embargo, para los estándares de hoy en día, el software era tosco y poco flexible y la secuenciación de resultados era a menudo un problema (2). Sin embargo, actualmente el uso de la tecnología está cambiando de forma muy rápida dentro del campo de la química y cada vez más, se están incorporando en los laboratorios de enseñanza, bajo la premisa de que la tecnología hace que los conceptos sean más comprensibles. Por ejemplo, la Universidad Estatal de South Dakota presentó un estudio sobre estudiantes de Química General con respecto al uso del laboratorio incorporando instrumentación y equipo computacional. El propósito de este estudio fue evaluar el impacto de la tecnología en el aprendizaje de los estudiantes. (4)

Los resultados demostraron que la incorporación de instrumentos de vanguardia y equipos computacionales, permitieron que la información recogida en los experimentos y el análisis de resultados fuera más rápida permitiendo a los estudiantes, dedicar menos tiempo a la ejecución manual de las muestras, lo que les llevo a un aumento de la capacidad de explorar los temas a un nivel más profundo que en el pasado (4).

2.1 LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Abraham et al, reportan que para finales de siglo pasado, sólo el 26% de los colegios y universidades en Estados Unidos utilizaban computadoras en las actividades de laboratorio. Por otra parte, sólo el 12% de esas escuelas las utilizan para dos o más de las actividades de laboratorio. Un número mayor (46%) las utilizan principalmente para gráficos y cálculos. Curiosamente, en la fecha de realización del estudio, parece que las escuelas pequeñas y medianas eran más propensas a usar las computadoras en el laboratorio de química, mientras que las universidades grandes se quedan atrás (1,2,3). El estudio de Abraham et al, también encuestó a las escuelas para saber qué otro tipo de tecnología se está utilizando en el laboratorio de química.

Doce por ciento de las escuelas que respondieron están utilizando un espectrofotómetro de infrarrojo en el laboratorio de química general y el 4% está utilizando un espectrómetro de RMN. Parece que más de la mitad de las escuelas que utilizan estos instrumentos permiten a los estudiantes manejar ellos mismo los instrumentos con cierta supervisión. El uso de esta tecnología es más frecuente en las universidades pequeñas y medianas que en las grandes universidades.

Actualmente, la mayoría de las escuelas y universidades en Estados Unidos, están utilizando algunas formas de tecnología en el laboratorio. Por ejemplo, la mayoría de las escuelas están respondiendo ahora utilizando balanzas

electrónicas y cerca del 71% utiliza espectrofotómetros LTV-vis y medidores de pH. Sin embargo, el estudio de Abraham encontró que sólo una quinta parte de las escuelas hacía referencia a la teoría de cómo medir pH y de cómo esta se aplicaba al instrumento del pH metro, y sólo un poco más de un tercio se preocupaba de enseñar la teoría del UV-vis y las funciones del espectrofotómetro. Esto demuestra que la mayoría de las escuelas en Estados Unidos se conforman en el pasado con usar estos instrumentos únicamente para recopilar datos.

3. LA SUSTENTABILIDAD EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA

Otro punto sumamente importante en el desarrollo y actualización de los experimentos en el Laboratorio de química, es incorporar conceptos de química verde y sustentabilidad.

Hjeresen et al, describen la importancia de desarrollar prácticas con solventes seguros, adecuado manejo de residuos químicos y ofrece una lista de materiales de enseñanza, y recalcan la importancia de explicar a los maestros como pueden enseñar química verde a los estudiantes. (3)

De igual forma la División de Educación de la American Chemical Society (ACS), en colaboración con la Agencia de Protección Ambiental de la Oficina de Prevención de la Contaminación y Tóxicos los EE.UU., han desarrollado proyectos cuyo propósito es difundir materiales educativos relacionados con la química verde y la sustentabilidad en la educación química. En los dos años de este acuerdo de cooperación, el proyecto trabajó con una serie de personas con experiencia en la química verde para producir recursos para el aula y para difundir información sobre la química sustentable a través de talleres, reuniones y simposios. (3)

3.1 LA EVOLUCIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA EN EL ITESM

Uno de los principales problemas en los planes de estudio de Química en el ITESM, es que en los currículos de antes del año 2000, no se solicitaba al estudiante que dentro de su trabajo experimental en el laboratorio, aplicara herramientas computacionales, sino que solamente se le colicitaba que tomara un curso de computación elemental de forma paralela a sus cursos de laboratorio, sin embargo se observaba que los alumnos no estaban transfiriendo los conocimientos computacionales adquiridos a sus estudios experimentales de química.

Para citar otro ejemplo, si los artículos cada vez más frecuentes en la revista Chemical and Engineering News (5) son una indicación, la química experimental con tecnología computacional ha alcanzado la mayoría de edad como una herramienta indispensable en el laboratorio tanto docente como de investigación.

Todo esto nos llevó a detectar en el Departamento de Química del ITESM, la necesidad de rediseñar y actualizar el curso de química experimental, incorporando instrumentación de vanguardia y paquetes computacionales en los experimentos y técnicas del curso, como herramientas en las manos de nuestros estudiantes.

Este rediseño también incorporó cambios sustanciales en la enseñanza del manejo de residuos generados en los experimentos, la minimización de los mismos y el cambio de algunos procedimientos químicos por otras técnicas sustentables y de bajo riesgo en toxicidad.

El presente trabajo, muestra los resultados de tres semestres de implementación de la Integración de tecnología de vanguardia para la didáctica del curso de Química Experimental.

4. METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

El programan analítico anterior (2006) para este laboratorio constaba de 13 prácticas, las cuales se describen en el anexo 1.

Desde hace tres semestres, en las prácticas implementadas hacemos uso de los siguientes instrumentos: sensores de temperatura, cromatógrafo de gases, medidor de corriente, sensores de pH con microagitadores y colorímetros que van conectados a la interfase computacional y de ésta a las laptops para obtener directamente los resultados gráficos correspondientes.

En la práctica de destilación los alumnos anteriormente hacían uso de un termómetro y un cronómetro para obtener datos y después haciendo uso de Excel, construir una gráfica de temperatura contra tiempo y localizar en ella el punto de ebullición. Ahora con el uso de sensores de temperatura conectados a través de una interfase a una

laptop, la gráfica se obtiene al mismo tiempo que se realiza la destilación, reduciéndose considerablemente el tiempo invertido en la práctica.

En la práctica de cromatografía tradicionalmente se realizaban cromatografía en columna, en papel y capa delgada. Ahora haciendo uso de un cromatógrafo de gases portátil se ha incluido la identificación de los componentes de una mezcla de líquidos volátiles tomando en cuenta los tiempos de retención.

En la práctica de estequiometría anteriormente se realizaba una serie de reacciones para comprobar la Ley de conservación de la materia. Ahora se incluyó una electrólisis y haciendo uso de una fuente de poder con un medidor de corriente conectado a una laptop, mediante el programa Logger Pro se obtiene la gráfica de corriente contra tiempo y de los datos derivados de la gráfica se logra determinar el valor del Número de Avogadro.

En la práctica de electroquímica anteriormente se construía una celda electrolítica haciendo únicamente uso de una fuente de poder. Ahora se incluyó el cobrizado de un metal haciendo uso de una fuente de poder y un medidor de corriente conectado a una laptop mediante una interfase para obtener simultáneamente una gráfica de corriente contra tiempo y de los datos obtenidos de la gráfica se determina la cantidad de cobre depositado durante el proceso.

En la práctica de titulación ácido-base tradicionalmente se utilizaba una bureta y manualmente se agregaba la disolución titulante hasta observar el vire del indicador. En la actualidad, haciendo uso de sensores de pH se pueden titular también muestras coloridas además que al conectarse a una laptop mediante una interfase se obtiene simultáneamente la gráfica de pH contra volumen y de los datos derivados de la gráfica se puede determinar el punto de equivalencia en la neutralización.

El contar con colorímetros portátiles permitió implementar como práctica final una determinación colorimétrica de hierro. El colorímetro se conecta a una laptop por medio de una interfase y se obtiene una gráfica de concentración contra absorbancia. Por extrapolación de la absorbancia en la gráfica se puede determinar la concentración de una muestra.

En lo que se refiere a la sustentabilidad, se implementó una práctica de cinética donde usamos Química verde y todos los residuos que se generan se pueden arrojar directamente al drenaje ya que no causan daño al medio ambiente.

El grado de sensibilidad del instrumental y del equipo implementado nos permite hacer determinaciones utilizando pequeñas cantidades de sustancias, minimizando la cantidad de residuos. Por otro lado, en la práctica de identificación de cationes anteriormente durante el proceso se liberaba el ácido sulfhídrico, un gas tóxico que causa daño al medio ambiente. Ahora se ha modificado el procedimiento para hacerlo sustentable, se utilizan otros reactivos para evitar la liberación de ese gas.

Además, en cada práctica se incluyó información acerca de la disposición de residuos y se implementó un programa de recogida selectiva según las características de los residuos generados, que posteriormente son gestionados según las disposiciones legales vigentes.

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En los laboratorios de química, el uso de tecnología de vanguardia nos ayudó a motivar a los alumnos de primeros semestres, dando como resultado una mejora en su aprendizaje. Con el instrumental que implementamos en el curso de Química Experimental, modernizamos la forma de promover en los alumnos el desarrollo de ciertas competencias como son: interpretar, evaluar y generar información.

Esto también permite dar otra dimensión al contenido del curso, ya que el tiempo invertido por experimento se reduce y se puede aumentar la profundidad de los conocimientos.

Al rediseñar el curso, además de modernizarlo haciendo uso de tecnología de vanguardia, implementamos prácticas evitando la contaminación del medio ambiente y con esto hacer sustentables los procesos utilizados.

El rediseño resulto tan atractivo que fue adoptado por las siguiente carreras:

1. Ingeniero en industria alimentarias
2. Ingeniero químico administrador
3. Ingeniero químico en procesos sustentables
4. Ingeniero en Biotecnología
5. Ingeniero en Bionegocios
6. Ingeniero Agrónomo
7. Lic. en Ciencias Químicas

Frente a técnicas convencionales de análisis, el uso de instrumental moderno se caracteriza por su gran rapidez, precisión y exactitud. Además su grado de sensibilidad permite la determinación de cantidades muy pequeñas de muestra, minimizando residuos y contribuyendo a la sustentabilidad del proceso.

La gran ventaja del uso de tecnología especializada y de vanguardia es que en la mayoría de estos métodos la muestra original y el analito de interés quedan sin alterar pudiendo recuperar la muestra para posteriores experimentos, evitando en parte la generación de residuos que requieren de cierto tratamiento. El que los estudiantes aprendan a usar tecnologías especializadas en la disciplina que estudian, les permitirá enfrentar con mayor capacidad el futuro laboral que les espera. El concientizarlos de la importancia de utilizar métodos, técnicas, y procesos pensando en la sustentabilidad económica, social, y ambiental, los prepara para aplicar estos principios en su futura práctica industrial laboral. La tecnología y metodología antes mencionada se implementó en el semestre agosto-diciembre de 2011 en un grupo piloto. A partir de enero de 2012 se ha integrado a todos los grupos de Química Experimental que se han impartido. En los semestres de enero-mayo se imparten aproximadamente 18 grupos de 16 alumnos cada uno, atendiendo aproximadamente 288 alumnos. Y en los semestres de agosto-diciembre se imparten 4 grupos de 16 alumnos cada uno, atendiendo aproximadamente 64 alumnos. Esta experiencia puede ser transferida para que en un futuro se aplique a otros laboratorios impartidos en el Departamento de Química.

Línea temática: Tecnología en la educación

6 BIBLIOGRAFÍA

- (1) Abraham, M., "The nature and state of general chemistry laboratory courses offered by colleges and universities in the United States", *Journal of Chemical Education*, (May 1997): 591-594.
- (2) Jones, R., "Life before and after computers in the general chemistry laboratory" *Journal of Chemical Education* 77. 8 (Aug 2000): 1085-1087.
- (3) Hjeresen, D., "Green chemistry and education", *Journal of Chemical Education* 77. 12 (Dec 2000): 1543-1547.
- (4) Williams, M., "Change in student conceptual and technological knowledge as a result of the general chemistry laboratory experience" *pH.D. Thesis, South Dakota University*, (2008).
- (5) David M; Howe, Jerry J; Lever, Lisa S., "Collaborative physical chemistry projects involving computational chemistry", *Journal of Chemical Education* 77. 2 (Feb 2000): 199-201.
- (6) Kantardjieff, K., "Introducing chemical computation early in the undergraduate chemistry curriculum", *Journal of Chemical Education* 76. 5 (May 1999): 694-697.

7 AUTHORIZATION AND DISCLAIMER

"Authors authorize LACCEI to publish the papers in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper."

ANEXO 1

La figura 1 muestra el Plan analítico 2006 para el Laboratorio de Química General

Práctica	Equipo instrumental o computacional utilizado
1. Material y Equipo básico en el laboratorio de química. Normas de seguridad en el laboratorio.	Ninguno
2. Técnicas experimentales básicas. Extracción, Purificación, Cristalización y Sublimación.	Ninguno
3. Técnicas experimentales básicas. Destilación Simple, fraccionada y de arrastre con vapor.	Ninguno
4. Cromatografía en columna.	Ninguno
5. Cromatografía en papel y capa delgada.	
6. Síntesis de pigmentos inorgánicos. Elaboración de pinturas.	Ninguno
7. Titulación ácido base.	Ninguno
8. Estequiometría. Reacciones químicas en serie.	Ninguno
9. Análisis Inorgánico I. Análisis e identificación de cationes del grupo I.	Ninguno
10. Análisis Inorgánico II. Análisis e identificación de cationes del grupo II-A.	Ninguno
11. Análisis elemental. Determinación de Carbono, nitrógeno, azufre y halógenos.	Ninguno
12. Electroquímica.	Ninguno
13. PRACTICA FINAL. Determinación del grado de hidratación de una sal.	Computadora. Excel

Figura 1.- Prácticas de Laboratorio de Química General de acuerdo al plan analítico 2006.

La figura 2 muestra el Plan analítico 2011 para el Laboratorio de Química Experimental

Práctica	Equipo instrumental o computacional utilizado
1. Seguridad y Técnicas experimentales básicas	Software Logger Pro
2. Técnicas experimentales básicas. Extracción, Purificación, Cristalización y Sublimación.	Ninguno
3. Técnicas experimentales básicas. Destilación Simple, fraccionada y de hidrodestilación	Software Logger Pro Sensor de temperatura Interfase Go link
4. Técnicas de Separación: Cromatografía en columna, en papel y capa delgada. Introducción a las técnicas instrumentales de Cromatografía	Software Logger Pro Interfase Go link Cromatógrafo de gases
5. Estequiometría 1. Ley de conservación de la materia y clasificación de reacciones.	Ninguno
6. Estequiometría 2. El mol u el Número de Avogadro.	Software Logger Pro Interfase Go link Sensor de corriente Fuente de poder
7. Cinética y equilibrio Químico	Software Logger Pro Interfase Go link Sensor de temperatura Cronómetro
8. Reacciones Redox	Software Logger Pro Interfase Go link Balanza analítica Multímetro Sensor de corriente Fuente de poder
9. Introducción al Análisis Cualitativo de Cationes y Análisis elemental	Ninguno
10. Introducción al Análisis Cualitativo y cuantitativo. Aniones, humedad y cationes a la flama	Equipo de Absorción atómica
11. Introducción al Análisis Cualitativo III. Sales Solubles	Ninguno
12. Titulación ácido-base	Software Logger Pro Interfase Go link Balanza analítica Microagitador Sensor de pH Cuenta gotas
13. PRACTICA FINAL.	Software Logger Pro Interfase Go link Balanza analítica Sensor de pH Colorímetro Microagitador Equipo de Absorción atómica

Figura 2.- Prácticas de Laboratorio de Química Experimental de acuerdo al plan analítico 2011.