

¿ES IMPORTANTE INCLUIR LA QUÍMICA AMBIENTAL EN LA CURRÍCULA DE LOS PROGRAMAS DE LICENCIATURA RELACIONADOS CON LAS CIENCIAS QUÍMICAS?

Maria Catalina Alfaro de la Torre

Facultad de Ciencias Químicas, UASLP

Av. Dr. Manuel Nava 6, Zona Universitaria
San Luis Potosí, S.L.P.
Tel (444)8262440 ext 520; Fax (444)8262371/2372
alfaro@uaslp.mx



Universidad Autónoma de San Luis Potosí
9 al 13 de Junio de 2003 San Luis Potosí, S.L.P. México
<http://ambiental.uaslp.mx/foroslp/>

MEMORIA



I Foro Nacional sobre la
Incorporación de la
Perspectiva Ambiental
en la Formación
Técnica y Profesional

RESUMEN

El estudio de los temas ambientales requiere un enfoque global, tomando en cuenta que como planeta todas las actividades realizadas por el hombre afectan en distintos grados la calidad del agua, del aire y del suelo. Dentro de este contexto las actividades de los profesionales de la química, afectan al medio ambiente a través de los subproductos que se generan durante los procesos de producción en los cuales un químico tiene responsabilidad; estos subproductos se emiten al aire, al agua y muchos de ellos se disponen directamente sobre el suelo. Por esta razón, se considera muy importante que los programas académicos de las licenciaturas de las Ciencias Químicas incluyan en su estructura curricular, la química ambiental prácticamente como parte de los cursos básicos. De esta manera, los estudiantes se formarán con una visión tal que involucre el factor ambiental en la proposición de nuevos procesos productivos o en la modificación de los ya existentes. Para lograrlo, es necesario que el estudiante conozca los procesos y ciclos que regulan el comportamiento de las sustancias naturales y contaminantes en el medio ambiente para que pueda comprender el impacto sobre el medio ambiente de los subproductos que se generan en el sector productivo en el cual trabaje y proponer modificaciones a los procesos productivos si fuese necesario. Sin embargo, se deben cuidar varios aspectos (a) el nivel de conocimientos al cual se imparten los cursos, (b) los conocimientos previos que requiere el estudiante de química antes de cursar la química ambiental y (c) los textos en los que se soportará el curso.

INTRODUCCIÓN

Con la industrialización (1890-1900), se favoreció la entrada al ambiente de muchas sustancias “nuevas” y el incremento en la emisión de otras presentes de manera natural. Así, el ciclo de muchos elementos en el ambiente se ha modificado para incorporar estas sustancias y de alguna manera responder a ésta “nueva” situación ambiental. Es por esto que ahora hablamos de la contaminación que se ha generado por la introducción de agentes biológicos, químicos o físicos a un medio al que no pertenecen o porque su abundancia excede los valores naturales. De esta manera, consideramos que una sustancia es contaminante cuando se acumula en el agua, aire o suelo y llega a producir efectos negativos para la vida o el medio.

En la alteración de la calidad del medio ambiente mucho hemos contribuido los químicos a través de todos los procesos que desarrollamos. A pesar de ello, en nuestro país, las instituciones que ofrecen licenciaturas en Química se han preocupado poco por incorporar el Factor Ambiental a los programas curriculares de las licenciaturas. Esto se puede lograr incluyendo en las licenciaturas de química materias de Química Ambiental como un curso básico, además de otros

como Prevención de la Contaminación e Ingeniería Ambiental para las licenciaturas de Ingeniería Química, Bioquímica, etc., por mencionar algunos de los más importantes.

¿Porqué un curso de química ambiental en una licenciatura de química? La respuesta es sencilla. Durante las actividades profesionales de los químicos se generan productos que afectan al ambiente y los estudiantes deben estar concientes de ello. Por lo tanto se requiere que se formen con la visión de desarrollar sus actividades profesionales con la convicción de que los procesos o productos que generen deben tener el menor impacto posible en nuestro entorno. Obviamente para lograrlo, se requiere que el estudiante conozca de los procesos y ciclos que regulan el comportamiento de las sustancias naturales y contaminantes en el ambiente. Así, el reto de las instituciones de educación superior será inculcarles valores tales como hacer buenas evaluaciones, obtener buenos resultados y estimar las consecuencias al ambiente de los procesos que desarrollen en un marco de RESPONSABILIDAD. Es importante entonces, promover que los estudiantes comprendan los procesos naturales característicos de cada matriz ambiental (agua, suelo, aire) y la interacción de dichos procesos entre las matrices vistos desde un enfoque GLOBAL del ambiente y no compartimental. De esta manera formaremos estudiantes capaces de prever el impacto de las actividades que realizamos en nuestra profesión, sobre la calidad del agua, suelo y aire.

En el momento actual estamos asistiendo a un cambio de paradigma: el impacto al medio ambiente se debe ver con un enfoque **preventivo** en las regulaciones y en el manejo del ambiente y no por un enfoque caracterizado por estrategias de reacción – control. Según Hirschhorn et al., (1993) prevención quiere decir anticipación y no considera actuación sobre los desechos sino sobre las condiciones y las circunstancias que potencialmente pueden generar desechos. Estas acciones se deben implementar en la fuente misma de generación de los desechos. Este enfoque de prevención generalmente se enseña en los programas, en su mayoría de Ingeniería Química y Química en los EU y los profesores de estos programas propusieron, por ejemplo, que los estudiantes requieren tener bases de QUÍMICA AMBIENTAL antes de tomar un curso de Prevención de la Contaminación (Simpson y Budd, 1996). En nuestra discusión nos enfocaremos esencialmente hacia la importancia de incluir la materia de Química Ambiental en los programas de Química.

1. ¿QUÉ ESTUDIA LA QUÍMICA AMBIENTAL?

Existen varias ramas de la ciencia que desde diferentes perspectivas tratan de comprender el comportamiento de las llamadas sustancias contaminantes, estimar y de ser posible predecir sus efectos sobre la calidad del suelo, agua, aire y organismos vivos. La **química ambiental** es la disciplina que estudia los procesos

y las sustancias químicas que afectan al ambiente cuyo comportamiento está definido por su naturaleza química; también se interesa en las fuentes de los contaminantes, tanto aquellos generados por la actividad humana como los producidos en fenómenos naturales, en su identidad, su concentración en las diferentes matrices ambientales, las reacciones en las que participan y las especies químicas predominantes en agua, suelo y aire (Harrison, 1999). En síntesis, la química ambiental estudia los mecanismos de transporte de las sustancias químicas en el ambiente y sus efectos; además, a medida que la tecnología se desarrolla, la química ambiental da una mejor evaluación del impacto negativo al ambiente de las sustancias químicas generadas en los procesos industriales y permite comprender, que es necesario en algunos casos, modificar o re-diseñar un proceso o producto químico para obtener productos menos dañinos para el ambiente. La química ambiental no involucra necesariamente la toxicología ambiental, sin embargo, permite explicar en base a la especiación química los efectos toxicológicos de las sustancias, predecir la formación de nuevas especies, comprender su asociación con la fase sólida orgánica e inorgánica, etc.

2. ¿CUÁL ES EL NIVEL AL QUE SE DEBE IMPARTIR UN CURSO DE QUÍMICA AMBIENTAL DENTRO DE LAS CARRERAS DE QUÍMICA?)

El objetivo principal y quizás al mismo tiempo el desafío más importante para el profesor que imparta la materia es buscar la relación apropiada entre los conceptos básicos de química inorgánica y orgánica, analítica, fisicoquímica, etc. que el estudiante ha aprendido en los primeros semestres de su carrera y su aplicación al estudio de procesos ambientales.

De acuerdo a lo anterior, nos debemos preguntar no solo el nivel al cual se debe impartir el curso sino también el mejor momento para hacerlo dentro de los programas de química. Como se indicó antes, en la mejora del medio ambiente intervienen muchas disciplinas y por lo tanto el profesional de la química requiere de una gran variedad de conocimientos y habilidades para abordar temas ambientales cuya naturaleza es multidisciplinaria. Por esta razón, proponer el mejor programa de cursos en medio ambiente es una tarea controvertida y difícil (Silverman y Silverman, 2003). También, siendo la química ambiental tan vasta es difícil decidir un contenido adecuado para el nivel de licenciatura. Estos puntos han sido tema de discusión en muchas reuniones y publicaciones científicas (Silverman y Silverman, 2003). Por ejemplo, en su reunión de otoño de 1994, la División de Educación Química de la American Chemical Society organizó una serie de simposios y durante los cinco días que duró la conferencia, se abordaron temas como reciclamiento y beneficio, manufactura verde y diseño para el medio ambiente. En esta reunión se indicó que la investigación de procesos de manufactura respetuosos del medio ambiente es la nueva dirección que la

industria química está siguiendo (Sankaran, 1994). Lo anteriormente expuesto nos indica que nuestros estudiantes deben estar mejor preparados para poder desenvolverse bien dentro de esta nueva “exigencia” en el trabajo.

Dado que el medio ambiente es en si complejo, el químico estará siempre involucrado en un campo de estudio de naturaleza multidisciplinaria. Esto implica que, el químico debe ser capaz de entender y usar terminología propia de otras disciplinas como biología, geología, ecología, sedimentología, mineralogía, genética, química de suelos, agua y atmósfera de manera tal que se pueda comunicar apropiadamente con profesionales de otras disciplinas. Sin embargo, puesto que su trabajo involucra pruebas analíticas, desarrollo de nuevos productos en el laboratorio, trabajo de campo con los usuarios de productos químicos, etc. (ACS, 1998), para cursar materias relacionadas con la química ambiental, los estudiantes requieren de apoyarse en fundamentos de química inorgánica, orgánica, analítica, fisicoquímica y biología que debe haber cursado previamente en su carrera. En el momento que tenga estos conocimientos básicos, un estudiante de química podrá tomar cursos de química ambiental para que pueda comprender mejor los diferentes procesos ambientales que son de naturaleza fisicoquímica, biológica, física, etc.

Sin embargo, no se debe olvidar que estamos discutiendo la pertinencia de impartir un curso de química ambiental en licenciatura. Por ello, en la enseñanza de este curso se debe encontrar un equilibrio entre el **nivel de detalle** y la **generalidad** al que se estudien los diferentes procesos ambientales que se deban discutir. Más aún, de experiencia propia, es necesario tener especial cuidado en que el estudiante aprenda a aplicar adecuadamente sus los conocimientos previos y que no lleve al profesor a hacer cada vez una revisión de conceptos que ya se enseñaron con suficiente detalle en sus cursos anteriores. Otro aspecto que se debe cuidar es el enfoque global del curso, tomando en cuenta que como planeta todas las actividades realizadas por el hombre afectan en distintos grados los diferentes compartimientos ambientales. El alumno deberá en consecuencia recibir una formación que involucre todos los compartimientos principales del ambiente – agua (superficial y subterránea), atmósfera y suelo.

De manera particular, los estudiantes de ingeniería química con orientación ambiental, serán los profesionistas responsables de implementar los procesos de tratamiento para reducir la contaminación del aire, la erosión del suelo, de tratar el agua para consumo público y para conservar el recurso. Ellos van a requerir del uso de la biología, la química y las matemáticas para determinar como reducir o prevenir la contaminación y preservar y proteger el ambiente. Por esta razón, se requiere no sólo incluir un curso de química ambiental en sus programas de licenciatura, sino que este debe preceder a sus cursos de ingeniería ambiental o prevención de la contaminación. Esto es importante porque los estudiantes tendrían los fundamentos químicos que les permitan un mejor aprovechamiento de su programa de ingeniería ambiental. Por último es claro que independientemente

de la licenciatura de química que se trate, se debe formar a los estudiantes dentro de un contexto en que el ambiente es la más alta prioridad (Cantore, 2003).

3. ¿QUÉ ORIENTACIÓN LE DEBERÍAMOS DAR A LOS CURSOS DE QUÍMICA AMBIENTAL DENTRO DE UN PROGRAMA DE LICENCIATURA EN QUÍMICA?

En su primera reunión (Enero, 2002), la División de Química y Medio Ambiente del Comité de Educación en Química Ambiental de la Federación de Sociedades Químicas de Europa resaltó que el problema actual de la educación en química ambiental no es ¿qué enseñar? aunque la materia en si es vasta, sino más bien, **¿hacia donde se debe dirigir la enseñanza de la química ambiental?** A los participantes de la reunión se les hicieron las siguientes preguntas: a) ¿Qué debemos hacer para desarrollar una visión de Educación en Química Ambiental para el desarrollo sustentable de Europa?; b) ¿qué se puede hacer en el contexto actual que sirva como punto de partida para implementar en el futuro educación y entrenamiento en química ambiental?; c) ¿cómo hacer que las estrategias de enseñanza y evaluación que se implementen sean adecuadas para los grupos a los que van dirigidos?; d) ¿qué conocimientos, contenidos y habilidades deben considerar los cursos de tal manera que el estudiante adquiera altas habilidades conocimiento que lo hagan un profesional preparado en la química ambiental? (Zoller, 2002).

El objetivo de discutir todos estos aspectos en una reunión era que el objetivo principal va orientado hacia la formación de profesionales dentro de un contexto de (a) imperativas ambientales, y (b) dada la factibilidad económica limitada de la mayoría de las tecnologías innovadoras / avanzadas, es inevitable el cambio del paradigma dominante actual de CORRECTIVO a uno PREVENTIVO en la práctica de la profesión de la química en el mundo. De todo ello surge que la educación en la química ambiental es IMPERATIVA en todos los niveles de la educación química e implica de manera significativa, el desarrollo en nuestros estudiantes de altas habilidades del conocimiento – preguntar, pensar y analizar de manera crítica, tomar decisiones y resolver problemas en un contexto Ciencia-Tecnología-Ambiente-Sociedad. Esto sin duda facilitará su porvenir como un profesional ilustrado en química ambiental. Así las recomendaciones de la reunión se pueden resumir en:

- a) Formar químicos “cultos” en medio ambiente incorporando las ciencias ambientales la química mediante el diseño de módulos y cursos de química ambiental que involucren el estudio de casos,
- b) Fomentar el enfoque multidisciplinario en la enseñanza de tal manera que se enfrente al estudiante a una amplia variedad de recursos que le hagan

comprender que el ambiente es un sistema complejo que requiere de un análisis desde varios enfoques, y,

- c) Fomentar el desarrollo de las capacidades del estudiante para comprender, evaluar, discutir los resultados y emitir una opinión de un problema ambiental (Zoller, 2002).

Por su parte, el consejo nacional de acreditación en Ciencias de la Salud Ambiental y de la Protección (EHAC por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, implementó recientemente una guía para la acreditación de programas de licenciatura en Ciencias de la protección y salud del ambiente, en la que considera que los programas deben promover el pensamiento crítico, el desarrollo de las habilidades profesionales y el conocimiento técnico, y proveer las herramientas para el aprendizaje a largo plazo. Este organismo tiene como misión mejorar el nivel académico y el entrenamiento de los estudiantes y/o profesionales que se dediquen a las ciencias relacionadas con la salud y protección del ambiente. Esta guía se aplicó a todos los participantes (estudiantes y profesores) de programas ambientales de nivel licenciatura en Estados Unidos y se obtuvo que los programas que siguen los criterios de la guía forman profesionales que pueden hacer contribuciones substanciales a la protección de la salud del ambiente. Estos programas incluyen cursos de **química ambiental**, calidad del agua, suelos y calidad del aire con una buena base de legislación y política ambiental, así como análisis de riesgos y comunicación de riesgos (Silverman y Silverman, 2003).

4. LIMITACIONES Y RETOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA AMBIENTAL

Una de las principales dificultades que enfrenta la enseñanza de la química ambiental es que con frecuencia uno o dos profesores son los responsables de dar cursos de química ambiental. Esto implica que el profesor debe estar familiarizado con los diferentes aspectos químicos del agua y del aire, su contaminación, el tratamiento de residuos peligrosos, el tratamiento del agua, el análisis de muestras ambientales, etc. (Borchardt, 2001). Varios de estos tópicos quizás están fuera de su campo de especialización y por ello la enseñanza de la química ambiental es tan “limitada” como limitado sea su conocimiento de los temas. Esto es muy importante porque, a un nivel de licenciatura en que un estudiante requiere tener una panorámica general de la materia, se le puede formar con una visión limitada del ambiente (Bocker y van Grondelle, 2001). No podemos olvidar que química ambiental debe usarse para integrar conceptos aplicados ya que el ambiente es integral y no debe considerarse como el análisis de matrices separadas sin ninguna interacción. Otro problema crítico se podría presentar cuando el profesor deba impartir un curso de química ambiental tanto a estudiantes cuya formación principal sea en química o a aquellos con bases de química limitadas. Esto crea la necesidad de que el profesor aparte de sesiones

magistrales, se apoye en programas interactivos de cómputo, en simulaciones sencillas y en demostrativas en el laboratorio que le permitan reforzar los conceptos vistos en la clase.

Otra limitación importante con la que se encuentra el profesor es en proponer los libros de texto apropiados para el curso ya que existe una gran cantidad de textos con diferentes enfoques. Hites (2001) y Dunnivan (2001) hicieron una revisión de los libros de química ambiental publicados y más citados en los últimos diez años. Los autores analizaron la disponibilidad, alcance, fortalezas y limitaciones de estos libros. Hites (2001) concluye que el mejor libro de texto es ninguno de los catorce libros que analizó, sino más bien, la mejor guía de un curso de química ambiental son las propias notas que el profesor va desarrollando en el tiempo que imparte el curso. Sin embargo cita algunos textos que sirven como base para generar y/o complementar las propias notas. Dunnivan (2001) realizó una clasificación de los libros de química ambiental disponibles y los agrupó en varias categorías: a) textos apropiados para químicos vs textos apropiados para ingenieros, b) textos que incluyen conceptos de ingeniería, c) textos con un contenido cuantitativo vs contenido cualitativo, d) problemas de calidad al final de los capítulos, e) textos que cubren principios químicos fundamentales, f) textos que incluyen el aspecto global, y g) textos con un enfoque a nivel de procesos o a nivel de tópico. Este autor deja la elección de los libros al profesor en base al nivel (licenciatura o posgrado) y orientación de los programas.

De lo anterior se puede concluir que es muy difícil elegir los textos apropiados para las licenciaturas de química y que se deberá optar por aquellos que incluyan una revisión de los procesos químicos principales por matriz ambiental, que involucren la interacción entre las diferentes matrices ambientales, y apliquen conceptos fundamentales de química analítica, fisicoquímica, etc., hacia la comprensión de los diferentes procesos que afectan a las sustancias químicas en el medio ambiente. No se deberá sin embargo, olvidar que las disciplinas del medio ambiente se encuentran en pleno desarrollo por lo que los cursos de química ambiental deben actualizarse constantemente.

CONCLUSIONES

La inclusión de tópicos ambientales en el programa curricular de las carreras de química mejorará la educación y dará una mejor preparación a los estudiantes para practicar una química ambientalmente sostenible (Wenzel y Austin, 2001). Estos tópicos ambientales se pueden soportar en un curso formal de química ambiental y a través del aprendizaje mediante el estudio de casos y quizás la experimentación en el laboratorio llevada a cabo por el grupo de estudiantes sobre un problema ambiental determinado. Con respecto a lo último y aunque no se discutió la posibilidad de incluir experimentos de laboratorio en el programa de química ambiental, esto daría a los estudiantes mayor confianza cuando realicen

análisis químicos relacionados con sus trabajos y cursos porque comprenderían la importancia de la precisión en sus datos analíticos y que el ambiente es un medio complejo. Además aprenderían que la rigurosidad en el trabajo de laboratorio es necesaria para lograr una buena interpretación de los problemas de contaminación ambiental.

También podemos concluir, que a pesar de las limitaciones encontradas con respecto al material adecuado, los temas y las bases del conocimiento de la licenciaturas, es necesario que los estudiantes integren a su formación y práctica de la química, fundamentos de química ambiental que les permitan proponer y generar, procesos y productos, ambientalmente sostenibles. Es lógico pensar que los estudiantes de química que hayan tomado un curso de química ambiental y que se interesen a puestos relacionados con medio ambiente deberán tomar otros cursos sobre medio ambiente como prevención de la contaminación, legislación ambiental, toxicología ambiental, química analítica ambiental, etc., que les permitan tener una visión moderna e integral de los procesos ambientales y de la necesidad de planear desde la planta productiva una mejor calidad del aire, agua y suelo y una menor generación de residuos peligrosos.

REFERENCIAS

- American Chemical Society (1998). Bulletin VC2-Careers: Environmental Chemistry.
- Boeker, E., R. van Grondelle (2001). Environmental Science: Physical principles and applications. NY, John Wiley.
- Borchardt, J. K. (2001). Teaching environmental chemistry at 4-year colleges. The Alchemist, 24 de mayo.
- Cantore, J.A. (2003). Hot Jobs in the Environment. Career World, Vol 31(4):28-30.
- Dunnivan, F.M. (2001). Critical assessment of environmental chemistry textbooks. Paper No. CHED 23 presented at the 221 National Meeting of the American Chemical Society, San Diego, CA (April 1-5).
- Harrison, R.M. (1999). Understanding our environment: an introduction to environmental chemistry and pollution. 3a. edition.
- Hirschhorn, J., T. Jackson, L. Baas (1993). Toward prevention – The emerging environmental management paradigm. En. T. Jackson (Ed) Clean production strategies: developing preventive environmental management in the industrial economy. Lewis.

- Hites, R.A. Evaluating environmental chemistry textbooks. *Environmental Science and Technology / News*. January 1, 2001, p. 32A – 38A.
- Sankarán, N. (1994). Education on Environment Hot Topics at ACS Meeting. *The Scientist*, 8(14):7.
- Silverman, G.S., M.K. Silverman (2003). Skills, knowledge, and abilities of graduates from accredited environmental health science and protection undergraduate programs. *Journal of Environmental Health*, 63(7):17-23.
- Simpson, J. D., W. W. Budd (1996). Toward a preventive environmental education curriculum: The Washington State University experience. *Journal of Environmental Education*, 27(3): 18-24.
- Wenzel, T.J., R. N. Austin. Environmental chemistry in the undergraduate laboratory: bringing environmental topics into undergraduate curricula connects students with complex real-world issues. *Environmental Science and Technology*, August 1, 2001, p. 327A-331A.
- Zoller, U. Environmental chemistry education in Europe: setting the agenda. Workshop "Environmental Chemistry Education in Europe", FECS, Rome (Italy), Jan. 10-12, 2002.

Este texto forma parte de la Memoria del



I Foro Nacional sobre la Incorporación de la Perspectiva Ambiental en la Formación Técnica y Profesional
9 al 13 de junio de 2003, San Luis Potosí, S.L.P., México
Sede: Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Programa y resúmenes disponible en:
<http://ambiental.uaslp.mx/foroslp/>

INSTITUCIONES CONVOCANTES Y PATROCINADORAS:

Agenda Ambiental de la [UASLP](#); Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable ([Complexus](#)); Programa Institucional de Medio Ambiente de la [Universidad de Guanajuato](#); Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior ([ANUIES](#)); Centro de Estudios sobre la Universidad de la Universidad Nacional Autónoma de México ([CESU-UNAM](#)); Secretaría de Educación Pública a través de las Subsecretarías de Educación Superior e Investigación Científica ([SEP-SESI](#)) y de Educación e Investigación Tecnológica (SEIT); Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales ([SEMARNAT](#)) a través del Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable ([CECADESU](#)) y de la [Delegación Federal](#) de la Semarnat en SLP; Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental ([SEGAM](#)) del Gobierno del Estado de SLP; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través del Sistema Regional de Investigación Miguel Hidalgo ([Conacyt-SIGHO](#)); Asociación Nacional de Autoridades Ambientales Estatales (ANAAE); Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica ([CIIDET](#)); Academia Nacional de Educación Ambiental ([ANEA, A.C.](#)); y Comisión de Educación y Comunicación (Mesoamérica) de la Unión Mundial para la Naturaleza ([CEC-UICN](#))