

La Química, la Ingeniería Química y su relación con otras disciplinas

Antonio Valiente Barderas*

RESUMEN

La Ingeniería Química, como tal, tiene apenas un poco más de cien años de existencia. Durante ese tiempo la enseñanza de la misma ha ido cambiando conforme se generaron investigaciones, datos y libros que produjeron innovaciones en el currículo y nuevos paradigmas de la enseñanza. El desarrollo de esta disciplina ha incidido en la creación o modificación de otras más, tal como la Ingeniería Ambiental, la Ingeniería de Alimentos, la Bioingeniería, la Ingeniería Electroquímica y la Ingeniería Metalúrgica, etc. En el futuro se presentan nuevos retos y oportunidades de desarrollo en el área de los biocombustibles, la nanotecnología, los nuevos materiales y el control climático.

ABSTRACT

Chemical Engineering as such has a little more than a hundred years of existence. During this time, his development has generated research, data and books which made innovations in the curriculum and new paradigms in education. The development of this discipline has influenced the creation or modification of others such as Environmental Engineering, Food Engineering, Electrochemical Engineering, Metallurgical Engineering, etc. The future presents new challenges and opportunities for development in the area of biofuels, nanotechnology and climate control.

Recibido: 3 de mayo de 2011
Aceptado: 19 de julio de 2011

INTRODUCCIÓN

El ingeniero químico no nace, sino que se forma a través del estudio y de la práctica diaria. Actualmente existen muchas universidades y tecnológicos en donde el estudiante recibe las bases teóricas y prácticas de la profesión, pero no siempre fue así.

El método de aprendizaje más antiguo surgió por la observación o imitación, a través de éstas se recopilaban conocimientos que posteriormente se llevaron a la práctica; por ejemplo: la caza, la pesca, hacer fuego, vino, tortillas, y posteriormente mediante la repetición se lograban adquirir las habilidades mencionadas. A estas imitaciones se les ha dado el nombre de método empírico, el cual era útil para formar artesanos y operarios, porque la enseñanza de las técnicas tienen como objeto que el individuo desarrolle una habilidad kinestésica, es decir que aprenda a hacer algo.

Otro método que se utilizó en la Grecia antigua es la enseñanza académica, con ella se impartían fundamentalmente conocimientos que desarrollaban habilidades de verbalización, análisis, síntesis y evaluación.

El saber científico se propone, intencionalmente, inquirir acerca del ser de las cosas y el saber técnico, más urgido por las exigencias vitales (armas, alimentos, comercio, vivienda) busca las formas de satisfacerlas.

Palabras clave:

Ingeniería Química; Ingeniería Ambiental; Biotecnología; Nanotecnología.

Keywords:

Chemical Engineering; Environmental Engineering; Biotechnology; Nanotechnology.

El técnico sólo pretende cumplir su función obsesiva de producción; su labor es tan apremiante e inmediata que al satisfacerla cree que ha cumplido con su compromiso, reduciendo su visión intelectual, y todo fin ulterior de índole social o metafísico queda en la penumbra, como olvidado y obscurecido (Valiente, 1985).

El científico se propone inquirir sobre las cosas naturales y humanas; la actividad técnica, y sus fines están entre los objetos que debieran merecerle

*Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Av. Universidad no. 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Delegación Coyoacán, C.P. 04510. Distrito Federal, México. Correo electrónico: faty_avb@yahoo.com

la atención. Sin embargo los científicos de Atenas, Alejandría y Roma prestaron escasa atención a las actividades técnicas que les podían proporcionar bienestar y hasta lujos.

La razón de esto es que vivían en una sociedad esclavista en la que todo el trabajo manual y artesanal quedaba en manos de esclavos y no de hombres libres. Esta limitante hizo que aquellos científicos fueran grandes pensadores, pero pobres experimentadores, ya que nunca probaban sus aseveraciones, sino que eran resultado de sus razonamientos lógicos.

Por otro lado, la gente que vivía de un oficio creía que si sus técnicas se divulgaban tendrían más competidores y menos beneficios, por esta razón se impuso el secreto de oficio, secreto que pasaba de maestro a aprendiz o, para mayor preservación, se transmitía de forma oral de padres a hijos. (Derry, 1977)

Esta práctica no favorecía el mejoramiento y la difusión de las técnicas y el desarrollo de las mismas, se hacía lenta y, penosamente, con frecuencia, a través de la guerra; uno de los botines más apreciados eran los artesanos que enriquecían con sus técnicas al vencedor.

A pesar de todo, las técnicas y la ciencia, crecieron enormemente durante el periodo helenístico y el Imperio Romano. A la caída de este último, las invasiones de los bárbaros eliminaron en gran parte del mundo mediterráneo, los conocimientos científicos. Los conocimientos técnicos, que eran indispensables y estaban más distribuidos entre la sociedad, siguieron su lento pero seguro avance.

Durante la Edad Media, al prohibirse la esclavitud y al disminuir la población por las guerras y las pestes, se tuvo que recurrir al uso de técnicas que aligeraban el trabajo de los hombres y que lo multiplicaban. En esta época el conocimiento se difundió principalmente mediante los gremios, no obstante seguía envuelto entre sombras y secretos. A fines de aquella época surgieron las universidades en las que prestigiosos maestros enseñaban parte del conocimiento de la antigua Grecia y Roma y que se había rescatado a través de algunos libros que se habían salvado de la destrucción generalizada.

¿Qué se enseñaba en las universidades? En las universidades medievales se enseñaba primeramente Teología, Derecho, Medicina y las llamadas artes liberales (estudios propedéuticos de Lógica, Filosofía, Retórica, Física y Metafísica). Como se ve, lo más cercano a una enseñanza técnica era la Medicina; pero aun ésta se enseñaba con base en libros escritos hacia 1 000 o más

años y de ninguna manera se permitía que el estudiante tocara o corroborara en cadáveres lo que los libros o sus maestros le indicaban. En otras palabras, la enseñanza universitaria estaba divorciada de la experimentación y por ende de las técnicas. Por ello la alquimia se enseñaba como un oficio, de maestro a aprendiz de manera secreta, y los libros que se llegaron a escribir sobre la materia no estaban al alcance del conocimiento del vulgo, sino escritos en un lenguaje que sólo los iniciados podían llegar a comprender.

Durante la Edad Media se alzaron voces contra la enseñanza de las ciencias. Entre los que pidieron que las ciencias se basaran menos en la especulación y más en la observación y en la experimentación, estaba Roger Bacon.

El Renacimiento trajo, además de un avance en las artes, un notable desarrollo en las técnicas y el resurgimiento de las Matemáticas, la Astronomía, la Física, la Mecánica y la Óptica, en los que se empezaron a aplicar los principios de observación y la experimentación.

La vinculación entre los procesos técnicos y los científicos no era aún muy notoria; se puede decir que hasta el momento las ciencias se habían beneficiado de las técnicas y no al contrario. Y sin embargo, la posición del artesano y del tecnólogo había cambiado con respecto a la Edad Media. En el Renacimiento, el ingeniero, el arquitecto y el orfebre eran hombres ilustrados, artistas multifacéticos que gozaban en las cortes del mismo prestigio que el médico o el astrólogo. No obstante, en el campo de la alquimia los cambios fueron muy lentos. En 1597 el alemán Livabius publica un libro con el título de *Alquimia* que puede ser considerado como el primer texto moderno de química. Pocos años antes, un compatriota suyo, G. Agricola, en su obra *De Re Metallica* expone los conocimientos metalúrgicos de la época.

Robert Boyle publica en 1661, su famosa obra *El químico escéptico*, en la que rompe con la tradición alquímica y establece en cierto sentido los criterios del método científico.

"Sólo el experimento es decisivo; jamás las hipótesis no comprobadas" (Boyle, 1661).

El advenimiento del libro impreso hizo que se difundiera la obra de los grandes artistas, ingenieros, arquitectos y médicos, pero es hasta el siglo XVIII en que la enciclopedia difunde a todo el mundo el estado de las artes y de las técnicas de la época. También en ese siglo los cambios en la economía de Europa hicieron que se revisaran las técnicas productivas, para abaratar los productos y superar las carencias

de ciertas materias primas. Por esa época se fundaron los primeros tecnológicos y escuelas superiores de artes y oficios. En aquellas escuelas, por primera vez se comenzaron a estudiar las técnicas manufactureras en boga y se las enseñó a aquellos muchachos deseosos de aprenderlas. Además, en esos centros se comenzó a aplicar el conocimiento de la Física y las Matemáticas. Por primera vez la ciencia empezaba a mejorar las técnicas y no al revés. Eso se debió a que los dirigentes de las industrias se dieron cuenta de que tratar de mejorar las técnicas basándose en los conocimientos científicos sería más redituable que seguirlo haciendo al azar como hasta entonces.

ORIGEN Y DESARROLLO DE LA INGENIERÍA QUÍMICA

En las escuelas técnicas se comenzó a estudiar la Mecánica aplicada, las Matemáticas aplicadas, y algo novedoso, la Química, que empezaba a perfilarse como una ciencia digna de tomarse en cuenta. Así, tanto en Francia como en Inglaterra la Química empezó a enseñarse en las instituciones superiores y en las universidades y los mejores químicos de la época impartieron cátedra aunque esta era esencialmente teórica basándose en conferencias y pocas experiencias de cátedra, salvo en los tecnológicos en donde se daba más importancia a los laboratorios.

De las universidades la enseñanza de la Química pasó a los colegios y a las escuelas secundarias y profesionales. Los egresados de esas escuelas cambiaron, con ayuda de los inventores y científicos, la faz del mundo. Las técnicas de fabricación cambiaron radicalmente pasándose de la producción artesanal a la producción en serie. Las máquinas que ellos inventaron, movidas primero por vapor y luego por la electricidad y el petróleo, desplazaron los sencillos utensilios que utilizaban los artesanos.

Antes del siglo XVIII la industria química se había desarrollado sin la ayuda de los químicos o de la ciencia química de la época. Con el desarrollo de la Química en los siglos XVIII y XIX aparecieron cada vez más sustancias, descubiertas o sintetizadas por los químicos, algunas de los cuales prometían superar con creces las propiedades de los productos naturales o al menos mejorarlos. La superficie del norte de Europa se llenó de pronto de fábricas malolientes que producían productos desconocidos (Valiente, 1985).

Para la construcción y operación de esas plantas no se podía contar con la tradición, así que se tuvo que empezar desde cero utilizando los conocimientos del químico industrial y del ingeniero mecánico para

el diseño y operación de las mismas. Pero como el ingeniero mecánico no tiene conocimientos de química y los químicos no los tienen de mecánica ni de los procesos o gran escala, el método resultaba oneroso por los tanteos y el entrenamiento que se debía dar a esas personas para que trabajaran juntos. Desde luego no era tanto que impidiera el gran desarrollo de la industria química alemana, inglesa y francesa.

En las universidades se preparaban cada vez más químicos que aumentaban con sus estudios el ya amplio mundo de la Química y en los tecnológicos se preparaban a los químicos industriales que manejarían las nacientes fábricas. A aquellos profesionistas se les enseñaba, además de la Química de su época, los procesos químicos más comunes, así como la maquinaria de más amplio uso. El perfeccionamiento de aquella maquinaria se debía al ingenio de los inventores, generalmente operarios, o al progreso de la Ingeniería Mecánica o Eléctrica.

Hacia 1860, algunas personas se dieron cuenta de que el diseño y la creación de las plantas químicas se estaba convirtiendo en una actividad especializada que podía convertirse en una disciplina de estudio completamente nueva.

En 1884, Henry Armstrong, en Londres, planeó un curso de cuatro años que incluía Química, Ingeniería Mecánica, Matemáticas, Física, Dibujo, Tecnología Química, talleres y lenguas modernas. Como el curso era en realidad una mezcla de Química con Ingeniería no prosperó.

En 1887 Georges Edwards Davis, quien era consultor e inspector de la industria de los álcalis, dictó una serie de conferencias en la Escuela Técnica de Manchester sobre la Tecnología Química. En vez de describir los procesos de la Química Industrial contemporánea, Davis analizaba el comportamiento de ellos como una serie de sencillas operaciones. De hecho fue el primero en considerar los procesos de manufactura química como la secuencia y combinación de un pequeño número de operaciones. Después de la publicación de varios de sus ponencias de 1887 en la revista *Chemical trade journal* que él fundó, Davis abandonó sus publicaciones en 1901, año en que salió a la luz su *Manual de Ingeniería Química*, en el cual se daba un curso completo sobre el tema. Posteriormente, en 1904 apareció una segunda edición ampliada, la cual tenía más de mil páginas. El libro de Davis, con el que se inició la enseñanza de la Ingeniería Química, ha sido un clásico empírico del tema (Hardie, 1969). Pero pese a los esfuerzos de Davis y otros hombres, el concepto de *Ingeniería Química* no tuvo buena acogida en Europa, pero sí en los Estados Unidos.

Los primeros cursos de Ingeniería Química se impartieron en el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), en 1888, en Penn en 1892, en Tulane en 1894 y en la Universidad de Michigan en 1898. A esos cursos asistieron una serie de jovencitos que soñaban ser lo que otros no habían sido antes: "ingenieros químicos".

El Plan de Estudios de los primeros ingenieros químicos incluía el estudio de la Química, la Física, las Matemáticas, la Ingeniería Mecánica, la Electricidad, el Dibujo, etcétera, pero no había ninguna materia que tratara sobre Ingeniería Química. Se impartían, si, algunos cursos relacionados con los procesos químicos en boga y otros cursos en los que se describía el tipo de equipos más usados.

Los textos más populares de aquellos tiempos estaban relacionados con la Química Industrial (Hougen, 1978), e incluían los libros de F.H. Thorp (1898), Allan Rogers (1902), H.K. Benson (1913), E.R. Riegel (1928), W.T. Reed (1937), y R. Norris Shreve (1950).

Por aquella época se descubrió también la necesidad de hacer cálculos precisos de la materia y la energía que tomaba parte en los procesos químicos. Estos cálculos van más allá de la simple estequiometría, que se enseñaba en las clases de Química, ya que incluyen las complejidades de las reacciones simultáneas, consecutivas y reversibles junto con los procesos de reciclado, purga, derivación y acumulación. Se requería precisión y habilidad para medir las corrientes, y caracterizarlas desde el punto de vista de la composición, entalpía y gasto. Entre los primeros libros que se utilizaron para solventar este problema están (Valiente, 1997): *Metallurgical Calculations* de J.W. Richards (1906), *Industrial Stoichiometry* de W.K. Lewis y A.H. Radasch (1926) y *Industrial Chemical Calculations* de O.A. Hougen y K.M. Watson (1931). Estos libros presentaron la primera revolución en la enseñanza de la Ingeniería Química, o lo que se considera el primer paradigma.

Al crecer la industria química y salir los primeros egresados se descubrió la futilidad de impartir el conocimiento a través del método descriptivo y se hizo más hincapié en las técnicas del estudio de las *Operaciones unitarias*. Este concepto, se le debe a Arthur D. Little (Little, 1993), y precisa que se tienen que estudiar las operaciones comunes en muchos procesos, por ejemplo, flujo de fluidos, transferencia de calor, destilación etcétera, pues él dijo que:

"Cualquier proceso químico, llevado a la escala que sea, puede ser reducido a una serie coordinada de lo que llamamos operaciones unitarias, como pulverización, mezclado, calentamiento,

calcinación, absorción, condensación, lixiviación, precipitación, cristalización, filtración, disolución, electrólisis, etc. El número de estas operaciones básicas no es muy grande y, relativamente pocos de ellos participan en un proceso particular. La complejidad de la ingeniería química se debe a la variedad de condiciones de temperaturas, presión, etc.; bajo las cuales deben llevarse a cabo las acciones unitarias en diferentes procesos, y de las limitaciones en cuanto a materiales de construcción y diseño de aparatos, que son impuestos por el carácter físico y químico de las sustancias reaccionantes". (Little, 1993)

Estas manipulaciones tienen como característica el que los materiales no sufren cambios químicos, aunque sí físicos, como cambios de estado, concentración, presión y temperatura. La idea subyacente, tras este concepto de *operaciones unitarias*, era que si se creaban especialistas en cada una de ellas se podían después conjuntar las habilidades de ellos para diseñar un proceso nuevo. La aparición del concepto de *operaciones unitarias* permitió que la Ingeniería Química se fuera transformando poco a poco en un todo coherente y dejara de ser una simple mezcla de Química con Ingeniería.

El concepto de *operaciones unitarias* cambió la enseñanza y se considera como el segundo paradigma.

Los ingenieros químicos probaron ser un elemento importantísimo en el diseño, construcción y manejo de las plantas relacionadas con la Química; por ello la carrera se extendió por todo el mundo. Sin embargo, los primeros ingenieros químicos tenían grandes dificultades para el diseño, pues había una gran carencia de datos fisicoquímicos y del comportamiento de éstos en los equipos. Los ingenieros mecánicos y civiles, sólo habían hecho estudios concienzudos sobre unos cuantos fluidos como el aire y el agua, pero los ingenieros químicos debían trabajar con una inmensa variedad de ellos. Los fisicoquímicos no estaban interesados en obtener los datos y las constantes cinéticas y fisicoquímicas necesarios, así que los ingenieros químicos tuvieron que darse a la tarea de obtenerlos. Por ello, en casi todos los tecnológicos y universidades, en donde se impartía la carrera, comenzaron a efectuarse estudios serios sobre el comportamiento de los equipos utilizados en las plantas químicas y las propiedades de las sustancias que allí se procesaban y pronto se contó con la suficiente información para que apareciera el primer libro sobre operaciones unitarias: *Principios de la*

Ingeniería Química, de Walker, Lewis y Mc Adams, en 1923, y en 1934 la primera edición del *Chemical Engineers Handbook*, de John H. Perry.

Los años cuarenta y cincuenta vieron la aparición de numerosos libros sobre *operaciones unitarias*, entre algunos de ellos están los de Badger, McCabe, Brown, Foust y Geankoplis.

En 1939 aparece "*Chemical Engineering Thermodynamics*" de H.C. Webey, y en 1944 el libro de Barnett F. Dodge.

Por esa época aparece una trilogía formidable *Los Principios de los procesos químicos* de Hougen, Watson y Ragatz, el primer tomo se dedicaba a los balances de materia y energía, el segundo a la termodinámica y el tercero, al diseño de reactores. Este primer libro sobre cinética y diseño de reactores dio origen a una serie de libros sobre el mismo tema, corriente que continúa hasta nuestros días; entre los textos más leídos están los de Smith, Wallas y Levenspiel.

Después de la Segunda Guerra Mundial el énfasis de las publicaciones cambió hacia el diseño de las plantas y el estudio económico de las mismas. Ejemplos de textos son *Chemical Engineering plant design* (1959), de Vilbrandt, y *Plant Design & Economics*, de M.S. Peters.

Con el tiempo se hizo evidente que en las *operaciones unitarias* existían principios comunes que sentaban las bases científicas de la Ingeniería Química. El concepto de los *fenómenos de transporte* lleva al conocimiento de que hay ciertos fenómenos comunes a muchas *operaciones unitarias*, como son *la transferencia de momentum, calor y masa*. El estudio de estos principios dio origen a un libro que cambió el estudio de la Ingeniería Química *Transport Phenomena* de Bird, Lightfoot y Steward. A ese libro le siguieron muchos otros relacionados con el tema, como los de Welty, Theodor, Rohsenow, Fahren, etc. (Valiente, 1997).

A partir del estudio de los *fenómenos de transporte* los textos de Ingeniería Química cambiaron su orientación haciéndose cada vez más matemáticos, más fundamentales y menos orientados al cálculo y al diseño; esto último también fue propiciado por el uso de las computadoras que permiten a través de los programas escritos en disquetes efectuar los cálculos necesarios para el diseño de la mayoría de los equipos usados en la industria química y de aún crear los planos requeridos. La introducción de los *fenómenos de transporte* se considera como el tercer paradigma de la Ingeniería Química.

A finales de los años setenta, el uso intensivo de las computadoras en el trabajo, el laboratorio y las universidades hicieron que se transformara la educación de los ingenieros químicos, es así como, a partir de esta transformación surgieron nuevas materias como: optimización, simulación, control y análisis de procesos, materias que ahora podían estudiarse debido al equipo de cómputo y a los nuevos libros que aparecieron.

En los años ochenta, el énfasis de la Ingeniería Química se centró sobre el aspecto de la contaminación industrial. En la actualidad la industria química presta mucha atención al control de afluentes que pudieran contaminar los aguas, el aire o la tierra, y la tecnología química es la única capaz de resolver el problema de la contaminación en las grandes urbes, a través de los detergentes biodegradables, fábricas procesadoras de basura, gasolinas sin aditivos de plomo, etcétera.

Los grandes problemas económicos de estos últimos años relacionados con las inflaciones, el aumento de las tasas de interés y el abaratamiento de las materias primas han incidido, de manera notable, en la rentabilidad de los procesos, por ello, cada vez, se da más énfasis en los planes de estudio de Ingeniería Química, al estudio económico de los procesos, o lo que se ha venido a llamar la ingeniería económica.

INFLUENCIA DE LA INGENIERÍA QUÍMICA EN OTRAS DISCIPLINAS

Las metodologías empleadas en la Ingeniería Química se han extendido a otros campos, dando origen a otra serie de ingenierías, entre las cuales figuran la Biomédica, la Bioquímica, Electroquímica, Metalurgia, Agroalimentaria y Ambiental, todas ellas ligadas alrededor de los problemas planteados por las transformaciones químicas y físicas de la materia. Es así como, poco a poco, se ha ido difundiendo y organizando un conjunto de conocimientos aplicables a todos los procesos industriales que involucran transformaciones de la materia. Esta metodología, antes exclusiva de la Ingeniería Química (a la que podemos calificar de disciplina madre), adquiere a principios de los ochentas una madurez y una sistematización suficiente para ser transmitida a la enseñanza y ser aplicable a un vasto campo de actividades.

Los procesos industriales de transformación de la materia forman parte del área de competencia del ingeniero de procesos, cuya principal tarea, no es sólo concebir y dimensionar de una manera práctica económica y ecológicamente óptima, procesos y equipos en donde tienen lugar esas transformaciones, sino que además debe hacerlos funcionar respetando esos mismos criterios.

Hoy día pareciera ser que esta terminología orientada hacia las transformaciones de la materia podría dar a entender que sólo los procesos químicos industriales estarían involucrados, mientras que en realidad existen muchos casos en donde los aspectos físicos dan lugar a cambios más que a transformaciones que tienen una importancia dominante. Por esta razón, tal vez sería conveniente y, a fin de generalizar, precisar el carácter físico-químico de las transformaciones; por lo que debería hablarse, quizás de la Ingeniería de los Procesos de Transformación físico-químicos (IPTFQ), (Courret, 1993).

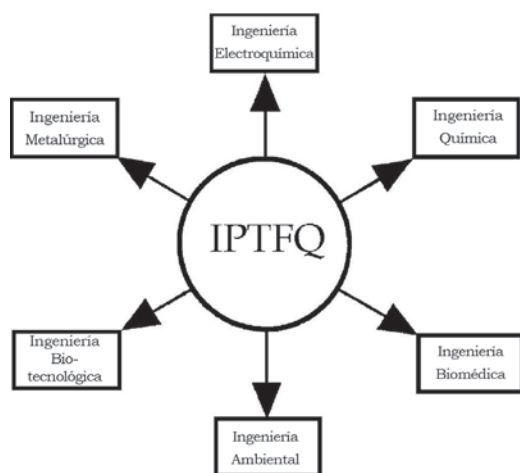


Figura 1: La IPTFQ y su relación con las Ingenierías.

Los vientos de cambio están soplando en las universidades, las cuales están considerando la sustitución de algunas materias pasadas de moda por aquellas en la que se enseñen las tecnologías emergentes entre las que se cuentan la Biotecnología, la Ingeniería Genética, la Microelectrónica, la Ingeniería Espacial, la Robótica, las Especialidades Químicas, los Agroquímicos, la seguridad industrial y ambiental, la Cinética, los equilibrios químicos y Termodinámica de las reacciones, etcétera.

LA INGENIERÍA AMBIENTAL

El hombre al evolucionar se convirtió en un depredador de la Naturaleza; provisto del fuego y más tarde del hacha de piedra o de acero, taló bosques, quemó las praderas, secó los pantanos y transformó con su actividad la faz terrestre.

La producción de desperdicios no presentaba problemas para el hombre primitivo ni para la Naturaleza, pero cuando este se volvió sedentario y comenzó a vivir en pueblos y ciudades el problema de la basura y los excrementos se hizo relevante, al incidir en la salud de la comunidad, por las descargas que se hacían en la tierra, en el agua y la atmósfera. Debido a ello

todas las comunidades tuvieron que emprender obras que hoy caen dentro de lo que llamamos ingeniería sanitaria o ambiental, como cloacas, basureros municipales, acueductos, etcétera.

Antes de la Revolución Industrial muchas de las grandes ciudades europeas ya presentaban serios problemas de contaminación, destacándose entre ellos Londres, con su neblina combinada con humo o smog causada por el uso generalizado del carbón.

Pero con el desarrollo de la industria en gran escala y con la creación de la industria química, en particular, el problema de la disposición de los desechos industriales se hizo cada vez más agudo no sólo por el volumen de éstos, sino por la diversificación de los mismos. En efecto, muchos de los productos creados por el hombre durante los siglos pasados y el actual no existían en la Naturaleza; no son biodegradables, pero sí son altamente tóxicos y con efectos persistentes.

Ya durante el siglo XIX se dieron los primeros pasos para evitar que ciertas sustancias gaseosas, como el ácido clorhídrico y el anhídrido sulfúrico, se lanzaran al ambiente, obligando a las fábricas que los producían a colocar aparatos que los capturaran. Es así como nacieron las llamadas torres empacadas y la operación unitaria de absorción.

En el siglo XX la descarga indiscriminada de aguas negras y aguas industriales hacia los ríos y los mares ha hecho que gran parte de ellos estén contaminados afectando a la vida acuática y a las reservas de agua potable.

Los residuos tóxicos son sustancias que representan un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas. Estos residuos se generan al desechar productos de consumo que contienen materiales peligrosos; al eliminar envases contaminados, al desperdiciar materiales peligrosos que se usan como insumos de procesos productivos (industriales, comerciales o de servicios) o al generar subproductos o desechos peligrosos no deseados en esos procesos. Los residuos sólidos, como la basura y los plásticos han provocado la contaminación de los mantos freáticos, y el afeamiento de nuestros campos.

El aumento del uso del automóvil, autobús y avión ha provocado que la contaminación atmosférica se incremente, volviendo el aire de las grandes ciudades casi irrespirable, sobre todo cuando se acompaña de la *inversión térmica*, fenómeno que impide que el aire de las ciudades se pueda dispersar, liberando así, poco a poco, sus contaminantes (Valiente, 2011).

Hoy en día el fenómeno de la contaminación y de la destrucción acelerada de la Naturaleza ha hecho que todas las naciones presten atención a las medidas que prevengan esto y que disminuyan los efectos dañinos que esto ocasiona a todos los habitantes de la Tierra. Y es que el hombre por primera vez se ha dado cuenta que vive en un entorno cerrado, nuestra Tierra es finita y tiene una capacidad limitada para absorber contaminantes y desechos, más allá de este límite surge la acumulación de productos tóxicos y con ello las expectativas de una hecatombe mundial, tal y como lo indican los efectos de los gases de invernadero (bióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, agua, etc.) que están provocando un calentamiento a nivel mundial y que afectará al clima de todos los países a menos que se tomen medidas para evitar el aumento del CO₂ en la atmósfera terrestre.

Gran parte de la contaminación actual, hay que confesarlo, es de origen químico, así como los gases de escape de los motores de combustión interna, los detergentes, los plásticos, las llantas, los fertilizantes, etcétera. También es cierto que los químicos están desarrollando o han desarrollado sustancias menos agresivas y tóxicas, entre ellos los detergentes y plásticos biodegradables y los combustibles limpios. Los ingenieros químicos también contribuyen a la limpieza mediante el diseño de aparatos purificadores de agua o las plantas de tratamiento de aguas negras; por medio del diseño de catalizadores que eliminan los gases de combustión tóxicos, y a través de la implantación de medidas que evitan los riesgos y el escape de sustancias tóxicas de las fábricas. Los médicos, biólogos y ecólogos estudian el efecto que tienen las diferentes sustancias sobre los seres vivos y el medio ambiente, y alertan a los químicos sobre el peligro potencial o real de algunas de ellos y a partir de esto se estudia la sustitución de esos materiales por otros; así fue como se sustituyeron los freones causantes de la destrucción del ozono por refrigerantes inocuos. Esto nos indica que hoy en día en el frente de batalla contra la contaminación se encuentran tanto científicos como legisladores, políticos, economistas y tecnólogos, pues estos problemas suelen tener múltiples facetas, de los cuales el más simple en muchas ocasiones es el problema científico y técnico.

Conscientes de nuestra responsabilidad; de los conocimientos; de las habilidades y la creatividad que tienen los ingenieros químicos, en la mayoría de las instituciones de enseñanza de la Ingeniería Química, se han incluido planes y programas de estudio sobre la llamada *Ingeniería Ambiental*, que es el estudio sistemático de las formas en que se puede atacar y controlar los problemas de contaminación de suelos, aguas y aires. En ciertos casos se ofrecen maestrías y doctorados sobre estos temas, para formar a los futuros científicos que estudiarán los nuevos problemas y sus soluciones.

LAS BIOTECNOLOGÍAS

Una área de oportunidad desde fines del siglo XX es la Biotecnología.

La Biotecnología utiliza los conocimientos del mundo biológico y los combina con los conocimientos de la Ingeniería Química para la fabricación de nuevos o viejos materiales de una manera más eficiente y que preserve nuestro ambiente. Los ingenieros químicos están especialmente entrenados para lidiar con el uso y la fabricación de combustibles y una de las áreas que promete más avances es la fabricación de combustibles a partir de fuentes renovables tales como las biogasolinas, biodiesel, biogas, etc.

Muchos países están ya produciendo esos materiales a partir de la basura (biogas y biodiesel) o a partir de la caña de azúcar o el maíz (etanol para las biogasolinas). Brasil es uno de los líderes en este aspecto, lo que en un principio era un plan para reducir la importación de petróleo se ha convertido en una industria que exporta miles de millones de dólares y es fuente de prestigio para el país. La producción de biocombustibles es de vital importancia para la sobrevivencia de la especie humana en este planeta ya que no se puede continuar con el consumo de combustibles fósiles los que producen un aumento del bióxido de carbono en nuestra atmósfera. Hay muchos estudios que muestran que el aumento del bióxido de carbono (CO₂) está relacionado con el aumento de la temperatura en la Tierra lo que está causando el derretimiento de los casquetes polares y la alteración del clima mundial.

Otra aplicación importante de las biotecnologías son la producción, mejora, diversificación y almacenamiento de los alimentos. En un futuro próximo se espera la fabricación artificial de alimentos mediante el control de la fotosíntesis en escala industrial. Estos procesos podrían revolucionar la forma en que el hombre se ha relacionado con la naturaleza, ya que hasta ahora la mayor parte de la superficie terrestre se dedica a la producción de alimentos. Las nuevas técnicas permitirán que la producción de alimentos no dependa de las condiciones climáticas y permitirán, además, que se regrese a la naturaleza enormes extensiones terrestres que en la actualidad se dedican a una agricultura intensiva que desertifica la tierra y acaba con la biodiversidad de nuestro planeta.

La producción de biofertilizantes y de biopesticidas empleará también a muchos científicos e ingenieros. Por último y no menos importante es la fabricación de medicamentos y fármacos para uso humano y animal a partir de procedimientos biológicos (Valiente, 2011).

LA NANOTECNOLOGÍA

La Nanotecnología es un conjunto de técnicas que se utilizan para manipular la materia a la escala de átomos y moléculas. Nano- es un prefijo griego que indica una medida, no un objeto. A diferencia de la biotecnología, donde "bio" indica que se manipula la vida, la nanotecnología habla solamente de una escala. Nano que significa enano en griego, es la manera de referirse con brevedad al nanómetro, la millonésima parte de un milímetro. Es una medida tan pequeña que es difícil de imaginar, por ejemplo, un cabello humano tiene aproximadamente 80 mil nanómetros de ancho, o dicho de otra manera un nanómetro es a un centímetro lo que un centímetro a 100 kilómetros.

La nanotecnología tiene aplicaciones muy diversas que se verán incrementadas en unos pocos años por una tecnología que indudablemente revolucionará el mundo que nos rodea. Se trata del estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas a través del control de la materia en una escala de un nanómetro, aproximadamente una mil millonésima de metro.

A partir del 2010, la nanotecnología se extenderá a todos los bienes manufacturados, destacando las aplicaciones sanitarias para la salud humana de aplicaciones como biosensores, la dosificación de fármacos en puntos muy concretos o nanodispositivos portadores de medicamentos que curarán selectivamente las células cancerígenas.

La nanotecnología avanzada, a veces también llamada fabricación molecular, es un término dado al concepto de ingeniería de nanosistemas (máquinas a escala nanométrica) operando a escala molecular. Se basa en que los productos manufacturados se realizan a partir de átomos. Las propiedades de estos productos dependen de cómo estén esos átomos dispuestos. Así por ejemplo, si reubicamos los átomos del grafito de la mina del lápiz podemos hacer diamantes. Si reubicamos los átomos de la arena (compuesta básicamente por sílice) y agregamos algunos elementos extras se hacen los chips de un ordenador.

Según los informes de grupos de investigadores universitarios, las diez aplicaciones más prometedoras de la nanotecnología son: almacenamiento, producción y conversión de energía; mejoras en la productividad agrícola; tratamiento y remediación de aguas; diagnóstico y estudio de enfermedades; sistemas de administración de fármacos; procesamiento de alimentos; remediación de la contaminación atmosférica; construcción; monitorización de la salud; detección y control de plagas; informática. El estudio señala que a escala nanométrica, la frontera entre disciplinas

científicas como la Química, la Física, la Biología, la Electrónica o la Ingeniería se desdibuja por lo que se produce una convergencia científica cuya consecuencia es una miríada de aplicaciones que van desde raquetas de tenis hasta sistemas energéticos completamente nuevos pasando por los medicamentos.

Esta dinámica de convergencia científica y multiplicación de aplicaciones hace que los mayores impactos de la nanotecnología surgirán de combinaciones inesperadas de aspectos previamente separados, tal y como pasó con la creación de Internet, resultado de la confluencia entre la telefonía, la televisión o la radio, y la informática (Valiente, 2011).

CONCLUSIONES

El desarrollo de la Ingeniería Química a partir de la Química aplicada y las Ingenierías Mecánicas y Civil permitió el gran desarrollo de la industria química mundial durante el siglo XX. Los avances que obtuvieron en la enseñanza de esta disciplina como los balances de materia y energía, las operaciones unitarias, los fenómenos unitarios y las ingenierías económicas han permitido su influencia en la creación o modificación de otras disciplinas. La Ingeniería de los Procesos de Transformación físico-químicos ha podido permitir la evolución de nuevos procesos y su aplicación incidirá en el desarrollo de la industria del siglo XXI notablemente en la Bioingeniería, la Nanotecnología, la producción masiva de alimentos y el control de la contaminación ambiental.

REFERENCIAS

- Boyle, Robert. (1661). *The Sceptical Chymist*.
- Coeuret, F.(1993) . *Elements the genie electrochimique*, Paris, Ed. Lavoisier.
- Derry,T.K. y Williams,T.I. (1977). *Historia de la tecnología*, Siglo XXI editores, México.
- Hardie D.W.F y J.D. Pratt, (1969). *A history of the Modern British Chemical Industry*, Pergamon Press, Glasgow.
- Little, A.D. (1993). *Report to the corporation of M.I.T. Silver Anniversary*, Volume-A.I.C.H.E.
- Hougen, O. A. (1977). *Seven decades of chemical engineering- Chemical Engineering Progress*.
- Valiente, Antonio y Stivalet, Rudi. (2001). *El poder de la transformación. La Ingeniería Química-México-Fac. de Química*. UNAM.
- Valiente, Antonio (1977). *La elaboración de libros de texto en el campo de la Ingeniería Química-Tesis*, México-Universidad la Salle.
- Valiente, Antonio y Rudi Stivalet. (1985). *El ingeniero químico ¿Qué hace?.* México, Alhambra.