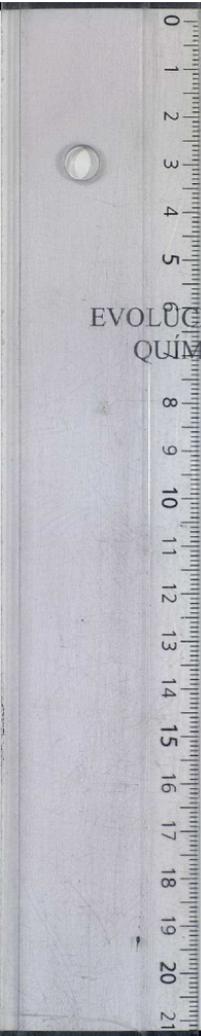


FERNANDO CAMACHO RUBIO

**EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS
QUÍMICO-INDUSTRIALES**



DISCURSO DE APERTURA
UNIVERSIDAD DE GRANADA
CURSO ACADÉMICO 2012-2013



EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS
QUÍMICO-INDUSTRIALES

EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS
QUÍMICO-INDUSTRIALES

FERNANDO CAMACHO RUBIO
CATEDRÁTICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE GRANADA

EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS QUÍMICO-INDUSTRIALES

DISCURSO DE APERTURA
UNIVERSIDAD DE GRANADA
CURSO ACADÉMICO 2012-2013

ÍNDICE

Introducción.....	9
Procesos Químico-Industriales.....	13
Materiales Estructurales.....	17
Materiales Funcionales.....	19
Recursos Energéticos.....	23
Industria Alimentaria.....	27
Procesos Biotecnológicos.....	31
Protección del Medio Ambiente.....	33
Ingeniería Química.....	35

© Fernando Camacho Rubio
© UNIVERSIDAD DE GRANADA
CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD.
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS.
LECCIÓN INAUGURAL. APERTURA CURSO ACADÉMICO 2012-2013.
Edita: Secretaría General de la Universidad de Granada.
Imprime: Gráficas La Madraza.

Printed in Spain

Impreso en España

*Excelentísimo Rector Magnífico
Excelentísimas e Ilustrísimas Autoridades
Claustro de Doctores, Profesores, Alumnas y Alumnos,
Personal de Administración y Servicios, Señoras
y Señores*

Cuando nuestro Rector me comunicó que debía dar la Lección de Apertura del Curso Académico que hoy se inicia, me sentí preocupado en principio, no se trataba de dar una clase a mis alumnos con los que tan a gusto me encuentro, pero enseguida el honor que para mi supone dirigirme a todos los miembros de mi Universidad en este Acto me hizo aceptarlo con orgullo y satisfacción. La dificultad era ahora elegir un tema adecuado que pudiera interesar a todos los presentes, ya que dada la antigüedad y tamaño de nuestra Universidad está formada por especialistas de todas las áreas del conocimiento humano.

Además, una de las razones de mi elección para esta responsabilidad es que en el curso que hoy se inicia se cumplirán 100 años desde el inicio de los estudios de Ciencias Químicas en nuestra Universidad.

Por ello, en primer lugar, me gustaría recordar a todos los Profesores que durante estos años han formado Químicos que han desarrollado su labor en la docencia, en la

industria química, alimentaria, farmacéutica y biotecnológica, y en muchos otros campos. El sentido común físico-químico que comunica el estudio de la Termodinámica y de los Balances de Materia y Energía en sus diversas formas y su formación equilibrada en Química, Física y Matemáticas, han hecho del Químico una profesión adaptable a muy diferentes campos de la actividad humana.

En particular, me gustaría recordar a mis Compañeros en la Sección de Químicas que me recibieron cuando en 1976 me traslade desde la Universidad de La Laguna a esta Universidad: Don Fermín Capitán García y Don Fidel Jorge López Aparicio, desgraciadamente ya fallecidos y Don Juan de Dios López González y Don Manuel Cortijo Mérida, ya jubilados, ellos fueron Maestros y amigos para mí, sirva pues esta mención como un homenaje a todos los Profesores que durante estos 100 años han desarrollado su labor en la Sección de Químicas de nuestra Facultad de Ciencias.

Mi área de conocimientos, originalmente en nuestro País Química Técnica, hoy Ingeniería Química, tiene como objetivo el desarrollo de los procesos químico-industriales, es decir, trasladar a la Industria las aplicaciones prácticas de los conocimientos de la Ciencia Química, por esta razón he decidido elegir como tema la evolución de los procesos químico-industriales en los últimos años, que me permitirá comunicar a los miembros de mi Universidad como cambian continuamente los métodos de fabricación de muchos objetos y sustancias que usamos continuamente en nuestra vida diaria y al mismo tiempo explicarles brevemente la

esencia de la nueva Titulación de Ingeniero Químico, heredera de la Especialidad de Química Técnica de la Sección de Químicas, que se inicia en nuestra Universidad en el curso 1993-94.

PROCESOS QUÍMICO-INDUSTRIALES

Los procesos químico-industriales, entendidos como la secuencia de etapas de transformación física y química por la que las materias primas se convierten en los productos, están cambiando de manera muy importante en los últimos años y lo seguirán haciendo en el futuro. Quizás esta sea la característica esencial de este siglo en el campo industrial, la rápida evolución de los métodos de fabricación, con la aparición continua de nuevos procesos y la obsolescencia de otros.

Esta evolución continua de los procesos químico-industriales se debe al cambio de la calidad y precio de las materias primas, a medida que se van agotando los yacimientos más ricos es preciso recurrir a otros de menor calidad, a la necesidad de disminuir al máximo la generación de residuos de todo tipo y proteger el medio ambiente, desarrollando procesos cíclicos que impliquen el reciclado de todo tipo de residuos y a la aparición continua de multitud de nuevos productos útiles, finales o intermedios, mucho de los cuales implican un cambio total con respecto a la naturaleza de los utilizados hasta ahora con la misma finalidad, como: pinturas, detergentes, lubricantes, insecticidas y plaguicidas, fluidos frigoríficos, antioxidantes, aditivos, catalizadores, etc.

Estos cambios afectan incluso a las Industrias Químicas de Base:

A la Industria Química de Base Inorgánica, por la continua disminución de la ley de las menas utilizadas y la necesidad de disminuir la generación de residuos, en muchos casos han pasado a considerarse como menas explotables los residuos acumulados por la Industria extractiva en épocas anteriores, que cumple un doble objetivo: aprovechar un recurso y eliminar un residuo.

A la Industria Química de Base Orgánica, por la necesidad actual de aprovechar los recursos de petróleo no convencionales y de cambiar en un futuro inmediato del petróleo, recurso de carácter limitado, como materia prima a la biomasa primaria y residual, recurso de carácter renovable.

Con los productos finales, el cambio se debe a los nuevos descubrimientos científicos, por ejemplo:

En la formulación de pinturas por la creciente utilización de nuevos pigmentos con propiedades útiles: pigmentos que permiten el control de la temperatura, anti-incrustantes, híbridos y nano-pigmentos y por la tendencia a su empleo en base acuosa.

Los detergentes son cada vez más fácilmente biodegradables con componentes enzimáticos que les permiten actuar en condiciones más suaves.

La vida útil de los lubricantes aumenta continuamente, las pérdidas por fricción disminuyen y en su composición crece la contribución de aceites vegetales.

Los insecticidas y plaguicidas cambian continuamente de naturaleza para disminuir sus efectos nocivos y su aplicación por técnicas de liberación controlada en las dosis necesarias contribuye a disminuir su impacto sobre el medio ambiente.

La naturaleza de los fluidos frigoríficos ha cambiado para proteger la capa de ozono, pasando de los clorofluorocarbonos (CFC) e hidroclorofluorocarbonos (HCFC) a los hidrofluorocarbonos (HFC) exentos de cloro.

El descubrimiento de nuevos antioxidantes y aditivos con diversos fines, tanto para uso alimentario como industrial es también continuo.

Los catalizadores basados en tamices moleculares, zeolitas y nano-partículas son cada vez más específicos y activos.

Todos estos nuevos productos requieren el desarrollo de nuevos procesos para su fabricación.

Los procesos químico-industriales deben suministrar también materiales a todas las Ingenierías, materiales para hacer cosas y materiales que hagan cosas, es decir estructurales y funcionales.

MATERIALES ESTRUCTURALES

El desarrollo en los materiales estructurales es continuo surgiendo constantemente nuevas fibras, polímeros, materiales compuestos y cerámicos, recubrimientos superficiales, que pueden ser tan fuertes y resistentes como las aleaciones metálicas, que disminuyen apreciablemente el peso y la corrosión de los objetos fabricados con ellos y que se utilizan desde la fabricación de vestidos y calzados, hasta automóviles, barcos, trenes, aviones, edificios, etc.

La producción de fibras sintéticas que representan hoy más del 50 % de las utilizadas en la fabricación de tejidos, ha liberado para usos agrícolas grandes extensiones de terreno.

La incorporación de los plásticos a los automóviles, barcos, trenes y aviones, disminuyendo su peso, supone un ahorro muy importante de combustible.

Los recubrimientos superficiales evitan la corrosión y el deterioro de los materiales, prolongando su vida útil.

El desarrollo de la Ciencia de los materiales ha puesto de manifiesto que el conocimiento de la relación estructura-propiedades puede permitir sintetizar materiales a la medida de nuestras necesidades.

MATERIALES FUNCIONALES

Los sistemas coloidales, con partículas desde micras a nanómetros, y múltiples aplicaciones como intermedios de materiales estructurales y como materiales funcionales, cambian continuamente de ser dispersiones en disolventes orgánicos a ser dispersiones basadas en agua, con objeto de proteger el medio ambiente. Las microemulsiones son usadas con frecuencia para la liberación a velocidad controlada de sustancias químicas: plaguicidas, fármacos, etc.

Los semiconductores formados por elementos tetravalentes como silicio o germanio ó compuestos como el arseniuro de galio, AsGa, de pureza extremadamente alta ó dopados con impurezas en cantidades controladas de ppm de elementos trivalentes ó pentavalentes requieren procesos de fabricación complejos con reactores electro-térmicos a temperaturas altas y procesos de purificación muy laboriosos que hacen necesaria una automatización casi total y el uso de tecnologías ultralimpias. Sus aplicaciones en electrónica y optoelectrónica están en continua evolución.

El desarrollo de semiconductores orgánicos, basados en compuestos de carácter orgánico con electrones π deslocalizados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, abre nuevas posibilidades en este campo.

Las formas alotrópicas del carbono: fullerenos con sus fascinantes formas geométricas y diferentes aplicaciones aún discutidas y las películas de grafeno complementario con el silicio en sus aplicaciones en Ingeniería Electrónica, que permiten construir transistores que operan a frecuencias extremadamente altas.

Las células fotoeléctricas, basadas en los semiconductores anteriores, han evolucionado de manera importante en los últimos años dada la necesidad de aprovechar la energía solar, aunque las eficiencias de conversión actuales indican que aún queda mucho por hacer.

Los cristales líquidos, compuestos formados por moléculas anisótropas, que al fundir en un cierto intervalo de temperaturas (cristales líquidos termotrópicos) tienen propiedades intermedias entre los líquidos y los cristales, es decir que presentan un cierto orden a nivel molecular, tras su adaptación a los sistemas de visualización de los aparatos de medida han traído la revolución de las pantallas planas de los televisores y ordenadores que ha facilitado de manera importante su uso y disminuido su volumen y peso.

Otros cristales líquidos, formados por moléculas anfifílicas, con una parte hidrofílica y otra hidrófoba, que se comportan como tales en un cierto intervalo de temperatura y concentración cuando se dispersan en un líquido, generalmente agua (cristales líquidos liotrópicos), permiten la liberación controlada de principios activos, tales como fármacos. Los cristales líquidos liotrópicos son componentes de muchas estructuras celulares de los seres vivos.

Los líquidos iónicos, sales orgánicas, formadas por cationes y aniones orgánicos de diferente naturaleza, no volátiles, no inflamables y muy estables, suministran un medio muy adecuado para la biocatálisis en medios no acuosos, su carácter polar permite una alternativa para reacciones con sustratos polares: carbohidratos y aminoácidos.

Los catalizadores sólidos ampliamente utilizados en muchos procesos de la Industria Química, son también materiales funcionales.

Lo mismo puede decirse de las enzimas libres e inmovilizadas, utilizadas como catalizadores in vitro de muchos bioprocesos.

RECURSOS ENERGÉTICOS

Las necesidades energéticas, cubiertas todavía en gran parte por la combustión de la biomasa fósil: petróleo, gas natural y carbón, debido al calentamiento global que parece estar demostrado que provoca, se ha iniciado una creciente diversificación mediante el aprovechamiento de la energía solar: térmica y fotovoltaica y el desarrollo de procesos de obtención de compuestos orgánicos, combustibles entre ellos, a partir de la biomasa renovable, primaria y residual, fundamentalmente a partir de: almidón, azúcares, grasas, aceites y celulosa, que pueden conducir a un desarrollo sostenido durante largo tiempo, dado su carácter renovable.

En la actualidad empiezan a aprovecharse los recursos de petróleo no convencionales, que se encuentran en condiciones que no permiten el movimiento del fluido: arenas petrolíferas, petróleos extrapesados y pizarras bituminosas, que requieren nuevos métodos de extracción y el desarrollo de nuevos procesos de refinado.

Lo mismo ocurre con los recursos de gas natural no convencionales: metano de las capas de carbón y gas de areniscas de baja permeabilidad.

También empiezan a ser competitivos los procesos de

transformación de sólidos a líquidos y de gas a líquidos, basados en la gasificación y la síntesis Fischer-Tropsch.

En este siglo han empezado a aparecer por todo el Mundo instalaciones industriales que podrían llamarse Refinerías Agroquímicas con procesos semejantes a los de las Refinerías Petroquímicas, aunque con una mayor participación de procesos bioquímicos más suaves y respetuosos con el medio ambiente, rodeadas de plantaciones de especies ricas en sacarosa: caña de azúcar y remolacha; ricas en almidón: cereales y tubérculos; ricas en lípidos: semillas y frutos oleaginosos, que le suministrarán su materia prima. También utilizan como materia prima los residuos forestales y agrícolas de carácter ligno-celulósico y la biomasa residual de otras industrias.

Los carbohidratos por hidrólisis y fermentación permiten obtener bioetanol, los lípidos por alcoholólisis biodiesel, la biomasa residual por digestión anaerobia biogas y su combustión mediante cogeneración electricidad y vapor.

La lignina procedente de la hidrólisis de los residuos ligno-celulósicos y las grasas de origen vegetal o animal, por su carácter altamente reducido, pueden sustituir al petróleo como fuente de materias primas para la industria química orgánica: producción de olefinas, fenoles, aromaticos, etc.

Estos procesos pueden significar un nuevo impulso para la agricultura y el desarrollo rural, aunque también pueden determinar una competencia con la alimentación no deseable en un Mundo que todavía no ha sido capaz de erradicar el hambre.

Sin embargo, no cabe pensar en una sustitución total de los combustibles consumidos en la actualidad, el cambio deberá basarse en el ahorro intensivo y la diversificación energética. En mi opinión, el petróleo ha sido un regalo envenenado para la Humanidad, ó mejor para los países desarrollados que son los que se han aprovechado de él, la amplia disponibilidad de un líquido facil de extraer, de manejar y de transportar, con una densidad energética muy elevada nos ha acostumbrado mal.

INDUSTRIA ALIMENTARIA

Algo semejante ocurre en la Industria Alimentaria, donde el cada vez mayor control sanitario de los alimentos y el desarrollo de técnicas de estabilización de los mismos cada vez más eficaces para preservar sus características nutritivas, determina que siempre pasen por un tratamiento industrial antes de llegar al consumidor, aunque este sea simplemente de limpieza, estabilización y normalización de sus características.

Las formas de vida moderna, con la incorporación masiva de ambos miembros de la familia al trabajo, y el creciente número de núcleos familiares monoparentales ó "singles", están determinando que una parte cada vez mayor de la tecnología culinaria pase a la Industria Alimentaria, con un ahorro importante por economía de escala, y multitud de nuevos productos, que requieren nuevos procesos.

El aumento de la vida media determina una población creciente correspondiente a la tercera edad y la aparición de gran número de alimentos funcionales: dietéticos, para diabéticos, incorporando lípidos estructurados, etc. e incluso algunos que pueden calificarse de predigeridos, con polisacáridos y proteínas parcialmente hidrolizados, tanto para lactantes como para adultos enfermos ó con sus capa-

tidades digestivas disminuidas, por lo que podría decirse que también una parte de la propia digestión está pasando a la Industria Alimentaria.

En efecto, cuando se trata de hidrolizar biopolímeros para alimentación, sobre todo para alimentación infantil o clínica, los procesos utilizados son siempre enzimáticos, que se realizan en condiciones más suaves, sin que aparezcan productos de degradación y sin aumentar el contenido salino, tal como se realizan en el aparato digestivo de los animales.

El descubrimiento de que las enzimas pueden actuar en medios no acuosos ha permitido el desarrollo de procesos de obtención de lípidos estructurados MLM, triacilglicérolos con dos ácidos grasos de cadena media, de 6 a 10 carbonos, en las posiciones extremas de la glicerina y un ácido graso funcional: eicosapentaenoico (EPA), docosahexaenoico (DHA) o araquidónico (AA) en la posición 2, que se están incorporando a muchos alimentos con la finalidad doble de un aporte calórico rápido y el suministro de ácidos grasos funcionales para el tratamiento de enfermedades o para corregir carencias. Estos lípidos estructurados suponen una mejora de la dieta mediante la reducción de las calorías aportadas por las grasas y un reparto más adecuado de ácidos grasos entre el almacenamiento y la oxidación, que puede ayudar a reducir un problema importante en los países desarrollados: la obesidad.

La catálisis enzimática en medios no acuosos permite la síntesis de ésteres entre ácidos grasos y monoalcoholes,

que en medio acuoso estaría termodinámicamente impedida, estos ésteres forman parte de aromas naturales. También permite la síntesis de ésteres entre carbohidratos y ácidos grasos, que por su carácter anfipático se utilizan como tensioactivos y emulsionantes no iónicos, sus dos constituyentes de origen biológico los hace biodegradables y biocompatibles, al mismo tiempo que los diferentes sacáridos y ácidos grasos que pueden emplearse permiten modular las propiedades del éster final para adaptarlo a las necesidades. Para esta última aplicación dado el carácter polar de los sacáridos, en algunos casos, será necesario utilizar líquidos iónicos como medio de reacción. Todos estos ésteres son ampliamente empleados en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos.

El desarrollo de los conocimientos sobre la nutrición humana está poniendo de manifiesto la estrecha relación que existe entre la alimentación y la prevención de enfermedades, de manera que una alimentación correcta puede seguir aumentando la vida media y la calidad de la misma. La Industria Alimentaria debe basarse en este desarrollo y su objetivo final sería llegar a fabricar alimentos idóneos para cada edad y cada estado fisiológico.

PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS

Los procesos biotecnológicos: fermentaciones y cultivos de células animales o vegetales, se encuentran también en continuo desarrollo, generando una multitud de nuevos productos, tanto intermedios: como enzimas y microorganismos controlados e incluso modificados genéticamente, como finales: biomoléculas de aplicación en medicina, alimentación, agricultura, ganadería, etc.

La necesidad de trasladar a escala industrial muchos procesos bioquímicos que permiten obtener biomoléculas de extraordinaria aplicación en medicina tanto preventiva como terapéutica, ha determinado la aparición de nuevos campos como la Ingeniería Genética y la Ingeniería Metabólica que pueden permitir la obtención de estas biomoléculas por procesos extraordinariamente selectivos, realizados en condiciones suaves y con unos rendimientos próximos a los termodinámicos.

Es indudable que a medida que vayamos conociendo más sobre los fundamentos físico-químicos de la vida podremos simularlos mejor y desarrollar procesos cada

vez más eficaces y limpios. Mientras tanto, puede utilizarse la maquinaria sintética de las células, así la tecnología del ADN recombinante, que permite introducir un gen que codifica una proteína en el ADN de un microorganis-

mo, ha abaratado de manera importante la fabricación de enzimas y extendido sus aplicaciones. En general, esta tecnología permite la fabricación de proteínas útiles, utilizando los microorganismos más adecuados en cada caso, por ejemplo: *Escherichia coli* entre los procariotas y *Pichia pastoris* entre los eucariotas, que pueden considerarse como verdaderas factorías celulares para la producción de estas proteínas. Pero esto requiere su cultivo en condiciones estériles y controladas, modulando el aporte de los diferentes nutrientes y las variables de operación para optimizar la producción de la proteína deseada y facilitar su separación.

De igual forma el cultivo de tejidos vegetales, cultivo de explantos, está permitiendo desarrollar procesos para mejorar las características agronómicas de muchas plantas y sus posibilidades son muy variadas: plantas libres de virus, nuevos híbridos, mejora genética, etc.

El cultivo de células animales, tanto en suspensión como adheridas a una superficie, está permitiendo obtener biomoléculas de gran interés en Medicina, aunque su cambio de escala plantea problemas importantes de esterilidad, suministro de nutrientes disueltos y gases, sensibilidad a los esfuerzos cortantes, etc.

PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

La protección del medio ambiente es aceptada hoy día como una necesidad acuciante, no solo en el aspecto de eliminar ó inertizar todo tipo de residuos de los procesos industriales: sólidos, líquidos y gaseosos, sino también en el de desarrollar procesos para el reciclado de los productos fabricados una vez utilizados ó desechados, tendiendo a simular los procesos cíclicos naturales.

Debe tenerse presente que nuestro planeta se comporta prácticamente como un sistema cerrado, comunicado entre todas sus partes por dos fluidos en continuo movimiento: el aire y el agua, y que además estos fluidos son el sustento de la vida en el mismo. Estos fluidos distribuyen por todo el planeta cualquier contaminante que se origine en un punto del mismo, por lo que la protección del medio ambiente debe ser global, aunque no siempre se consigue llegar a acuerdos internacionales en este sentido.

Con estas notas esquemáticas quiero comunicarles la idea de que los procesos químico-industriales están en continuo desarrollo por su íntima relación con la Ciencia Básica, ya que continuamente se están trasladando a escala industrial los progresos que se alcanzan en ésta, siendo cada vez más pequeño el periodo de tiempo transcurrido entre el logro de un descubrimiento científico y el desa-

rollo de sus aplicaciones útiles. La rápida evolución de los conocimientos científicos en la actualidad y el apoyo creciente por parte de los Gobiernos y Universidades a la Transferencia de Resultados está determinando la aparición continua de nuevos procesos y obsolescencia de otros.

INGENIERÍA QUÍMICA

Es evidente que esta evolución es consecuencia del trabajo de Científicos e Ingenieros de muy diferentes especialidades, y quizás más en las partes esenciales del descubrimiento y su aplicación práctica, donde la participación de los Químicos ha sido muy importante. Pero no hay que olvidar que entre el descubrimiento y sus aplicaciones prácticas es necesario desarrollar un proceso de fabricación, y en este sentido, como les dije al principio quiero hablarles brevemente de la profesión de Ingeniero Químico, que aunque solo tiene 20 años en España también es centenaria en los Países Europeos de mayor desarrollo industrial y en Estados Unidos.

Un análisis de los planes de estudio de los Títulos de Ingeniero Químico en los Países de Europa y América, pone claramente de manifiesto su coincidencia en un porcentaje muy importante, superior al 70 %, y que las materias más frecuentemente comunes van dirigidas fundamentalmente al estudio de los procesos químicos y biotecnológicos utilizados en la Industria; dado que el tiempo es limitado, este énfasis en los procesos se traduce en una cierta debilidad en otras materias como las relacionadas con la Organización y Gestión de Empresas y aspectos de Ingeniería Civil

y de Ingeniería Mecánica, que son tratados más a fondo en los planes de estudio actuales de otras Ingenierías.

Este análisis pone de manifiesto que el Ingeniero Químico está concebido fundamentalmente como un Ingeniero de Procesos, con una formación que le permite en un tiempo breve conocer en profundidad cualquier proceso químico-industrial existente o seleccionar y analizar las diferentes alternativas posibles para un proceso nuevo.

La formación del Ingeniero Químico le permite establecer los diferentes procesos que pueden utilizarse para conseguir un objetivo dado, ante un problema de:

- obtención de un nuevo producto
- aprovechamiento de un recurso, ó
- transformación de un residuo nocivo en inocuo

Todo lo demás suele estar libre y debe ser fijado por el Ingeniero, como generalmente se trata de la transformación de unas sustancias en otras, es necesario poner en contacto sustancias que pueden estar en varias fases, conseguir que se produzca la transformación en el sentido deseado, a continuación separar los productos, subproductos y residuos, y finalmente tratar adecuadamente los residuos para su aprovechamiento ó inertización.

Esta etapa inicial, ante un problema nuevo de "Establecimiento de Alternativas" es la más importante en el desarrollo de un proceso, aunque de carácter cualitativo es en ella en la que se produce la verdadera innovación tecnoló-

gica y esta directamente relacionada con el conocimiento de:

- los métodos de acondicionamiento previo de las materias primas
- los métodos para poner en contacto diferentes fases y para separarlas
- la cinética de las transformaciones químicas, enzimáticas y microbiológicas, y
- las operaciones de separación de mezclas homogéneas

El desarrollo en los últimos años en todos estos aspectos ha sido también muy importante, con la puesta a punto de métodos de reducción de tamaño y tratamiento de sólidos cada vez más eficaces y de menor consumo energético, el desarrollo de intercambiadores de calor más rápidos y con menores pérdidas. el mejor conocimiento de la interacción entre los fenómenos físicos de transporte y la cinética de los procesos de transformación química que permite seleccionar el método de contacto entre fases más eficaz y el desarrollo de nuevas operaciones de separación muy prometedoras, como las separaciones con membranas, porosas ó densas, pervaporación, separaciones cromatográficas de diferentes tipos, surgidas primero como métodos analíticos y que ya se utilizan a escala industrial, las separaciones con microemulsiones, extracción con dos fases acuosas, con fluidos supercríticos, el desarrollo de resinas de cambio iónico y de adsorbentes extraordinariamente específicos, la aplicación de la fusión por zonas para purificar sólidos,

el mejor conocimiento de la nucleación y crecimiento de cristales, e incluso el acoplamiento de campos de fuerzas: centrífugos, eléctricos o magnéticos a las operaciones de separación.

El análisis de cualquier operación de transformación química que forma parte de un proceso químico-industrial requiere tener en cuenta aspectos físicos, químicos y frecuentemente biológicos, el desarrollo de un modelo cinético para la misma requiere utilizar técnicas matemáticas y frecuentemente de cálculo numérico, la Ciencia y la Tecnología no se pueden compartimentar, hay que estar preparado para aprender y aplicar lo que sea necesario. El modelo cinético y la estimación de sus parámetros deben poner de manifiesto que aspecto de la operación es controlante de la velocidad y puede decidimos a replantear el análisis: utilizando partículas sólidas más pequeñas ó más porosas, disminuyendo el tamaño de las burbujas de gas ó de las gotas de líquido, sí controla una etapa física de transporte, seleccionando un catalizador más activo ó aumentando la temperatura sí controla una etapa química. En cualquier caso, sí controla una etapa física en una fase dada, debe escogerse un aparato que aumente la turbulencia y las corrientes convectivas en esa fase.

El análisis de cualquier operación de separación de mezclas homogéneas o heterogéneas que también forman siempre parte de un proceso químico-industrial, tanto en el acondicionamiento previo de las materias primas como en la separación posterior de los productos, requiere tener en cuenta que aspectos distinguen a las sustancias que de-

seamos separar y que posibilidades tenemos, algunas ya comentadas anteriormente, la innovación en este sentido tiene muchas posibilidades y puede permitir desarrollar procesos más eficaces.

Para cada alternativa de proceso seleccionada, el Ingeniero Químico conoce también los fundamentos de los fenómenos que ocurren en cada uno de los aparatos industriales en los que se llevan a cabo: flujo de fluidos, manejo de partículas sólidas, interacciones solido-fluido, gas-líquido y líquido-líquido, transmisión de calor, transferencia de materia entre fases, reacciones químicas, enzimáticas y microbiológicas, interacciones entre radiaciones y moléculas, transferencia de electrones entre conductores metálicos e iónicos, etc., lo que con estudio y trabajo le permiten desarrollar modelos adecuados para el proceso completo, cada vez más próximos a la realidad, dado los avances en el conocimiento de estos fenómenos y el continuo desarrollo de los ordenadores y de los programas de simulación y cálculo numérico. Estos modelos permiten la simulación del proceso y por tanto la optimización de las condiciones de operación, la selección de los sistemas de control más adecuados y su análisis económico.

Por tanto, el Ingeniero Químico es en esencia un Ingeniero preparado para el Desarrollo de Procesos, complementario con otras Ingenierías, ni mejor ni peor, distinto. Otras Ingenierías pueden estar más capacitadas para la implantación y la obra civil de una Industria, para el diseño mecánico y eléctrico de algunas de sus instalaciones, pero la característica esencial del Ingeniero Químico es que tie-

ne la formación básica necesaria para con estudio y trabajo llegar al conocimiento profundo de la naturaleza del fenómeno que tiene lugar en el interior de cada uno de los aparatos que forman parte de un proceso químico-industrial, de las alternativas posibles para conseguir el mismo objetivo, de los fenómenos físico-químicos implicados y de la influencia de las diferentes variables de operación.

Me gustaría terminar con unas palabras pronunciadas por el Dr. Henri Angelino, que fue Director de la Escuela Superior de Ingeniería Química de Toulouse, en una reunión sobre la Ingeniería Química poco antes de implantarse en nuestro País el Título de Ingeniero Químico (51 Congreso Mediterráneo de Ingeniería Química celebrado en Barcelona del 5 al 7 de noviembre de 1990), que creo siguen siendo aplicables en la actualidad:

“Las palabras claves de la formación futura de los ingenieros químicos, serán la flexibilidad y la diversificación después de la adquisición de los conocimientos indispensables que constituyen los cimientos del campo de la Ingeniería Química. La Industria tiene necesidad de ingenieros químicos que sean profesionales, lo que consiste en anticiparse a los cambios tecnológicos, inventar y desarrollar nuevos procesos, en definitiva adelantarse al progreso técnico para dominarlo y gobernarlo en lugar de sufrirlo y padecerlo”

Muchas gracias

