

# PROSPECTIVA TECNOLOGICA EN INGENIERIA QUIMICA<sup>1</sup>

*Ing. Luis Carballo  
Ing. Francisco Varela  
Profesores Universidad Nacional*

---

## INTRODUCCION

La ley 18 de 1976 reglamentó el ejercicio de la profesión de ingeniero químico, describiendo su campo de acción como consistente de "la aplicación de conocimientos y medios de las ciencias físicas, químicas y matemáticas y de las Ingenierías en el análisis, administración, dirección, supervisión y control de procesos en los cuales se efectúan cambios físicos, químicos y bioquímicos para transformar las materias primas en productos elaborados o semielaborados, con excepción de los químicos farmacéuticos, así como el diseño, construcción, montaje de plantas y equipos para estos procesos, en toda entidad, universidad, laboratorio e instituto de investigación que necesite de estos conocimientos y medios".

Esta reglamentación, aparentemente apropiada para la época en que se expidió, es incompleta porque puede dar a entender que el profesional de la ingeniería química no está comprometido con la producción de conocimientos, ni con el desarrollo y diseño de procesos químicos, algo que se percibe ahora como parte fundamental en la investigación que adelantan los ingenieros químicos. El ingeniero químico, en virtud de su ejercicio y formación profesional, está o debería estar, en capacidad para llevar a cabo

estudios experimentales de procesos químicos a nivel de laboratorio, de banco y de planta piloto, lo mismo que de analizar la correspondencia entre la teoría y la práctica, y puede eventualmente proponer modificaciones sustanciales o ajustes de las teorías y modelos conceptuales. Esto es, puede mediante investigación de carácter básico dar lugar a la generación de conocimientos, y a través de la investigación aplicada mejorar los procesos existentes o en el mejor de los casos hacer innovaciones tecnológicas.

Una característica fundamental que tiene, o debería tener, el ingeniero químico, y que lo distingue de otras profesiones afines, es su habilidad para proyectar industrialmente los resultados de estudios de procesos químicos realizados a nivel de laboratorio mediante la formulación, o descripción matemática de los fenómenos observados, la predicción del comportamiento del proceso a escalas mayores, banco y planta piloto, y la confrontación y ajuste de los parámetros físicos involucrados en los modelos matemáticos para lograr un programa, o paquete de cálculo que permitirá el diseño del proceso a nivel industrial, lo mismo que los equipos y sistemas de control requeridos. Estas funciones del ingeniero químico en los campos de la producción de conocimientos y de la creación e innovación de procesos de transformación se encuentran bien definidas en los países con eficiente actividad productiva. En los últimos

---

1. Este artículo se publica con la autorización de ACOFI.

años, debido a la preocupación por los efectos nocivos que están causando los residuos industriales en el ecosistema y el agotamiento de los recursos naturales, se ha establecido el concepto de desarrollo sostenible como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Es más, se habla de Desarrollo Humano Sostenible (DHS) que significa, en lo económico, acumulación, creatividad y eficiencia; en lo social, equidad, bienestar y respeto de las instituciones sociales; en lo cultural, identidad en torno a los valores y tradiciones de una comunidad; en lo político, legitimidad y representatividad; en lo internacional, una adecuada interacción entre los países y en lo ambiental, el conocimiento y conservación de los recursos naturales, que deben transferirse a generaciones futuras en iguales o mejores posibilidades de uso. El ingeniero químico tiene mucho que hacer para contribuir al logro del desarrollo humano sostenible ya que, entre otras cosas, gran parte de los procesos químicos industriales contaminan el ambiente con efluentes residuales, y se debe realizar un gran esfuerzo para mejorar los procesos químicos de producción industrial para disminuir los desechos. Se trata entonces de diseñar procesos limpios buscando como objetivo final el desarrollo de procesos sin desechos, o por lo menos lograr el tratamiento efectivo de los mismos para disminuir sustancialmente la contaminación de nuestro medio ambiente.

Este trabajo tiene como objeto elaborar un breve documento, denominado Prospectiva Tecnológica en Ingeniería Química, en donde se plantea tendencias en lo que respecta a la investigación y formación en la Ingeniería Química, buscando un norte para la adecuación, actualización y modernización de los planes de estudio. Se pretende presentar un conjunto de planteamientos encaminados a la orientación general del campo de la Ingeniería Química en Colombia, y a nivel internacional los escenarios posibles de investigación básica y aplicada que nos puede servir de referencia, con el firme propósito de lograr una ventaja competitiva sostenible en el tiempo.

### **LA INGENIERÍA QUÍMICA EN COLOMBIA. INICIO, PRESENTE Y FUTURO PRÓXIMO.**

Destaquemos el hecho que cuando Colombia requiere de sus recursos humanos para atender sus necesidades y para la solución de sus problemas, su universidad ha respondido adecuadamente mediante la preparación de profesionales idóneos en la ciencia y en la técnica, lo cual ha sido evidentemente cierto en el caso del ingeniero y en especial del ingeniero químico. Esa respuesta de nuestros colegas en el pasado nos permite asegurar que será

igualmente certera y oportuna para el futuro del país, para su desarrollo industrial y para bienestar del pueblo colombiano.

La ingeniería química se inició en el país hace ya más de medio siglo, cuando por razones de la Segunda Guerra Mundial, las naciones en conflicto limitaron su producción industrial para atender la producción de material bélico y ante la escasez de bienes de consumo, disminuyeron al máximo la exportación de estos a los demás países. Ejemplo típico: la ausencia casi total de llantas para automotores. En Colombia, como en otros países, se entendió que la única solución era aprovechar sus propios recursos naturales y su mano de obra para arrancar con el desarrollo y producir en su territorio lo que hasta entonces se importaba. La incipiente industria, como la azucarera con la producción de alcohol, la de petróleos, la de producción agrícola con su conservación de alimentos y la de construcción con las fábricas de cemento y ladrillos, estaban siendo atendidas por los ingenieros civiles pero el arranque de industrias de transformación química, con procesos orgánicos, biológicos, petroquímicos y similares requerían de profesionales especializados en la ciencia química y en ingeniería química. No era suficiente solución permitir el ingreso de una tecnología y de unos equipos sino que se debía contar con el personal calificado para operarlos. La universidad dio rápida respuesta con la creación de las carreras de química e ingeniería química.

El joven egresado de las nuevas carreras fué el encargado de atender los campos de la producción, de control de proceso y manejo de la tecnología en las industrias que por entonces se instalaban con técnica completamente extranjera, pero ese ingeniero químico tuvo que adquirir rápidamente la capacidad y sagacidad de responder por el proceso mismo, por su operación y poco a poco adecuarlo a nuestro medio, aprovechar mejor las materias primas locales y dar al consumidor un producto más propio.

El gran adelanto científico que se desarrolló en la postguerra a nivel mundial, las avanzadas tecnologías, métodos de producción y la diversificación de productos obligaron al profesional a actualizarse y especializarse y a la universidad a modificar su plan de estudios para que el egresado tuviera un amplio dominio de las reacciones y operaciones que intervienen en los procesos y pudiera ser capaz de modificarlos y adecuarlos de acuerdo con las circunstancias y desarrollara sus propios diseños.

Paralelamente al avance técnico y científico, nuestro profesional ha tenido que, poco a poco, atender un área complementaria pero muy importante de la industria química nacional que guarda relación con las políticas del gobierno, en lo referente al impulso de la industria. Si bien es cierto que

en un principio se optó por la importación de tecnología, la llegada de empresas multinacionales que instalaban sus fábricas siguiendo parámetros propios, en donde el ingeniero químico solo tenía la oportunidad de operarlas bajo normas preestablecidas, al cabo de un tiempo se fueron organizando grupos financieros colombianos que aprovechando las normas de protección aduanera y el apoyo económico de entidades como el I.F.I., iniciaron el montaje de industrias de transformación en donde había que acomodar para nuestro medio la tecnología extranjera e iniciar las labores de montaje y control incluyendo algunas modificaciones en los diseños. Esta actividad sirvió de escuela al profesional quien pronto estuvo en capacidad de enfrentarse al diseño completo y construcción de nuevas plantas, tal como ocurrió con las industrias del ácido sulfúrico y sus derivados. Los ingenieros respondieron satisfactoriamente al reto y al complementar la experiencia adquirida por el egresado con las modificaciones en los programas académicos en la universidad, mejoraron y modernizaron la formación básica del estudiante, lo prepararon para las nuevas actividades y también se inició la posibilidad de la especialización.

Al fortalecer el gobierno la política de apoyo a la industria nacional y al aprovechamiento de nuestros recursos con el establecimiento de empresas a gran escala, tales como el complejo de Ecopetrol, Acerías Paz del Río, Alcalis de Colombia, se amplió el campo de actividades no solo en producción sino en el manejo mismo de las empresas, estudios de mercado, costos, control de calidad, conceptos de eficiencia, automatización y sistematización incluyendo como es lógico, el diseño y la investigación. El ingeniero tuvo que atender con criterio técnico aspectos variados como compra e importación de equipos, selección de materias primas, exportaciones, competitividad internacional de sus productos, manejo y capacitación de personal, en resumen todos los aspectos que cubre el área de gestión industrial con todos sus factores económicos y administrativos, sin los cuales no puede funcionar modernamente una empresa por correcta que sea su tecnología.

También quiso el gobierno fomentar y proteger la pequeña y mediana industria. En el caso de los procesos de transformación el ingeniero vio la oportunidad de atender otras modalidades de su ejercicio profesional e iniciar su actividad independiente como empresario y dejar de lado su labor como empleado de la gran industria. Gracias a la política de sustitución de importaciones, ya mencionada, y a los incentivos económicos ofrecidos por el Estado pudo montar su pequeña fábrica para producir materia prima complementaria para las grandes empresas o dar al mercado productos de consumo directo que hasta ese entonces se

estaban importando. Nace así nuestro ingeniero-empresario que no solo requería del lógico dominio de su profesión, de las operaciones y procesos básicos, que debían tener una mínima experiencia en montaje y operación de equipos, sino que le era fundamental conocer los aspectos administrativos para el manejo de su empresa, aplicar los factores económicos y las normas para la constitución de sociedades comerciales e industriales, el mercadeo de su producto o sea los mismos aspectos de gestión industrial, a los cuales ya nos habíamos referido, pero que en este caso por tratarse de una empresa propia debe enfrentarlos personalmente y no como parte de una Sección o Departamento de la gran empresa. Nuevamente la universidad responde favorablemente al capacitar a sus estudiantes en estos temas, fortalecer las respectivas asignaturas e incluir los aspectos empresariales dentro de los factores que se analizan en los proyectos de grado.

La situación actual es muy variada, el país cuenta con numerosos complejos industriales propios, otros de capital extranjero, o binacionales y algunos multinacionales en donde los ingenieros químicos ejercen sus actividades profesionales en todos los niveles, desde el que se inicia en producción hasta el que llega a la gerencia de la entidad, pasando por las etapas de operación, supervisión, control, administración, diseño, investigación, desarrollo, etc. El país cuenta también con un gran número de pequeñas empresas en donde el ingeniero debe atender varios frentes simultáneamente incluyendo mercadeo y venta de sus productos, las relaciones públicas y comerciales, aspectos laborales, etc.

No es optimista pensar que los ingenieros químicos que se han venido graduando durante todos estos años en nuestras universidades, han venido recibiendo la adecuada preparación para ejercer con éxito las numerosas actividades que hemos estado comentando. Nuestros profesionales han sido capaces de evolucionar y adecuarse a los adelantos técnicos y científicos que la investigación mundial genera y el desarrollo competitivo les impone, todo dentro del marco cambiante de las políticas económicas del Estado. Los egresados pueden con criterio profesional y gracias a su formación atender los adelantos que se presentan en la industria de la transformación química, superar el nivel de la producción para entrar al campo del diseño y la investigación o si lo prefiere desempeñarse en el campo administrativo hasta la dirección de la empresa. En resumen se puede decir que los ingenieros químicos han respondido positivamente al reto que recibió el país hace cincuenta años.

Tampoco es exagerado atribuir la correcta preparación del ingeniero químico al tipo de formación universitaria recibida. Aunque los planes de estudio están en permanente

juicio, evaluación y cambios para tenerlos al día con el desarrollo de la industria y su actividad en el medio, en nuestro nivel profesional se ha tratado de mantener una fuerte formación básica científica, representada en las Matemáticas, Física y Química que le dé al estudiante una estructura mental capaz de asimilar, en cualquier época de su vida los nuevos principios, fórmulas y métodos de nuevos procesos. Esta estructura es lo que lo identifica como ingeniero y lo diferencia del técnico.

Sin desconocer la importancia de las asignaturas que configuran el grupo básico profesional, como las químicas inorgánica y orgánica, la fisico-química, la termodinámica, las operaciones unitarias, etc., que lógicamente tienen que estar en permanente actualización, resaltamos la formación que se recibe del grupo, que puede identificarse como asignaturas profesionales aplicadas, tales como control de proceso, diseño de reactores y equipos, diseño de procesos, la planta piloto, etc., en donde el estudiante adquiere la capacidad para discernir, aplicar criterios, buscar alternativas no tradicionales, hallar por sí mismo otras fuentes de información para encontrar un resultado satisfactorio a los problemas propuestos, o sea iniciar su labor mental como ingeniero, y enfrentar el proyecto de grado como una primera etapa de investigación personal, aunar los conocimientos adquiridos y demostrar que es capaz de desempeñarse como profesional. Paralelamente el estudiante ha recibido la información complementaria atendida principalmente por las asignaturas de idiomas, sistemas, humanidades, administración, economía, todo dentro del ámbito de los principios éticos que debe tener todo ser humano y con mayor razón cuando adquiere el carácter y la responsabilidad de un profesional.

Al entrar a analizar, una vez más, los planes de estudio o programas curriculares y pensar como se ha venido preparando al ingeniero del próximo siglo y si su formación está de acuerdo con la situación que este ingeniero debe enfrentar en las décadas siguientes, es necesario tomar la experiencia a que hemos hecho referencia, y sin creer que lo que se ha hecho esté necesariamente perfecto, tampoco se puede partir del pesimismo de que no se ha trabajado correctamente.

Como parte de la evaluación de los programas académicos actuales y de las propuestas que se hagan para su actualización, se debe tener en cuenta que el ingeniero colombiano enfrenta hoy retos que no eran vitales para la humanidad, para la industria y para el usuario. Uno de estos retos lo constituye la protección del medio ambiente, conocer los efectos que en el ecosistema ocasiona el producto artificial que la industria de procesos lanza al mercado, la conservación

de los recursos naturales, en especial el agua natural, los problemas que producen los desechos tóxicos en las aguas residuales y la de los gases en la calidad de la atmósfera, el factor térmico, los residuos sólidos tanto en la planta como durante el manejo y consumo del producto, el descapote de la tierra fértil en la búsqueda de las materias primas. Otro reto es la calidad misma del producto ofrecido, su presentación, su uso adecuado. Por otra parte el ingeniero se enfrenta con urgencia a la búsqueda de nuevas fuentes de energía y a la conservación y uso racional de las que actualmente posee.

Otros retos, tan importantes como los anteriores, serían en la parte operativa, la eficiencia del proceso, todo lo que esto significa en costos, volumen de producción, economía de materia prima, recirculación, mercado, automatización, para hacer que la industria sea altamente competitiva y rentable ante el fuerte mercado extranjero que se está presentando con la política de libre comercio y el bajo precio de los productos importados dado, entre otros factores, por la producción masiva y con alta tecnología.

Otras normas del Gobierno que afectan la industria y que tiene que estar preparado el ingeniero para el manejo de la Empresa es el aspecto laboral ante las nuevas leyes de Seguridad Social que alteran el costo de la mano de obra y por tanto el aspecto económico.

Dentro de la tan mencionada y evidente necesidad de que la formación que recibirá el ingeniero químico durante los próximos años le permitirá asimilar la tecnología de avanzada, tanto de la que ya sea conocida cuando se encuentre estudiando como de la que le llegue directamente durante el ejercicio de su profesión, vale la pena destacar el uso cada vez más familiar de los computadores y todo lo referente a la Sistematización, aplicables en todos los aspectos de la industria, la automatización en las etapas de producción y del control, como en la proyección y análisis de nuevos procesos, de otros productos, más rendimiento y en especial en el campo de la investigación con el uso de la técnica conocida como Simulación de Procesos por computador, con la gran economía de tiempo y de costos, ampliación de alternativas, etc. Para lograr todo esto se requiere como base fundamental, que la Universidad, el programa académico, los docentes y los estudiantes aprovechen el excelente recurso que nos trae "La Informática" que ya se está manejando en nuestro medio y que toma forma visible en la "Hemeroteca Nacional del ICFES" recientemente inaugurada en Bogotá con servicios a todo el país.

Hemos realizado un recuento de como se inició y ha venido evolucionando la industria de proceso químico en el

país, hemos analizado como se ha preparado al respectivo profesional para atender las demandas de la población, y como han sido cumplidas por el sector industrial. También hemos efectuado una corta mención de los programas académicos y su permanente revisión y hemos tratado de relacionar todo esto con los lineamientos socioeconómicos trazados por los Gobiernos de turno, porque estos tienen una total influencia en la actividad industrial y por tanto en la clase de profesionales que necesitan y que altera, lógicamente, el tipo de formación que la Universidad debe dar a sus egresados.

Creemos que para que un programa académico tenga éxito y suministre un profesional idóneo para el país en el presente y en el futuro se requiere de tres pilares fundamentales:

1. El Gobierno Nacional con una política de desarrollo definida y estable, para que la industria pueda tener una idea clara de como operar.
2. La industria de transformación química, tanto la llamada "Pequeña industria" como la media y gran empresa y las multinacionales que se instalen en Colombia, para que conociendo los programas del Gobierno, las normas económicas, los medios de producción y las necesidades o deseos de la población, tracen sus líneas de mercado y señalen las tecnologías que se requieren para un adecuado producto de consumo, y
3. La Universidad por medio de sus programas académicos, sus líneas de investigación y conociendo las tendencias industriales, las políticas gubernamentales y las necesidades de la población pueda trazar los planes de estudio, organizar las líneas de investigación y le de al país un profesional capaz de seguir respondiendo positivamente a las esperanzas de todos nosotros.

Si alguno de estos "pilares" trabaja sin tener en cuenta los otros dos, o si no hay la comunicación amplia, no es posible que grupos como en el que nos encontramos en este momento puedan dar unos lineamientos académicos acertados, por buena voluntad que se tenga.

#### **ORIENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA A NIVEL INTERNACIONAL**

En años recientes han aparecido publicaciones de especial interés para analizar las tendencias de desarrollo de la profesión en el próximo futuro (1),(2), donde se plantean no

solo las áreas tecnológicas que tendrán un mayor impacto en el entorno social y económico, sino también los retos futuros que tendrá la investigación científica, básica, que normalmente se desarrolla a nivel del postgrado, maestría y doctorado, en Ingeniería Química. Existe un consenso entre los expertos internacionales en prever que habrá un gran impulso, en campos de acción del ingeniero químico de hoy y del próximo futuro, en las áreas de los nuevos materiales, conversión energética y procesamiento de recursos naturales, el control de procesos asistido por computador, la biotecnología, el desarrollo de procesos sin desechos junto con la limpieza de los procesos existentes y la ciencia de las superficies. Los retos de la profesión a nivel mundial son tenidos en cuenta por la ingeniería química nacional, sector productivo y universidades, ya que el carácter mundial del mercado obliga a por lo menos considerar la utilización de las tecnologías avanzadas de producción.

Para poder atender con propiedad la necesidad que tiene el país de ingenieros químicos preparados para afrontar los retos futuros, y que sean capaces no solo de adaptar a nuestro medio las nuevas tecnologías que vayan surgiendo, sino también de generar tecnologías en campos estratégicos, se requiere reforzar la fundamentación científica en el futuro ingeniero, impulsando y consolidando los postgrados en ingeniería química. El soporte científico para la apropiación de los conceptos fundamentales necesarios para llevar a cabo los desarrollos tecnológicos, en los campos de acción antes citados, lo constituye la investigación de carácter básico en tópicos tales como aquellos que a continuación se plantean, y que sirven de referencia para nuestro medio, ya que ellos son considerados retos futuros en los países avanzados.

##### **1. Descripción más exacta de sistemas complejos**

Donde se llevan a cabo fenómenos fisico-químicos de interés industrial, mediante modelos físicos más representativos de la realidad que se investiga:

- Materiales porosos e irregulares, sólidos particulados, polvos y aerosoles.
- Sistemas cuyas propiedades son controladas por fenómenos interfaciales, ejemplo: emulsiones, coloides, geles y espumas.
- Sistemas con memoria, ejemplo: fluidos viscoelásticos, sistemas vivos, sólidos reactivos.
- Dispersiones multifase: lodos.
- Fluidos supercríticos
- Fluidos no-newtonianos
- Materiales poliméricos fundidos.

Para la mayoría de estos sistemas no hay métodos estándar disponibles para el diseño de equipo de procesamiento. Una aproximación que normalmente se usa para resolver este problema está basada en el concepto de un "valor efectivo", el cual considera al sistema como un medio pseudohomogéneo caracterizado por propiedades promedias o "efectivas". Aunque este enfoque puede ser de utilidad en algunos casos, la predicción de tales propiedades a priori es difícil. Hay necesidad de nuevos enfoques para la descripción de la materia en la "escala capilar" (1 - 100 micras), en donde las fuerzas interfaciales juegan un papel importante.

## 2. Conceptos y Paradigmas Nuevos

Especialmente en el campo de los procesos dinámicos no-lineales, manejo del suministro de energía y creación de entropía, y la estructura y organización de la materia condensada. Debido al acoplamiento entre una cinética compleja y los procesos de transferencia, la ingeniería química provee a los teóricos nuevos sistemas que exhiben un amplio intervalo de comportamiento dinámico, dando lugar a problemas de estabilidad y multiplicidad. Uno de los conceptos más excitantes que apareció en la última década es el de Caos. Los sistemas de ingeniería química son candidatos obvios para exhibir comportamiento caótico, ya que las condiciones para el establecimiento de este régimen son frecuentemente cumplidas: multidimensionalidad, intermitencia y acoplamiento. Muchos de los resultados "irreproducibles" observados en el pasado podrían ser adscritos a los fenómenos "caóticos".

## 3. Manejo del Suministro de Energía y Creación de Entropía

La maximización de la eficiencia del consumo de energía es un reto permanente para la optimización de procesos. La mayoría de las operaciones en Ingeniería Química son irreversibles y, por lo tanto, se crea entropía en el proceso. Se ha sugerido que la distribución de la producción de entropía se puede utilizar como criterio de optimización.

## 4. Estructura y Organización de Materia Condensada

Un tópico importante en la ingeniería química tiene que ver con la comprensión y explicación de los fenómenos de transporte y reacción química que ocurren en medios porosos, cuyas propiedades globales pueden depender de la conectividad, sobretodo si se trata de un medio disperso de composición variable. Como ejemplos se pueden mencionar la permeación a través de medios porosos, el bloqueo de los poros de partículas de catalizadores por envenenamiento o

ensuciamiento, la disolución de sólidos, el flujo en lechos de escurrimiento, etc. Se prevee que la teoría de la percolación, una de las más indicadas para la descripción de estos medios complejos, será desarrollada como una herramienta esencial.

## 5. Operación de Procesos y Diseño de Equipos Novedosos.

Gracias a la disponibilidad creciente de nuevos materiales y del progreso en el modelamiento y control de procesos, los actuales procesos podrán ser llevados a cabo bajo condiciones crecientes de severidad, esto es, sobre un intervalo más amplio de presión y temperatura.

- Nuevos modos de contacto y acoplamiento entre diferentes procesos deberán ser investigados: reactores de membrana catalítica.
- Reactores multifuncionales, en donde la reacción puede estar acoplada con la separación simultánea de productos.
- Equipos Novedosos. Las formas novedosas de reactores serían bien recibidas para tener nuevas alternativas frente al tanque agitado.

## 6. Productos

El reto que se presenta ahora es el producir "calidad" y sustancias definidas no solo por su composición sino también por sus propiedades de uso final. Esto se podría hacer primero derivando un modelo del proceso considerado, mediante el cual se pueda predecir la estructura molecular de los productos. Esta corresponde a una tarea de los ingenieros químicos. El segundo paso consiste en poder relacionar las propiedades de uso final a la estructura molecular de las sustancias obtenidas. Esta información, normalmente, no está disponible y se requiere de mucho esfuerzo por parte de los ingenieros de materiales y de los químicos para resolver este problema.

Un punto importante para muchos procesos (precipitación, cristalización, polimerización) es el control de la distribución del tamaño de partícula, y más generalmente el de las propiedades distribuidas. Se debe señalar primero que calidad no significa "alta pureza", sino "baja variabilidad alrededor de un blanco especificado". El primer medio para el diseño de la calidad del proceso lo constituye el control de los parámetros del proceso. Otro reto es el de poder controlar la organización microscópica de la materia mediante la aplicación de una metodología similar a las usadas en Ingeniería Química.

La protección ambiental ha conducido recientemente al concepto de “mayordomía del producto”, por el cual un producto es rastreado desde “ la cuna hasta la tumba”. Mientras que la meta principal de la industria ha sido la manufactura de productos elaborados a partir de materias primas mediante los así llamados “procesos de estructuración”, se tiene ahora una preocupación igualmente importante relacionada con los “procesos de desmantelamiento”, a través de los cuales los materiales complejos pueden ser descompuestos en productos reciclables o residuos procesables: Otro reto para la investigación básica.

### 7. Modelos Matemáticos

La tendencia que se observa es la de moverse de los modelos simplificados, los que de todas maneras han tenido éxito en la ingeniería química, hacia modelos más detallados basados, en los así llamados principios primarios de química y física. La meta consiste en lograr finalmente las descripciones locales y las predicciones a priori, sin ningún ajuste de parámetros.

### CONCLUSIONES

- La Ingeniería Química está enfrentada con problemas desafiantes que requieren de soluciones originales a corto y a mediano plazo.
- Se requiere la identificación de las necesidades y los problemas que afrontan, o afrontarán en un futuro próximo, la industria química nacional y nuestra sociedad en general, para que los esfuerzos de formación de ingenieros químicos, en las universidades colombianas, sean canalizados en el planteamiento y resolución de problemas que tiendan a mejorar el entorno social y la calidad de vida en el país. Esta debe ser una tarea compartida y articulada entre el gobierno, las universidades, centros de investigación y el sector productivo, para determinar los temas, tipos y alcances de la actividad investigativa según los intereses nacionales.
- La formación profesional debe orientarse hacia el análisis, síntesis, simulación y diseño de procesos químicos, soportados en una profunda fundamentación científica y en principios económicos.
- Se debe incrementar la capacidad de gestión empresarial de nuestro propio desarrollo científico-tecnológico mediante la conformación de grupos de investigación interdisciplinarios.

### RECOMENDACIONES

- Acogerse a la Política Nacional de Ciencia y Tecnología plasmada en el documento EL SALTO SOCIAL (3), Bases para el plan nacional de desarrollo 1994-1998, y que se encuentra enmarcada dentro del capítulo relacionado con la Competitividad para la Internacionalización.
- Se debe realizar un esfuerzo concertado entre el sector público y privado orientado a diseñar estrategias tecnológicas, productivas, comerciales y de infraestructura conjuntas, que permitan aumentar y utilizar eficientemente los recursos productivos y generar ventajas comparativas sostenibles. Los actores principales en la formulación de un Acuerdo Sectorial de Competitividad, relacionado con la industria de los procesos químicos, serían los empresarios representantes del sector de la industria química, del gobierno a través del Consejo Nacional de Competitividad, los institutos de investigación y desarrollo tecnológico y las escuelas de ingeniería química. ACOFI, el ICFES, el Consejo Profesional de Ingeniería Química de Colombia y la Sociedad Colombiana de Ingeniería Química serían los órganos naturales de concertación y representación de los sectores académicos, investigativo, profesional e industrial.

### BIBLIOGRAFIA

1. Misión de Ciencia y Tecnología, “La Conformación de Comunidades Científicas en Colombia”, Departamento Nacional de Planeación, 1990.
2. Jacques Villermaux, “Future Challenges for Basic Research in Chemical Engineering”, Chemical Engineering Science, vol. 48, No. 14, p.p. 2525- 2535, 1993.
3. Presidencia de la República, Departamento Nacional de Planeación, “EL SALTO SOCIAL”, Bases para el Plan Nacional de Desarrollo 1994 - 1998.