



## DOCTORADO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA QUÍMICA

### RESEÑA

En los últimos años, la Ingeniería Química ha sufrido una importante evolución y diversificación. Proctor (1988) indica que «la Ingeniería Química es la profesión cambiante y el cambio de la ingeniería Química es inevitable; pero lo que sucede hoy en la profesión no tiene precedentes. Lo que estamos contemplando ahora no es una dislocación temporal que retornará a la situación habitual tras un par de años, sino una discontinuidad». Como describen Armstrong y col., (2008) los ingenieros químicos se han ramificado y han encontrado nuevas oportunidades profesionales en áreas emergentes, como la biotecnología, el procesamiento de materiales avanzados y la fabricación de componentes electrónicos, por citar sólo algunas áreas significativas. Dicha diversidad conlleva a la dificultad de selección entre los nuevos campos emergentes y la necesidad de conservar cierta unidad de pensamiento y acción, es esta característica esta que ha fortalecido en el pasado a la Ingeniería Química.

Al interior del comité sobre los horizontes de la Ingeniería Química: Requerimientos y Oportunidades de la Investigación, Amundson y col., (1988) predijeron «una confluencia de avances intelectuales, retos tecnológicos y tendencias económicas que conformarán un nuevo modelo de lo que será la Ingeniería Química y la labor del ingeniero químico». En cualquier caso, tanto si la confluencia aludida es real como literaria, lo cierto es que los desafíos tecnológicos y económicos actuales deberán determinar la evolución de la industria y configurar el aspecto de la Ingeniería Química de la primera parte del siglo XXI.

En el congreso “Strategies for 2000: Fourth World Congress of Chemical Engineering”, celebrado en Karlsruhe (Alemania) en 1991, se identificaron como áreas con mayor perspectiva de evolución para el fin de siglo (i) el desarrollo de modelos matemáticos adaptados a la potencia de los nuevos ordenadores, (ii) la modificación de procesos o productos basadas en consideraciones ambientales, (iii) el cambio las estimaciones económicas de rentabilidad al considerar en el análisis no sólo el costo de fabricación sino el ciclo completo de vida del productos incluyendo su utilización o reciclado y (iv) la mejora de la intensidad energética de los procesos. Todos estos son aspectos fácilmente reconocibles como básicos para la industria química de principios del siglo XXI.

#### 1.1. Políticas Internacionales, Nacionales y Regionales en materia de Educación Superior



En materia de Educación Superior, el Banco Mundial identifica las siguientes tendencias:

- El papel emergente del conocimiento como principal motor del desarrollo económico.
- La aparición de nuevos proveedores de educación superior en un contexto de educación sin fronteras.
- La transformación que han sufrido los modelos de prestación del servicio de educación superior y sus patrones institucionales, como resultado de la revolución de la información y la comunicación.
- La aparición de fuerzas de mercado en la educación superior como de un mercado global de capital humano avanzado.
- El incremento de solicitudes de los países clientes del Banco Mundial para apoyar financiera y técnicamente la reforma y el desarrollo de la educación superior.
- El reconocimiento de la necesidad de establecer una visión equilibrada e integral de la educación como un sistema holístico, que no solo incluya la contribución de la educación superior en la creación de capital humano sino también en sus dimensiones cruciales tanto humanísticas como de construcción de capital social, y su papel como un importante bien público global.

En materia de políticas educativas, en la Conferencia Mundial de Educación Superior 2009, el cual, toma en cuenta los resultados y pertinencia de la Conferencia Mundial de 1998 y las seis conferencias regionales, se visualiza a la Educación Superior como un bien público y una estrategia imperativa para todos los niveles de educación; fundamento de la investigación, la innovación y la creatividad; y debe ser un tema de responsabilidad y apoyo económico para todos los gobiernos. De acuerdo con la Declaración Universal de los Derechos Humanos “La instrucción técnica y profesional habrá de ser generalizada; el acceso a los estudios superiores será igual para todos, en función de los méritos respectivos” (Artículo 26, Parágrafo 1º).

El Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2008-2012 (PECiTI) planteaba fortalecer la apropiación social del conocimiento y la innovación, y el reconocimiento público de su carácter estratégico para el desarrollo integral del país. El PECiTI es un programa federal que promoverá el desarrollo nacional y regional con base en la formación de recursos humanos más calificados, que fomenta la investigación científica en instituciones de educación superior y centros de investigación.



El PECiTI se basa en tres aspectos fundamentales: (1) su contenido, (2) su orientación a hacia los lineamientos del PND, y (3) su consenso pues es construido con las sugerencias y comentarios de la comunidad científica. El PND propone articular esfuerzos entorno a cinco ejes:

- A. Estado de derecho y seguridad.
- B. Economía competitiva y generadora de empleos.
- C. Igualdad de oportunidades.
- D. Sustentabilidad ambiental.
- E. Demacración efectiva y política exterior responsable.

En el eje 2 “Economía competitiva y generadora de empleos”, la ciencia y la tecnología juegan un papel preponderante, y en torno a este eje se establecen lineamientos puntuales para impulsar las actividades científicas, tecnológicas y de innovación que promuevan un crecimiento económico. Estos lineamientos se establecen en la estrategia 5.5 del PND referente a “Profundizar y facilitar los procesos de investigación científica, adopción e innovación tecnológica para incrementar la profundidad de la economía nacional”.

Las cinco líneas de política que se indican en la estrategia 5.5 del PND, son las siguientes:

- A. Establecer políticas de Estado a corto, mediano y largo plazo que permitan fortalecer la cadena educación, ciencia básica y aplicada, tecnología e innovación.
  - a. Mejorar la articulación del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación fortaleciendo los vínculos entre todos los actores: academia, empresarios y sector público en sus niveles federal, estatal y municipal.
  - b. Incrementar y consolidar el acervo de recursos humanos de alto nivel.
  - c. Establecer prioridades en materia de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación.
  - d. Fomentar una cultura que contribuya a la mejor divulgación, percepción, apropiación y reconocimiento social de la ciencia, la tecnología y la innovación en la sociedad mexicana.
  - e. Adecuar la legislación y normatividad en ciencia, tecnología e innovación.
- B. Descentralizar las actividades científicas, tecnológicas y de innovación con el objeto de contribuir al desarrollo regional.
  - a. Fortalecer y consolidar los sistemas estatales de ciencia, tecnología e innovación.



- b. Incrementar la infraestructura científica, tecnológica y de innovación, tanto física como humana, para coadyuvar al desarrollo integral de las entidades federativas.
- C. Fomentar un incremento en el financiamiento de la ciencia básica y aplicada, la tecnología y la innovación.
  - a. Diversificar la inversión en ciencia, tecnología e innovación.
  - b. Incrementar en términos reales la inversión en ciencia, tecnología e innovación.
  - c. Fortalecer la cooperación y el financiamiento internacional en material de ciencia, tecnología e innovación, atendiendo las necesidades del país.
- D. Incrementar la inversión en infraestructura científica, tecnológica y de innovación.
- E. Evaluar los recursos públicos que se invertirán en la formación de recursos humanos de alta calidad, y en las tareas de investigación.

El estado de Tlaxcala, en 2010, contaba con 89 integrantes en el SNI. Este número de Investigadores representa el 0.54% del total nacional, mientras que en términos per cápita, el estado presenta 77 investigadores por millón de habitantes. De acuerdo a la distribución por área de la ciencia, se observa que el estado tiene la característica de agrupar en mayor proporción a investigadores de las áreas de Ciencias Sociales y Químico-Biológicas. Estas áreas concentran más de 50% de los investigadores del SNI en el estado.

El estado de Tlaxcala cuenta con poca infraestructura para la investigación. Al momento de formular el presente documento solo dos instituciones ofertaban posgrados reconocidos por el PNPC-CONACyT, el Colegio de Tlaxcala y la Universidad Autónoma de Tlaxcala. En estas instituciones se imparten seis programas de posgrado (dos doctorados, tres maestrías y una especialidad). Por otra parte, existen 2 centros de investigación independientes de las instituciones arriba mencionadas, uno perteneciente al IPN –el Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada-, y otro correspondiente a la UNAM –el Centro de Investigaciones Biomédicas. Sin embargo, el estado carece de Centros de Investigación CONACyT.

De acuerdo con el Informe General del Estado de la Ciencia y Tecnología (IGECYT), en el estado se han producido 282 artículos por residente durante el periodo 1998-2007, los cuales han recibido un total de 601 citas. La producción científica del estado es el 0.20% del total nacional, lo cual coloca al estado en el lugar 30 con respecto al total de estados. El factor del impacto indica que cada artículo publicado en promedio recibió 2.1 citas durante el periodo analizado. Esto coloca a la entidad



en la cola de la distribución, donde se encuentran los estados con menos impacto en producción científica.

De acuerdo con datos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), en el estado de Tlaxcala entre los años 2004 y 2005 no existen registros de solicitudes de patentes y durante 2006 se registraron solo dos solicitudes.

El estudio de pertinencia llevado a cabo en 2008 por la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, revela que, en las empresas de los corredores industriales del Estado, para nuevas contrataciones la Ingeniería Química es la profesión más demandada. En el mismo estudio se encontró que los Centros de Trabajo en el 7% de los puestos vacantes, requieren personal con estudios de posgrado (el conocimiento más solicitado fue el de Operación y Plantas y Control de Calidad, con un 13%) y con marcadas habilidades en la formulación, definición y solución de problemas, evaluación de alternativas, liderazgo, orientación a resultados, y capacidad de vincular los fundamentos teóricos con aplicaciones prácticas. Finalmente, los Centros de Trabajo establecen como áreas de mayor crecimiento las siguientes: Procesos de producción, optimización de procesos e investigación y desarrollo.

Para la encuesta a empleadores se utilizó la metodología Tunning para determinar las competencias (Genéricas o Transversales y Específicas) que requiere poseer un Ingeniero Químico con Posgrado (Maestría y Doctorado) en Ciencias. De acuerdo con el proyecto Tunning, las competencias Genéricas se dividen en Instrumentales, Personales y Sistémicas. Por otro lado, las competencias Específicas se dividieron en Disciplinarias y Profesionales.

Debido a la importancia que el desarrollo de planes de estudios basados en competencias, se decidió adoptar esta modalidad al Plan de Estudios de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Química, lo que en principio le confiere una estructura más robusta para desarrollar las actividades académicas y de investigación.

Sin embargo, en el momento de iniciar el proceso de adaptación al MHIC, no se contaba con egresados del Doctorado, debido a su reciente apertura.

Para obtener datos relacionados con formación académica y trayectoria ocupacional de los futuros egresados, se realizó un seguimiento de las últimas 3 cohortes generacionales del programa de Maestría, particularmente a exalumnos que están cursando estudios de Doctorado en otras instituciones de prestigio, por lo que la encuesta proporcionó información valiosa de las necesidades en la formación académica para el Plan de Estudios de la UATX. En cuanto al Perfil de Egreso y Pertinencia del programa, los egresados opinaron lo siguiente: los alumnos consideran que el posgrado los formó de una manera integral y consideran que son buenos los conocimientos adquiridos.



### 1.2. Pertinencia del Programa

La primera razón para justificar la existencia del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Química (DCIQ) se enmarca en un contexto económico. A nivel internacional, el Banco Mundial tiene como misión: (1) reducir la pobreza mediante el crecimiento económico, (2) reducir la pobreza mediante estrategias de redistribución, y (3) alcanzar las metas de desarrollo de las Naciones Unidas para el milenio. La UNESCO reconoce que en la década pasada se evidenció que la educación superior y la investigación contribuyen a la erradicación de la pobreza, al desarrollo sostenible, crecimiento económico y al logro de los objetivos de desarrollo convenidos internacionalmente. Un ejemplo claro del impacto de la Ingeniería Química en la economía de un país es el caso de Estados Unidos. La Ingeniería Química (IQ) representa uno de los ejes más importantes para el desarrollo de Estados Unidos. Uno de cada cuatro empleos depende de la IQ ó está asociado a ella, y cerca de 400 mil millones de dólares se obtienen de la venta de productos derivados de innovaciones en áreas de la IQ.

En México, el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, a través de su eje 2 “*Economía competitiva y generadora de empleos*”, considera que la CTI juega un papel importante en el crecimiento económico de México. Tanto el PND como el PECiTI establecen que las actividades de la CTI contribuyen, en forma esencial, al crecimiento económico del país y a su posicionamiento en la vanguardia tecnológica. También, las actividades de CTI contribuyen a consolidar la democracia y la justicia social, reduciendo las desigualdades. Por lo anterior, la primera razón que justifica la existencia del PPIQ está asociada con su contribución al desarrollo de actividades relacionadas con la CTI, específicamente:

1. La formación de recursos humanos de alto nivel, capacitados, adaptables y con pensamiento crítico.
2. La generación de nuevo conocimiento.
3. La construcción de habilidades para acceder al conocimiento global y adaptarlo al uso local.

Con base en el Diagnostico de Ciencia, Tecnología e Innovación del estado de Tlaxcala (emitido por el Foro Consultivo y Tecnológico), el Índice de Competitividad y el Índice de Uso de Recursos ubican al estado en la posición 31 y 28, respectivamente. Lo anterior está asociado a los bajos niveles que el estado reporta en infraestructura para la investigación y en la disposición de recursos humanos con posgrado. Por lo tanto, en este trabajo se considera que la segunda razón de la existencia del PPIQ radica:

En su capacidad de contribuir al mejoramiento de la competitividad del Estado, a través de la formación de recursos humanos calificados y a la creación de un sistema de educación innovador, que sea capaz de crear



un proceso de transformación y crecimiento sostenible en el plano económico, y que atienda las áreas de crecimiento prioritarias de la región.

Finalmente, es importante mencionar que la Educación Superior, a través de sus programas de licenciatura y posgrado, representa el soporte de los sistemas educativos, del estado y país, por su papel en la formación de docentes y directivos de centros educativos, la formación de especialistas en el diseño curricular y la investigación educativa.

El DCIQ debe procurar que, a través del cumplimiento de su misión, visión, estructura curricular, objetivos, perfil de egreso y líneas de investigación, se atiendan los tres puntos que definen la pertinencia de un programa educativo.

#### Misión

Formar Doctores en Ciencias en Ingeniería Química altamente competitivos, desarrollar investigación en Ingeniería Química y de Procesos, así como trabajar con la industria, el gobierno y la comunidad civil para contribuir al desarrollo económico, tecnológico y cultural del Estado y del País.

#### Visión

Ser un posgrado reconocido nacional e internacionalmente por su calidad en investigación y desarrollo tecnológico en Ingeniería Química y considerado como un referente tanto de la región como en el país, y respetado internacionalmente.

#### Objetivo

El objetivo principal del DCIQ es el de formar recursos humanos que contribuyan al desarrollo de la Ingeniería Química y de Procesos, a través de actividades de investigación y docencia de alta calidad, así como promover grupos de colaboración para la investigación tanto a nivel nacional como internacional.

#### Objetivos Específicos:

1. Establecer y operar un programa de posgrado cuyos graduados sean capaces de aplicar y desarrollar investigación en el área de Ingeniería Química.
2. Contribuir a la generación del conocimiento de frontera.
3. Favorecer el desarrollo del núcleo académico a través de redes de colaboración tanto externas como internas.
4. Desarrollar y mantener vínculos con la industria, el gobierno, la comunidad civil y profesional para favorecer la difusión y aplicación del conocimiento.





5. Promover el desarrollo de proyectos de investigación en las áreas de fluidos complejos, termodinámica e ingeniería ambiental y de procesos.

#### Metas

1. Aumentar el ingreso de estudiantes al posgrado hasta lograr la proporción de estudiantes por PTC recomendada por PNPC Conacyt.
2. Que el tiempo de obtención de grado se encuentre dentro de los estándares del PNPC.
3. Que cada estudiante presente un producto de investigación (artículo, participación en congresos, etc.) como requisito de graduación.
4. Promover la movilidad de al menos un estudiante por ciclo escolar en estancias de investigación.
5. Mantener al menos 60% de la planta docente en el SNI.
6. Que el 100% de los PTC participen con propuestas de investigación ante diferentes instancias de financiamiento.
7. Que el 100% de los PTC participen en redes internas de colaboración y al menos el 50% en redes de colaboración externas.
8. Participar de forma continua en los programas institucionales, estatales y nacionales de difusión del conocimiento (radio, prensa, semana de la ciencia, feria de posgrado, etc.)
9. Implementar un programa de vinculación con el sector productivo, con la finalidad de desarrollar proyectos conjuntos de investigación y/o desarrollo tecnológico.