

# **!SILENCIO! INVESTIGADORES TRABAJANDO**

## **Investigación y Desarrollo Tecnológico en Aguascalientes**

*Salvador Camacho Sandoval\**

62

### **INTRODUCCION**

La realización del Primer Simposio Estatal de *La investigación y el Desarrollo Tecnológico en Aguascalientes*, realizado del 24 al 26 de agosto de 1994, fue un acontecimiento de primera importancia. Para aquellos que nos interesa investigar, resulta muy estimulante saber que autoridades educativas, funcionarios del gobierno del estado e investigadores se reúnen para asumir, aunque sea modestamente, el gran desafío del desarrollo de la ciencia y la tecnología en nuestro estado.

Por primera vez en la historia de Aguascalientes se reunieron 9 instituciones y dependencias públicas para dar a conocer su trabajo y unir esfuerzos en beneficio de la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Estos organismos fueron: el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Instituto de Educación de Aguascalientes (IEA), Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Instituto de Salud del Estado (ISEA), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), Instituto Tecnológico de Aguascalientes (ITA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Archivo Histórico del Estado (AHEA), Universidad Pedagógica Nacional (UPN) e Instituto Tecnológico Agropecuario No. 20 (incluyendo el CIGA-ITA20).

Según las *Memorias* del evento, hubo 138 proyectos de investigación que se presentaron en 7 áreas: 36 proyectos en el área de alimentos, 6 en ciencias básicas, 4 en desarrollo urbano y vivienda, 17 en fomento industrial, 17 en el área de humanidades, 28 en el de recursos naturales y 30 en ciencias de la salud<sup>1</sup>. Obviamente habría que distinguir y evaluar la calidad de cada uno de los proyectos, pero en un primer momento no queda más que felicitar a las instituciones de educación superior y organismos públicos, por la realización de este foro. Estoy convencido que sin la comunicación y el trabajo interinstitucional no es posible avanzar hacia la investigación de excelencia que nos exigen los nuevos tiempos.

Ante los actuales retos de apertura económica que vivimos a nivel internacional, es cada vez más importante impulsar el desarrollo de una ciencia y una tecnología propias, ya que en la articulación entre el sistema de producción de conocimiento y los sistemas de producción de bienes y servicios reside hoy la clave del éxito económico de las sociedades modernas.

Curiosamente, nos encontramos en un momento que nos

recuerda los orígenes de la ciencia moderna en México en el siglo XVII, cuando los investigadores novohispanos fueron definiendo, con su trabajo, tres rasgos fundamentales de la cultura científica que serían la simiente de un proyecto ambicioso y de gran proyección social<sup>2</sup>.

El primero de ellos fue la conformación de una identidad criolla del mexicano. El segundo, la constitución de una comunidad científica que hizo suyas las ideas renacentistas y rechazó el universo jerarquizado y rígido de los aristotélicos. Y, finalmente, la convicción completamente moderna de que el mundo físico podía ser transformado por medio de la ciencia aplicada.

Estos tres rasgos se fortalecieron en los siguientes siglos, y a la fecha todavía podemos hablar de una comunidad de científicos comprometidos en la búsqueda de una identidad propia, diferenciada y a la vez relacionada íntimamente con la cultura universal. Ahora sabemos que un científico no puede estar al margen de lo que se está investigando en todo el mundo en su respectivo campo de estudio, pero también es conveniente resaltar que este científico debe tener en cuenta que los resultados de su trabajo pueden ser benéficos a su comunidad.

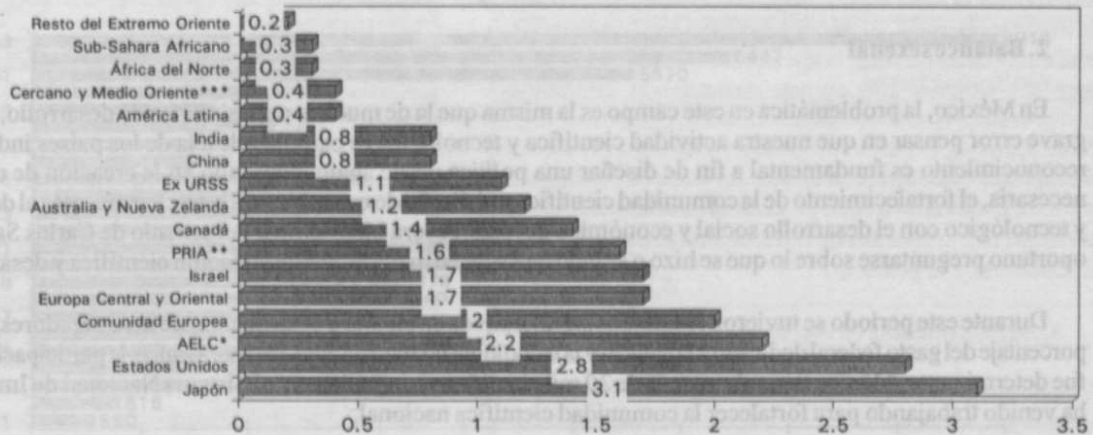
En definitiva, se trata de consolidar una comunidad de científicos ligados a la investigación de punta y sensible a la formación de nuevas generaciones de investigadores. De esta manera, habría mayores posibilidades de que la comunidad científica se vincule todavía más con la tecnología y el desarrollo. En México como en el resto de América Latina, es imperativo que la generación interna, la difusión y la adaptación de tecnologías llegue a ser más eficiente que en el pasado.

### **1. El concierto internacional**

En vísperas de llegar al nuevo milenio, países como México, han venido impulsando la ciencia como motor de transformación social, pero los desafíos son todavía grandes. En febrero de este año, la UNESCO publicó un primer *Reporte Mundial sobre la Ciencia*<sup>3</sup>. Los datos son reveladores: más del 80% de las actividades mundiales de investigación y desarrollo tecnológico se realiza en los países industrializados, los cuales gastan en estas actividades casi el 3% del PNB, a diferencia de los países en desarrollo, que no alcanzan la décima parte de ese porcentaje.

**Gráfica 1**

**Porcentaje del PNB destinado a Investigación y Desarrollo.**



\*Austria, Finlandia, Lichtenstein, Noruega, Suecia y Suiza.

\*\*Países recientemente industrializados de Asia (República de Corea, Malasia, Hong Kong, Singapur, Taiwán).

\*\*\*De Turquía a Paquistán.

Fuente: UNESCO

El *Reporte* menciona también que mientras la mayor parte de los países de América Latina dedican 10 dólares o menos por habitante al desarrollo científico y tecnológico, los países de la Unión Europea gastan 300, Estados Unidos 600 y Japón 700 dólares por habitante. Otra prueba de esta brecha es el número de científicos por cada 1,000 habitantes. Japón vuelve a estar a la cabeza con 4.7 científicos, adelante de Israel y Estados Unidos con 4.4 y 3.8, respectivamente. En países en desarrollo, en contraste, existe un científico o un ingeniero por cada 5,000 habitantes. Los cambios en estos países ya se han venido dando, y un caso ejemplar lo constituyen los países asiáticos, mejor conocidos como los "pequeños dragones".

Estos países, además de haber incrementado su presupuesto a la ciencia y la tecnología, han sabido incorporar esta actividad y sus productos a los procesos productivos y de esta manera han ofrecido una respuesta positiva a las complejas demandas del mercado internacional. Para lograr estos resultados fue necesario invertir más en la formación de investigadores. Corea del Sur, por ejemplo, incrementó su comunidad científica de 20,728 miembros en 1981 a 70,503 en 1990.

La situación de los países de América Latina es otra. Sin duda, para apoyar el desarrollo de la ciencia no basta la voluntad política de los gobernantes, sino tener el medio propicio para hacerlo, pues esta actividad está estrechamente vinculada no sólo al desarrollo económico y cultural-educativo de las naciones, sino también a la democracia, la paz y el

respeto a los derechos humanos. El reto para estos países es más grande que el que pudieran tener los países industrializados, porque, como señala Federico Mayor, director general de la UNESCO, no se puede ofrecer ciencia subdesarrollada para los países subdesarrollados, pues "no existe más que una calidad de ciencia: la mejor", que debe crearse en todas partes y compartirse con todos<sup>4</sup>.

Actualmente en los países de América Latina se han detectado por lo menos cuatro problemas torales. El primero de ellos es el de las ineficiencias institucionales, tanto en los sectores público y privado, como en los centros de educación superior. El segundo problema tiene que ver con la poca capacidad de crítica frente a la necesaria vinculación entre la actividad científica y tecnológica y el desarrollo social y económico que los pueblos latinoamericanos necesitan. La politización y sobreideologización de maestros y alumnos en las universidades no necesariamente implica el desarrollo de una capacidad crítica para enfrentar los retos del presente. En este sentido, el otro problema es el de la pobreza de temas relevantes que respondan precisamente a los problemas y necesidades más urgentes de la región. Finalmente, la cuarta dificultad la constituye el gran desequilibrio entre la investigación pura y aplicada<sup>5</sup>.

Según el *Primer Reporte Mundial sobre Ciencia*, para paliar el aislamiento de los científicos de los países en "vías de desarrollo" y evitar su partida definitiva hacia las grandes naciones industrializadas, pueden elaborarse varias soluciones, mismas que deben tener como denominador común la

cooperación bien organizada entre las comunidades científicas de los países ricos y pobres, así como el apoyo internacional en favor de las naciones con más desventajas, respetando siempre la libertad y autonomía para que cada país fije sus prioridades y sus metas, bajo la premisa de que la imposición de modelos externos no es útil para dar respuesta a las necesidades propias de cada nación.

**2. Balance sexenal**

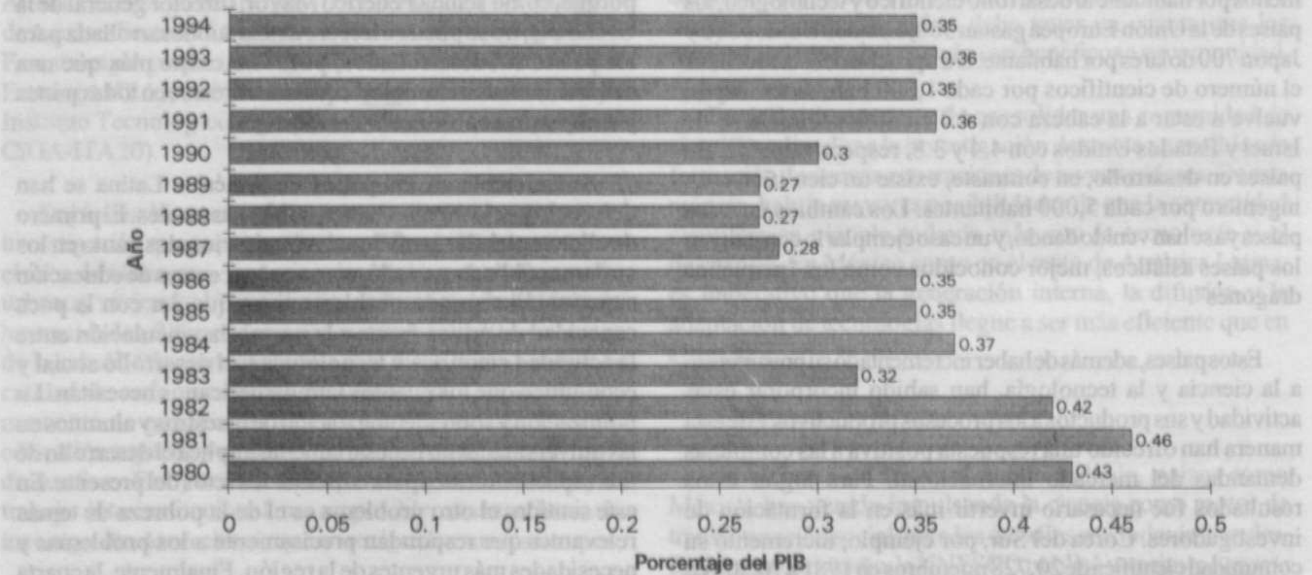
En México, la problemática en este campo es la misma que la de muchos países en vías de desarrollo, por lo que sería un grave error pensar en que nuestra actividad científica y tecnológica es equiparable a la de los países industrializados. Este reconocimiento es fundamental a fin de diseñar una política desde abajo, pensando en la creación de una infraestructura necesaria, el fortalecimiento de la comunidad científica y el diseño de espacios para estrechar aún más el desarrollo científico y tecnológico con el desarrollo social y económico del país. Ahora bien, al final del sexenio de Carlos Salinas de Gortari es oportuno preguntarse sobre lo que se hizo o se dejó de hacer en materia de investigación científica y desarrollo tecnológico.

Durante este período se tuvieron resultados significativos en cuanto a la formación de investigadores, no obstante que el porcentaje del gasto federal dedicado a la ciencia y la tecnología no fue muy alto. En este avance, la participación del CONACYT fue determinante. México tiene ahora más de 20 mil científicos e ingenieros y el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) ha venido trabajando para fortalecer la comunidad científica nacional.

En estos últimos años, el gasto en estas actividades ha sido variado y, en parte, ha dependido de los vaivenes del desarrollo económico del país. Como puede observarse en la Gráfica 2, de 1980 a 1994, el porcentaje más alto se tuvo en el año 1981 y los más bajos en 1988 y 1989, años de crisis económica. Esta situación mejoró, y en 1993 se llegó a destinar al desarrollo de la ciencia y la tecnología un 0.36%, aunque disminuyó a 0.35% en 1994.

**Gráfica 2**

**Evolución del Gasto Federal en Ciencia y Tecnología respecto al PIB. 1980-1994.**

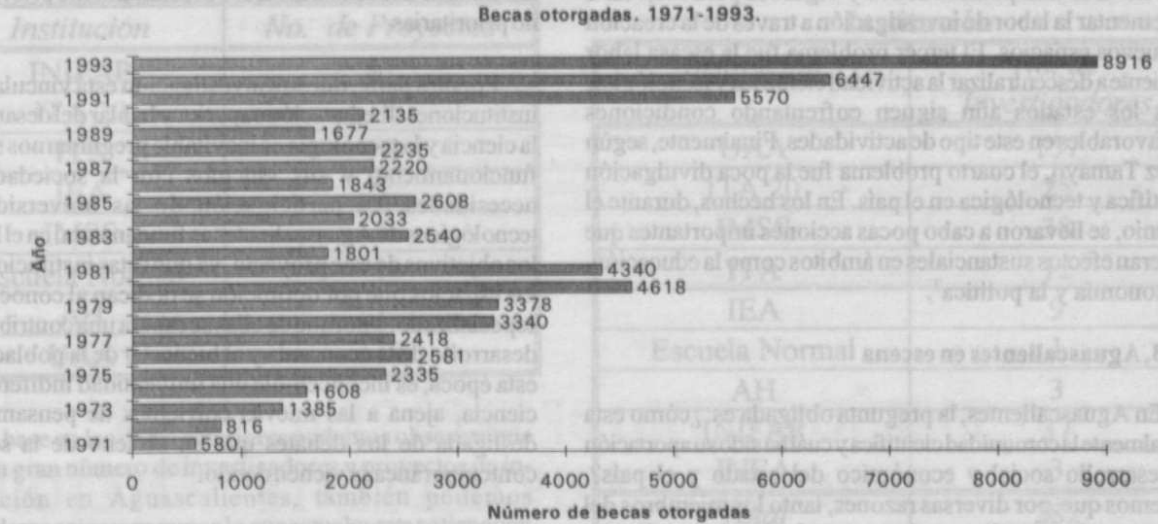


Fuente: SEP-CONACYT

Resalta el hecho de que, no obstante que el porcentaje del producto interno bruto dedicado a la ciencia y tecnología no haya variado significativamente en estos años, el apoyo a la formación de investigadores sea uno de los logros más importantes del CONACYT. En 1971 tan sólo se otorgaban 580 becas (202 nacionales y 378 al extranjero), y en los primeros años de los noventa la cifra creció notablemente, llegando a otorgar en 1993 8,916 becas (6,925 nacionales y 1,991 al extranjero).

Cuadro 2

**Gráfica 3**



Fuente: SEP-CONACYT

Sin duda, la formación de personal especializado, con maestría y doctorado, le permitió al país crear un grupo de investigadores que requería de un apoyo continuo para trabajar en el país y en su campo de estudio. Fue así que hace 10 años, la SEP y el CONACYT iniciaron un programa de apoyo a los investigadores y candidatos a serlo, para lo cual crearon el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Como puede verse en el Cuadro 1, el número de miembros del SNI en 1984 fue muy reducido, pues sólo se apoyó a 1,396 personas, pero para 1993 la cifra aumentó a 6,233.

**Cuadro 1**

INVESTIGADOR NACIONAL.						
AÑO	CANDIDATOS A INVESTIGADOR	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	SUBTOTAL	TOTAL
1984	212	797	263	124	1184	1396
1985	651	1127	339	159	1625	2276
1986	1121	1353	374	171	1898	3019
1987	1499	1338	413	208	1959	3458
1988	1588	1523	480	183	2186	3774
1989	1859	2010	550	247	2807	4666
1990	2282	2453	691	278	3422	5704
1991	2502	2636	718	309	3663	6165
1992	2655	2860	779	308	3947	6602
1993	2274	2810	797	352	3959	6233

Fuente: CONACYT

Las cifras que nos proporcionan la SEP y el CONACYT<sup>6</sup> son ilustrativos del desarrollo de la investigación y de aquellas personas que se dedican a esta actividad en México. La información cuantitativa nos permite hacer ciertos juicios optimistas, pero es conveniente señalar aquí cuatro problemas importantes que tuvo el desarrollo de la ciencia y la tecnología durante el sexenio de Carlos Salinas de Gortari, según Ruy Pérez Tamayo.

Para este crítico y especialista en la materia, durante el sexenio 1988-1994, la remuneración a los científicos fue muy baja, pues los aumentos salariales no rebasaron el 10% anual durante este período. El segundo problema fue el poco impulso a la

creación de nuevos centros de trabajo para los investigadores. Se reconoce que CONACYT compró maquinaria y equipo, pero no tuvo una política activa y vigorosa para mejorar e incrementar la labor de investigación a través de la creación de nuevos espacios. El tercer problema fue la escasa labor tendiente a descentralizar la actividad científica y tecnológica, pues los estados aún siguen enfrentando condiciones desfavorables en este tipo de actividades. Finalmente, según Pérez Tamayo, el cuarto problema fue la poca divulgación científica y tecnológica en el país. En los hechos, durante el sexenio, se llevaron a cabo pocas acciones importantes que tuvieran efectos sustanciales en ámbitos como la educación, la economía y la política<sup>7</sup>.

### 3. Aguascalientes en escena

En Aguascalientes, la pregunta obligada es: ¿cómo esta actualmente la comunidad científica y cuál ha sido su aportación al desarrollo social y económico del estado y el país?. Sabemos que, por diversas razones, tanto los miembros del SNI como los estudiantes de postgrado de Aguascalientes todavía son escasos. Resulta ilustrativo de esta realidad el hecho de que en la nueva promoción del SNI, sólo se haya aceptado a 3 personas, dos candidatos y un investigador de nivel dos. También habrá que reconocer que hace falta vincular todavía más la investigación con el desarrollo económico del estado, evitando los errores que también se han detectado en otros lugares.

En medio de un conjunto de cambios de orden social, económico y político en México, ahora en Aguascalientes se abre una gran oportunidad para mostrar nuestra capacidad y así redefinir las áreas de conocimiento que habrá que apoyar. Para ello, es indispensable organizar y fortalecer la comunidad científica local y, de esta manera, favorecer la creación de una tecnología endógena capaz de responder a las necesidades del estado.

Es en este contexto, como percibo la gran importancia que tuvo el *Primer Simposio Estatal*. De él se esperaba que se expusiera y analizara con rigor y sentido crítico el rumbo que ha seguido la investigación en el estado, para que de esta manera se perfilaran alternativas para el futuro inmediato. Los resultados los tienen que evaluar los organizadores y los mismos investigadores participantes. Durante el encuentro, desgraciadamente no hubo el tiempo ni la propuesta para reflexionar sobre lo que se ha venido haciendo en este campo y para diseñar una nueva agenda indicativa de investigación para Aguascalientes.

El reto no es fácil, porque no sólo habrá que definir con precisión una agenda propia de investigación que beneficie al sector productivo. También tenemos frente a nosotros el desafío de encontrar, en el campo de las ciencias del hombre, aquellos estudios que nos permitan conocer mejor nuestra vida en lo social e individual y, de esta manera, darle sentido a nuestras preocupaciones de carácter material. El interés legítimo de los gobiernos por crear y vigorizar una investigación

que responda a las necesidades del sector económico, no debe contradecir la libertad de investigación, ni condicionar los recursos de acuerdo a las áreas presuntamente prioritarias y no prioritarias.

Por otra parte, nuestra investigación está vinculada a las instituciones de educación superior y hablar del desarrollo de la ciencia y la tecnología es inevitable preguntarnos sobre su funcionamiento y sus vínculos con la sociedad y sus necesidades. La participación de las universidades y tecnológicos de Aguascalientes es fundamental en el logro de los objetivos de este proyecto, ya que estas instituciones son los espacios que por definición se dedican al conocimiento especializado, y porque de ellas se espera una contribución al desarrollo de la economía y al bienestar de la población. En esta época, es inconcebible una universidad indiferente a la ciencia, ajena a las nuevas corrientes de pensamiento y desligada de los debates que en el seno de la sociedad contemporánea se vienen dando.

La pregunta inevitable es ¿qué están haciendo la UAA, el ITA, el ITA 20, la Bonaterra y la UNITEC en cuanto a desarrollo de la ciencia y la tecnología se refiere? ¿De la investigación realizada, cuál tiene el reconocimiento de la comunidad científica nacional e internacional? ¿Cuál ha sido su impacto en el desarrollo social y económico de Aguascalientes y del país?

Sin duda, estas preguntas tendrán que contestarse con sumo cuidado a fin de hacer una valoración justa y útil del quehacer de los investigadores y las instituciones de educación superior en Aguascalientes. La realización del evento ya es en sí un logro. Sé del interés real de los organizadores del evento y de ciertas autoridades que han estado atentos a las preocupaciones legítimas de los investigadores. Empero, estas circunstancias no impiden describir algunos rasgos del quehacer investigativo en Aguascalientes.

De acuerdo con los datos del *Sistema Regional de Información de Actividades Científicas y Tecnológicas (SIRIACYT)*<sup>8</sup>, el total de investigaciones registradas en 1993 en Aguascalientes es de 397, de las cuales 159 son investigaciones terminadas y 238 están en proceso. Por otra parte, la cantidad de personas que se hayan registrados en 1993 como investigadores en el SIRIACYT es de 282 y el área que más investigaciones tiene es el área Agropecuaria (54.1%); le siguen Ciencias Sociales (19.8), Biomédica Básica (10.2), Biomédica (10.2) y el área clasificada como de Ingeniería (5.8).

La UAA es la institución donde se realiza la mayor parte del trabajo de investigación en el estado, ya que tan sólo el 51.3% de las investigaciones en la entidad se realiza en ella y el 55.5 por ciento de los investigadores que existe en Aguascalientes pertenece a esta universidad. El porcentaje restante se divide entre las demás instituciones encargadas de la investigación, tales como el INIFAP, ITA-20, IMSS, ITA, INEA, AHEA y el IEA.

**Cuadro 2**

**Proyectos en Proceso en 1993 de Acuerdo a la Institución donde se Realizan**

<i>Institución</i>	<i>No. de Proyectos</i>
INIFAP	87
ITA 20	18
ITA	10
IEA	5
IMSS	3
Escuela Normal	1
AH	1
UAA	112

Con base en los datos anteriores podemos observar que existe un gran número de investigadores y proyectos de investigación en Aguascalientes, también podemos sorprendernos si comparamos lo que actualmente se tiene con lo que hace 10 años se investigaba. Sin embargo, cabe insistir en las siguientes preguntas: ¿cuántos de estos investigadores están en el Sistema Nacional de Investigadores? y ¿cuántos de estos proyectos ofrecen una propuesta viable y efectiva para contribuir al conocimiento y la resolución de nuestros problemas?. Una respuesta tentativa a estas interrogantes nos dice que no más de una docena de estos 282 pertenecen al SNI y que aproximadamente la mitad de las investigaciones realizadas se está dedicando al área agropecuaria, cuando Aguascalientes, desde hace algunos años, ha cimentado una gran parte de su economía en la actividad industrial y de servicios. Además de que las investigaciones en ciencias del hombre no han destacado en el medio, ni ha tenido cabida en publicaciones de carácter estatal o nacional, como es de esperarse, con excepción de algunos trabajos de historia y educación.

**NOTA FINAL**

El desarrollo de la ciencia y la tecnología es un reto que conviene afrontar con determinación. Involucra, es cierto, decisiones complejas y difíciles, sin embargo, son costos que vale la pena asumir, pues a la vuelta de unos años serán menores que los costos potenciales de prolongar el atraso científico y tecnológico.

El compromiso es de los investigadores y las instituciones superiores, pero también del Estado y de los grupos sociales beneficiados, especialmente del sector productivo. Es por esto que recientemente se firmó el *Acuerdo de Creación del Sistema de Investigación Miguel Hidalgo*, el cual persigue coadyuvar a la vinculación de los sectores público, social y privado con las instituciones de investigación y de educación superior localizadas en Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí y Aguascalientes. Los investigadores tendrán que vigilar que este organismo no se convierta en una instancia burocrática que haga más difícil la labor de los trabajadores de la ciencia y la tecnología.

**Cuadro 3**

**Número de Investigadores por Institución**

<i>Institución</i>	<i>No. de Investigadores</i>
UAA	157
ITA 20	25
IMSS	38
ITA	12
IEA	9
Escuela Normal	1
AH	3
INIFAP	37
INEA	3
<i>Total</i>	282

La cultura científica es un elemento que requiere penetrar aún más en las escuelas, las empresas y en la cultura de la vida cotidiana en general. La meta para los próximos años es fortalecer lo existente. La creación de un Sistema Estatal de Investigación es una tarea que no puede posponerse más. De igual manera, las instituciones de educación superior tendrán que redoblar esfuerzos para asignar recursos a proyectos de investigación de alta calidad que tengan relevancia regional. Habrá que ser realistas y evitar la dispersión y los proyectos de baja calidad. Hace poco, refiriéndome a la UAA —la institución educativa que cuenta con más trayectoria en este renglón—, señalé que es preferible tener pocas, pero buenas investigaciones, que muchas y sin resultados que valgan la pena tomarse en cuenta<sup>9</sup>.

La ciencia es un apasionante riesgo que bien vale la pena enfrentar. Elías Trabulse, al reflexionar sobre el desarrollo científico en México, ha dicho que la razón de ser, de existir de la ciencia es desafiar lo tradicional y avanzar por caminos inexplorados<sup>10</sup>. Así podemos decir ahora que no puede haber desarrollo científico y tecnológico en el conformismo, porque en el momento que la ciencia se dé en un ambiente pasivo, en ese instante la investigación desaparece, se muere de inmovilidad.

Ciencia es riesgo y los investigadores están capacitados para abrir nuevos campos y afrontar los cambios que la apertura implica. Habrá que crear las condiciones para que los investigadores de Aguascalientes tengan la capacidad suficiente para responder a los nuevos retos. El desarrollo científico será en el próximo siglo un fenómeno imprescindible y constituye una de las bases principales de nuestra esperanza social. Los investigadores de Aguascalientes, no obstante sus limitaciones personales e institucionales, ya han puesto su interés y entusiasmo para que en nuestro estado esto sea una realidad.

\* Salvador Camacho Sandoval es candidato a Doctor en Historia de América Latina por la Universidad de Illinois en Chicago y profesor en la Maestría en Educación de la UAA. El autor agradece los comentarios de Claudio H. Vargas.

<sup>1</sup> Primer Simposio Estatal. La investigación y el desarrollo tecnológico en Aguascalientes, 1994. Memorias, Instituciones participantes, Aguascalientes, México, agosto de 1994.

<sup>2</sup> Trubulse, Elías; Los orígenes de la ciencia moderna en México (1630-1680), FCE, México, 1994.

<sup>3</sup> UNESCO; "Primer reportemundial sobre la ciencia", Ciencia y Desarrollo, N: 116, CONACYT, México, mayo/junio de 1994, pp. 8-11.

<sup>4</sup> mdem, p. 9.

<sup>5</sup> James, Dilmus; "Science, Technology, and Development", Dietz, James & Dilmus D. James (ed); Progress Toward Development in Latin America. From Prebisch to Technological Autonomy, Lynne Rienner Publishers, Boulder & London, 1990, pp. 159-176.

<sup>6</sup> Los datos nacionales fueron obtenidos de SEP-CONACYT; Indicadores de actividades de ciencia y tecnología, 1993, CONACYT, México, 1993.

<sup>7</sup> Pérez Tamayo, Ruy; "Ciencia: lo que no se hizo en el sexenio", La Jornada, México, 29-VIII, 5-IX, 12-IX, 19-IX, 26-IX-1994.

<sup>8</sup> UAA; Sistema Regional de Información de las Actividades Científicas y Tecnológicas. Actualización 1993, UAA, Aguascalientes, México, 1994.

<sup>9</sup> Camacho, Salvador; "La UAA, veinte años después", Espacios, N: 14, ICA, Aguascalientes, México, marzo-abril de 1994, pp. 5-17.

<sup>10</sup> Ortiz, Yolanda; "La ciencia: un apasionante riesgo. Entrevista a Elías Trubulse", Información Científica y Tecnológica, Vol. 13, No. 177, junio 1991, pp. 51-58.

## DISEÑO OPTIMO DE TRES REACTORES BIOCATALITICOS EN SERIE MEDIANTE UN METODO NUMERICO

*Dr. Jorge Medina Valtierra/Departamento de Ingeniería Química/Instituto Tecnológico de Aguascalientes*

### RESUMEN

Como una alternativa a la evaluación gráfica se presenta un método analítico para el diseño óptimo de reactores tipo tanque en serie y su aplicación al diseño de reactores biocatalíticos. El procedimiento numérico usado se basa en ciertas consideraciones geométricas de las gráficas velocidad-conversión para una cinética específica de la reacción involucrada. Cuando se tienen programas de cómputo apropiados que facilitan la labor y dan una mayor precisión a los cálculos, el método puede resultar ventajoso con respecto a los métodos gráficos directo e indirecto.

### INTRODUCCION

Recientemente se ha visto un aumento considerable en la aplicación de reactores tipo tanque provistos de un lecho biocatalítico donde se inmovilizan enzimas o microorganismos con el fin de realizar reacciones biológicas. El propósito principal es descomponer contaminantes orgánicos<sup>1</sup> o inorgánicos<sup>2</sup> en aguas residuales con la formación final de compuestos volátiles como NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> que son eliminados fácilmente del fluido líquido.

El objetivo de este escrito es analizar el uso de tres reactores en serie debido a que se logra reducir notablemente el volumen o peso del biocatalizador para una misma eficiencia con respecto al uso de un solo tanque y porque no se justifica la compra de equipo auxiliar necesario para equipar un número mayor de tres reactores. Esto resulta aún mejor si se logra optimizar el peso de biocatalizador en cada reactor al

considerar la cinética de la reacción bioquímica involucrada, esto nos lleva a obtener la minimización del peso total del material biocatalítico requerido.

### METODOLOGIA ANALITICA

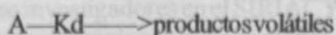
#### Fundamentos Teóricos

El tiempo-peso en el bioreactor con lecho inmovilizado (T) está dado por<sup>2</sup>;

$$T = m / F_s = (C_{s0} - C_s) / r \quad (1)$$

En este caso, T es un concepto análogo al manejado en un reactor químico catalítico<sup>3</sup>.

La descomposición del sustrato se ilustra así;



donde la expresión cinética que define la velocidad con que se realiza la descomposición se puede representar de una manera general como:

$$r = K_d [C_{s0}(1-X)]^n \quad (2)$$

Esta última se puede aplicar si el cambio de concentración del sustrato lleva una trayectoria constante para poder determinar K<sub>d</sub> a partir de datos experimentales. Esto evita manejar cinéticas complejas que son necesarias cuando se consideran los probables mecanismos de descomposición.