

LA CIENCIA Y EL ESTADO

Leopoldo GARCÍA-COLÍN SCHERER

I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se pretende hacer un análisis lo más objetivo y cuidadoso posible, en función del espacio disponible, con la finalidad de responder a una pregunta, aparentemente un tanto simple: ¿cómo ha fortalecido la ciencia el desarrollo del Estado mexicano? Para dar respuesta a la pregunta anterior es necesario, primero, definir con claridad lo que se entiende por Estado y, en seguida, interpretar correctamente la premisa que acompaña al “fortalecimiento” que puede proporcionar la ciencia al progreso y a la consolidación del Estado, lo que requiere de una lógica un tanto rigurosa para evitar desvíos, vaguedades y malas interpretaciones. Para ello procederé en orden histórico. Después de algunas definiciones conceptuales imprescindibles, abordaré el tema por periodos: 1820-1920, 1920-1929 y 1929-2009. Durante los dos primeros, como es fácil sospechar y de hecho probar, no ocurrió ninguna relación notable entre ciencia y Estado. Durante el último periodo a tratar, el problema requiere de un análisis más cuidadoso, el cual presentaré aludiendo específicamente a los sectores supuestamente más productivos, innegables candidatos a ser los contribuyentes más importantes a fortalecer dicha relación. Esto me llevará a señalar con resultados transparentes las tristes y lamentables conclusiones que reflejan la casi total inexistencia entre la buscada relación.

II. DEFINICIONES

No siendo un experto en materia legal, me limitaré aquí a tomar la definición tradicional de Estado, la cual, en un régimen federativo, establece que es la porción de territorio en la cual los habitantes se rigen por leyes propias, aunque sometidas en ciertos asuntos a las decisiones del gobierno general. En este sentido, de acuerdo con historiadores,¹ el primer Estado mexicano se constituyó (después de la malograda coronación de Iturbide en 1822 y la subsecuente rebelión de Santa Anna en diciembre del mismo año) el 31 de enero de 1824, ya teniéndose en mano la Constitución redactada unos meses antes.

Por otra parte, las llamadas ciencias naturales, que son a las que nos referiremos aquí, sólo dieron lugar a la Revolución Industrial a finales del siglo XIX, de manera que es difícil, si no imposible, cuantificar su influencia en la consolidación del Estado mexicano en años anteriores a su espectacular impacto en el desarrollo de los países europeos. Pero no son las ciencias mismas cuyo impacto queremos evaluar, sino al binomio a que dieron lugar y hoy conocido como el sistema de investigación y desarrollo (ID). Brevemente, el objetivo central de este sistema puede definirse como la combinación eficiente y objetiva que reduzca el tiempo de la investigación científica para maximizar el rendimiento de un producto, en general un satisfactor social, con base en su demanda. Esto implica controlar la calidad y la cantidad de ese (o esos) producto(s) para que su precio sea competitivo en el mercado. Es precisamente mediante esta faceta de la ciencia que un país refuerza su producto interno bruto (PIB) y, por lo tanto, le da seguridad y confianza a su Estado.

Con estas conceptualizaciones podemos ahora reformular la pregunta en forma más clara y precisa. ¿Tiene México un sistema de ID que haya contribuido de manera firme y progresiva al fortalecimiento del PIB? La respuesta es tajante: no lo ha tenido, no lo tiene y no se vislumbra su existencia en los próximos 50 años.

¹ *Nueva historia mínima de México ilustrada*, México, Secretaría de Educación y Gobierno del Distrito Federal y El Colegio de México, 2008.

Aparte de una razón muy poderosa y profunda que no habrá tiempo de discutir aquí, a saber, el pésimo nivel educativo que prevalece en el país, las otras razones las examinaré con detalle en las secciones subsecuentes.

III. PERIODO 1824-1929

Elijo este periodo como marco de referencia porque si, como ya mencioné antes, el primer Estado mexicano se establece en 1824, el segundo llamado Estado posrevolucionario nace en 1920, curiosamente influenciado de una manera poderosa por la clase media.¹ No es una tarea fácil evaluar la evolución de la ciencia en México, por una parte y del Estado por otra, pero sí es claro que la relación entre ambas fue prácticamente inexistente. En efecto, durante casi un siglo, el país estuvo plagado de inestabilidades, turbulencias, revueltas y otros fenómenos sociales que en poco o nada favorecieron el que la ciencia y la tecnología contribuyeran de una manera sistemática al desarrollo nacional. Ciencia existió a cuentagotas y fragmentada, pero existió. Tecnología, artesanal, primitiva, etcétera, también existió.²

En algún momento se llegaron a exportar 15 millones de pesos de plata al año, indicio de una minería productiva. La agricultura, por el contrario, padeció severos retrasos hasta el porfiriato y, fuera de algunas exportaciones de materias primas que bien pudieron contribuir a la economía del país, nada ocurrió en el sentido de un desarrollo tecnológico que fuese significativo. Pero no había realmente mucho que esperar. Hacia 1870, con una población de aproximadamente diez millones de habitantes distribuidos en los escasos 1.98 millones de kilómetros cuadrados del territorio nacional, con un altísimo porcentaje de analfabetismo, poco puede decirse de un progreso científico-tecnológico. Entre 1864 y 1870 aparecieron médicos, naturalistas, geógrafos y químicos que iniciaron una labor que redituaría beneficios muy posteriormente, a pesar del impulso

² Trabulse, E., *Historia de la ciencia en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 2008.

que recibió la entonces Comisión Científica, Literaria y Artística de México.

Fue en estas condiciones que inició el porfiriato, cubriendo un largo periodo de 34 años, de 1877 a 1911. Aunque los historiadores dividen la gestión política de Porfirio Díaz en dos periodos (etapas) por lo que al desarrollo económico concierne, muy poco puede decirse de la ingerencia sobre su economía de un incipiente sistema de ID. Ya desde entonces se pone de manifiesto y de manera muy clara, el afán del desarrollo de una economía basada en la exportación de materias primas agrícolas y minerales. Baste para ello citar dos ejemplos. El primero es el petróleo; desde los últimos años del siglo XIX hasta 1908, periodo en que la producción fue relativamente pequeña; y a partir de 1908, año en que se descubre la “Faja de Oro” y otros campos gigantes,³ surge la llamada “época depredadora”. Los cuantiosos recursos obtenidos fueron derrochados y sólo sirvieron para enriquecer a compañías extranjeras.⁴ Algo similar ocurrió con la industria minera; hay que recordar que los 885 kms. de líneas ferroviarias que existían en 1885, aumentaron a 19,280 kms. en 1910, todo este trazo realizado por compañías extranjeras, muchas de ellas asociadas con el resurgimiento de la minería. De hecho, es bien cierto que en términos de los legados que el porfiriato le dejó a México, simplemente no se puede contar, a pesar del indudable crecimiento económico y la estabilidad política, el establecimiento de un sistema de ID, ni siquiera en su forma más raquíta.

En 1910, año en que se inició la Revolución mexicana, surge otro periodo en el que a pesar de que se idealizaría la lucha por una sociedad equitativa, la distribución más justa de la riqueza, la reivindicación del campesinado y del sector obrero, una educación laica y de fácil acceso para todos los sectores sociales, y muchos otros beneficios, la realidad mostró otra faceta. No es sin embargo éste el

³ Barbosa Cano, F. *et al.* (coords.), *Pemex, presente y futuro*, México, Plaza y Valdés, 2008; Silva Herzog, J., *El petróleo de México*, México, El Colegio Nacional, Obras Completas, 2007, vol. 7; Brown, J. C., *Petróleo y revolución en México*, México, Siglo XXI Editores, 1998.

⁴ Brown, J. C., *Petróleo y revolución en México*, *cit.*, nota anterior.

lugar para revisar estos aspectos, su análisis fue llevado a cabo por Daniel Cosío Villegas en un artículo que hoy en día tiene mucha vigencia.⁵

Un paso que podría haber marcado una mejor comprensión de la importancia que tiene para un país poseer un sólido sistema de ID, fue la designación de José Vasconcelos como primer secretario de Educación Pública. Para él, la revolución debería ser moral y fuertemente arraigada en la idea de la educación, no sólo como instrucción escolar, sino además cultural y extracurricular. Lamentablemente su gestión no tuvo el impacto que se merecía y paulatinamente perdió vigencia y vigor. Así pues, a pesar de que el nuevo Estado posrevolucionario nace en 1920, su impacto en el desarrollo científico-tecnológico del país fue prácticamente nulo. Para decirlo en palabras desnudas: hasta 1929 en México no existía ni remotamente el ambiente necesario para fomentar la investigación científica ni el desarrollo tecnológico. Habíamos logrado ser incluidos, meritoriamente, en el grupo de los países subdesarrollados. Ahora la pregunta es: ¿hemos logrado un avance significativo en superar esa situación en los últimos años? Tal es el tema de la siguiente sección.

IV. PERIODO 1929-2009

Si fuera necesario buscar una respuesta a la interrogante planteada en la sección anterior, a saber, ¿por qué en los cien años que transcurrieron entre los nacimientos de los sendos Estados mexicanos nadie se preocupó por desarrollar la innovación tecnológica en el país?, ésta no se haría esperar.

Siempre tendemos a culpar a otros de nuestras desgracias. No nos desarrollamos por la enorme influencia ejercida por nuestros poderosos vecinos del norte y de algunas potencias europeas al obligarnos a satisfacer su demanda, no sólo de nuestro petróleo y minerales, sino también de muchas otras materias primas. Esto es claramente falso. Hubo esta presión, sí, pero nadie forzó a los miopes y torpes

⁵ Cosío Villegas, D., "La crisis de México", *Cuadernos Americanos*, marzo-abril de 1947, año VI, vol. 32, p. 29.

dirigentes políticos a no percibir o a ignorar los elementos esenciales para llevar a cabo una revolución industrial. Tampoco nos forzaron a realizar la muy tardía reapertura de la Universidad Nacional Autónoma de México e instituciones similares, donde no sólo se educan y forman los jóvenes talentos, sino que también se identifican cuáles son las ramas del saber que mayor impacto tienen en el desarrollo de un país. Éstas y otras decisiones definieron el foro sobre el cual se inició este último periodo. En él, para nuestra desgracia, tampoco se lograron generar los frutos más deseables. Veamos primero someramente la sociología asociada con los actores de la obra por desarrollarse en dicho foro.⁶ En 1930 había aproximadamente 17 millones de habitantes en el país, cifra que se cuadruplicó en un lapso de 40 años. A raíz de la Segunda Guerra Mundial se comienza la industrialización, fomentada por una política en favor de la sustitución de importaciones. Ya nacionalizado el petróleo en 1938 y hasta 1976, la producción de crudo fue prácticamente destinada a satisfacer las necesidades nacionales. En esos casi 40 años sólo se exportaron 230 millones de barriles. A modo de comparación, este volumen se exportó en sólo cuatro meses de los gobiernos Fox-Calderón.

A pesar de que hasta mediados del siglo XX, el 97% de las empresas mineras que operaban en el país eran inglesas o estadounidenses, la producción minera fue notable. En metales preciosos las exportaciones fueron cuantiosas; sólo en 1951 se produjeron 1,150 toneladas métricas de plata, el 57% de la producción mundial. Se exportaron también y en forma significativa plomo, zinc, cobre y aluminio. En ese mismo año se produjeron 40,000 toneladas métricas de azufre y existen en el país reservas probadas de 9,000 toneladas métricas de minerales de uranio sin que, oficialmente, se hayan aprovechado hasta la fecha. Más aún, de los metales más importantes como el hierro, después del consumo nacional, se ha exportado el resto en forma de minerales en bruto. La plata, de gran demanda

⁶ Abortes Aguilar, L., "El último tramo: 1929-2000", *Nueva historia mínima de México ilustrada*, Secretaría de Educación, Gobierno del Distrito Federal y El Colegio de México, 2008, p. 470.

en las empresas artesanales, es también un producto de exportación. Hasta 1960 la única empresa mexicana que generó una tecnología de frontera fue Aceros Monterrey, la cual, durante los años cuarenta del siglo pasado generó en el seno de la empresa HYLSA el famoso “fierro esponja”.

Por otra parte, durante este periodo, sobre todo desde 1946, la gran prioridad del gobierno fue industrializar al país. Los logros, muchos para relatar aquí en detalle, están incluidos en lo que se llamó la “época de oro del capitalismo”. Entre 1946 y 1970 la tasa de crecimiento anual del PIB era del 6%; la deuda externa apenas llegaba a 649 millones de dólares, las inversiones gubernamentales en infraestructura, energía y comunicaciones fueron generosas y además, la inversión privada aumentó con base en una economía protegida de la competencia externa.

En materia de tecnología surgió la famosa compañía Ingenieros Civiles Asociados (ICA) que no sólo ha ocupado una posición líder en materia de ingeniería civil, sino que dio lugar además al desarrollo de algunas ciencias subyacentes como la de mecánica de suelos, la sismología y algunos aspectos de la geofísica de los cuales hasta hoy, México puede sentirse orgulloso. Este éxito no deja de plantear una pregunta: ¿y por qué no ocurrió algo similar con Pemex, con la minería, con muchas industrias químicas, de alimentos, farmacéuticas y otras? A esta pregunta regresaremos más adelante

Entre 1930 y 1970 se vivió una época de bienestar y progreso en el país, que paulatinamente dejó de ser cierta y ha decaído hasta la situación actual por una multitud de factores, los cuales no analizaremos aquí.⁷⁸ Pero es curiosamente en los albores de los años sesenta del siglo pasado cuando se toma conciencia clara de que la materia más generosa, inagotable y vendible a precios sin límite es el “saber cómo” (*know-how*) asociado con cualquier proceso innovador, *v. gr.*,

⁷ Pérez García, A., “Pemex Petroquímica; situación actual y perspectivas”, en Barbosa Cano, F. *et al.* (coords.), *Pemex: presente y futuro*, *cit.*, nota 3, p. 179; Elizondo Mayer-Serra, C. y Cota Meza, R., “Grandes problemas nacionales”, en *Letras Libres*, año 21, núm. 130, octubre de 2009, p. 50.

con una tecnología. Este evento está claramente descrito en dos premisas:

1. La inversión pública y privada en educación y en el sistema ID ha contribuido a la acumulación de los conocimientos requeridos para exportar manufacturas de habilidades refinadas.
2. Ciertamente un conocimiento amplio se ha convertido en la piedra fundamental para edificar sociedades contemporáneas. Una inversión sostenida y sustentable en educación y entrenamiento son requeridos para la edificación de las, así llamadas, economías intensivamente ligadas al saber.

El gran éxito de los países del este de Asia, empezando por Japón, Corea, Taiwán, Singapur y más recientemente China e India, son un vivo ejemplo de una perfecta asimilación de estos principios. Con excepción de Japón, los últimos cinco tenían hace 50 años una posición muy inferior a México en cuanto a desarrollo socio-económico. Hoy, en materia de progreso derivado de la innovación científica y tecnológica, nada tenemos que hacer junto a ellos. Sólo voy a dar un ejemplo. En 1990, el sistema ID de México estaba distribuido el 40% en las universidades, 55% en el gobierno y 5% en la industria. En Corea del Sur 75% estaba en la industria y sólo el 10% en las universidades. El gobierno absorbía el 2% y el restante pertenecía a organismos descentralizados. En Singapur, 50% estaba en la industria, 20% en las universidades y 30% en el gobierno. Estos son los dos factores que fueron ignorados y/o despreciados por la sociedad mexicana, gobernantes y empresarios que en México, la gran mayoría, son sinónimo de comerciantes.

¿Y el auge en la época del milagro económico? Ese es muy fácil de explicar. Después de la Segunda Guerra Mundial, el acceso a las tecnologías era relativamente barato. No eran tan sofisticadas, relativamente fáciles de adaptar y también de adquirir. No hay una sola industria nacional, petrolera, química, de alimentos, o farmacéutica que no se haya desarrollado con tecnología extranjera.

Sólo para dar una prueba fehaciente de esta afirmación examinaremos lo que se conoce como “coeficiente de inventiva”, el número de solicitud de patentes nacionales por cada 10,000 habitantes, del que resulta la medida en que un país depende de sus inventos. De acuerdo con el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, entre 1995 y 2004, este coeficiente se ha mantenido constante en ¡0.05! A este hecho se le puede bautizar como el “principio de conservación de la mediocridad”. Todavía otro dato: de acuerdo con el Reporte Global de Competitividad 2009-2010, ocupamos el lugar número 60, entre Panamá y Turquía. India ocupa el lugar 59 y China el 29. Sobra hacer comparaciones adicionales con otros países, las cuales están a disposición del lector.⁸

Surge la pregunta de ¿qué ocurrió con empresas que no dependían del colonialismo tecnológico extranjero?, y que las había, sobre todo en el sector farmacéutico. Aunque ya sea un hecho histórico nefasto como lo fue, merece el siguiente comentario. Entre 1930 y 1940, impulsadas por la muy antigua tradición que existía entre las tribus indígenas del país de utilizar la riquísima flora nacional en productos con propiedades medicinales, surgieron varias empresas farmacéuticas completamente nacionales que se dedicaron a extraer los principios curativos de dichas plantas, realizar la farmacodinamia correspondiente y elaborar medicamentos muy bien dosificados. Estas pequeñas industrias desarrollaron *in situ* su propia tecnología; eran empresas 100% mexicanas. ¿Qué ocurrió con ellas? Para 1970 no quedaba ninguna, tuvieron que cerrar al no tener la capacidad económica ni tecnológica para competir con las grandes compañías que, como maquiladoras, se establecieron en el país gracias a la indiferencia, miopía y hasta codicia de las autoridades gubernamentales que “impulsaron” la industrialización de México. Ni Syntex, la más famosa y poderosa de ellas, sobrevivió a esta política.⁹

⁸ *Actividades científicas y tecnológicas*, México, Conacyt, 2008; *INFO-SNI, Boletín Informativo*, año 4, núm. 7, noviembre de 2007.

⁹ Kleiche-Dray, M. y Casas-Guerrero, R., *Redes*, Buenos Aires, núm. 14, 2008, pp. 47-73.

En el ramo de la industria química la situación no es más halagüeña a pesar de que, por lo menos hasta 1992, se consideró uno de los sectores más importantes de la economía nacional. Este hecho, sin embargo, no la constituye como un motor de la investigación científica y, mucho menos, de la innovación tecnológica. No es aquí el lugar para entrar en una discusión detallada de las diferentes modalidades que comprende; están exhaustivamente discutidas en diversos escritos,¹⁰ pero sí vale la pena insistir en algunos puntos medulares respecto a su influencia en el sistema de ID.

Las cinco industrias químicas más importantes del país son la de petroquímicos básicos, petroquímicos intermedios, resinas sintéticas, fibras artificiales y sintéticas, hules sintéticos y químicos. Las dos primeras, analizadas en detalle en *Catálisis y petroquímica*,¹¹ han sido, casi en su totalidad, dependientes de la tecnología extranjera. Basta mencionar que, por lo menos hasta hace cuatro años, no existía en México ninguna institución de educación superior que ofreciera estudios, ni de licenciatura ni de graduados, en la química del petróleo. Nuestros profesionistas en estas ramas eran (y son) operadores, lectores de manuales y administradores. Para reforzar esta tesis, baste señalar que todavía hoy a la química se le considera como un área de la ciencia ¡asociada a la biología!, así que de los 2,179 investigadores que el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) reconocía en 2006, sólo un porcentaje muy pequeño pertenece a la química, y para hacer esta tesis todavía más drástica, vale la pena mencionar que en 2007 y 2008 las universidades estadounidenses graduaron a 2,042 y 2,051 maestros en ciencias químicas y a 2,462 y 2,362 doctores en química, respectivamente. En ingeniería química las cifras son de 952 y 936 con grado de maestría y 878 y 885 con grado de doctor, respectivamente. Sobra hacer una comparación con las cifras correspondientes, derivadas de las universidades nacionales en esos

¹⁰ Novaro, Octavio (coord.), *Catálisis y petroquímica*, México, El Colegio Nacional, 1997; Kleiche-Dray, M. y Casas-Guerrero, R., *Redes*, cit., nota anterior.

¹¹ Novaro, Octavio (coord.), *Catálisis y petroquímica*, cit., nota anterior.

mismos dos años. Esto no es sólo grotesco, sino que es doloroso y además es un absurdo imperdonable.¹²

En resinas sintéticas poco hay que decir, aunque ya desde hace diez años y debido a la crisis, la producción nacional no satisface la demanda interna. En la fabricación de hules, México cuenta con una industria nacional que surgió de la fusión de Hules Mexicanos con Negromex, hoy ubicada en Altamira, Tamps., que tiene el gran mérito de haber hecho un esfuerzo enorme para desarrollar e innovar tecnología *in situ*. No obstante, una buena parte de ésta, la industria de hules, que en México estaba formada por maquiladoras de grandes compañías extranjeras, se ha ido del país. En resumen, en cuanto a su aportación a la consolidación del sistema ID en la rama de la química, de importancia vital y estratégica para el país, la industria química ha brillado por su ausencia. Que esta situación es ya como dije, patética, se desprende de las mismas cifras publicadas en el *INFO-SNI*.¹³ La estimación del número total de investigadores para 2008 era de 15,000 en cifras redondas; de éstos, 690 eran del área II, biología y química donde, obviamente, domina la primera. Para una población de 107 millones de habitantes, el resultado es de 6.5 investigadores en estas ciencias ¡por cada millón de habitantes! Creo, sobran los comentarios. En total, tenemos escasamente un investigador por cada diez mil habitantes. Estamos sumergidos en un subdesarrollo, al parecer, insalvable.

Otro ejemplo que no debe pasarse por alto es el tenor general de la industria en México durante los últimos 30 años. Los gobiernos, en palabras de un notable economista¹⁴ se han ido acabando los recursos, sin tener claro un proyecto de país. Acabaron con la industria, sobre todo la manufacturera y le quitaron el gran motor que impulsó a la economía mexicana por décadas. Hoy, en México apenas significa el 17% del PIB, cuando llegó a ser más del 22% en los

¹² *Actividades científicas y tecnológicas, cit.*, nota 8.

¹³ *Boletín Informativo, cit.*, nota 8.

¹⁴ María y Campos, M. de, *El desarrollo de la industria manufacturera en su encrucijada; entorno macroeconómico, desafíos estructurales y política industrial*, México, UNAM, 2009.

años ochenta. Esta caída brutal significa un retroceso que nos coloca en desventaja, como ya se mencionó, inclusive con países como Brasil, China e India. ¿Cuál es la fórmula que falló al respecto? En dichos países fueron ganas y decisión, es decir voluntad política, trabajo intenso, ahorro, inversión, educación y tecnología. En los tres últimos, por lo menos nuestros niveles son paupérrimos, sobre todo en educación, sin la cual no hay ni ciencia, ni tecnología.

Aunque me podría extender casi sin límites mencionando ejemplos que ilustran en forma contundente nuestro enorme retraso científico y tecnológico, me parece que con los ya citados, el juicio que podemos extraer es contundente. México no ha contado, ni cuenta, con un sistema de ID que haya sido útil en la consolidación del Estado mexicano, en particular al fortalecimiento del PIB. Las aportaciones a este renglón del petróleo y otras industrias radican hoy todavía en el licenciamiento de tecnología extranjera. Hoy estamos pagando esta enorme deficiencia; la industria en general va desmoronándose paulatinamente y estamos dando entrada a un colonialismo extranjero total. También estamos viviendo el correspondiente impacto económico, a pesar de los enormes esfuerzos con que nuestros políticos y administradores tratan de ocultarlo.

V. EL FUTURO DEL SISTEMA DE ID

El optimismo sigue siendo un factor de autocomplacencia para muchos mexicanos. De ellos, los optimistas, puede surgir la pregunta acerca de si dentro de un plazo razonable, digamos dos o tres décadas, México no pudiese corregir este sinnúmero de desaciertos y superar su retraso a través de un proceso sólido de innovación tecnológica. Voy primero a dar algunos ejemplos para ilustrar de manera concreta qué implica este cuestionamiento. Empezaré por un problema que ha sido ampliamente divulgado, sobre todo por la Presidencia de República: la nueva planta de refinación para Pemex planeada para construirse en el centro-norte del país, con un costo de diez mil millones de dólares. Al ciudadano promedio esto puede parecerle un magnífico proyecto, pero a quienes conocen un poco

esta industria, incluyendo la situación “crítica” de nuestras reservas, les podrían asaltar ciertas dudas. Por ejemplo, la última refinadora que se construyó en México data de 1979. En ese entonces se contaba, por lo menos, con una sólida estructura en la ingeniería requerida; la poseían Pemex, el IMP, Bufete Industrial y otros grupos de ingeniería. Hoy, 31 años después, todos estos ingenieros o se jubilaron, fallecieron o se dedicaron a otra actividad. De acuerdo con la Dirección Corporativa de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos de la paraestatal, para los proyectos por llevar a cabo entre 2010 y 2015, se requerirán 20 millones de horas/hombre, además de los ocho millones que ya tiene; 3,900 ingenieros en promedio al año y 5,600 más entre 2012 y 2013.¹⁵ Adivine el lector por qué la proyectada refinadora va a salir tan costosa. Piense además si el sistema educativo puede generar a esta población de ingenieros calificados para estos quehaceres. Y no hablemos de la parte química de la planta, fuertemente dominada por procesos catalíticos.¹⁶ Sólo como un dato curioso, en México nunca se ha fabricado un catalizador para usos industriales.¹⁷ ¿De quién dependemos entonces? Para darle jaque mate a este argumento veamos a la competencia. La compañía Exxon-Mobil gasta mil millones de dólares al año en su sistema de ID, asociado sólo con proyectos petroquímicos y emplea 15,000 investigadores, ¡los que tenemos en todo el país en todas las ramas del conocimiento!

Algo similar se presentaría si, adoptando las nuevas corrientes que se están impulsado en nuestro vecino del norte, se decidiera construir otras centrales nucleares. Las plantas de Laguna Verde datan de hace más de 25 años y en ellas intervinieron cientos de ingenieros y téc-

¹⁵ Hernández, Alma, “Golean a Pemex. Fallas de ingeniería”, *La Jornada*, 29 de Julio de 2009.

¹⁶ García-Colín, L., “Investigación tecnológica y petróleo”, *Memoria 2008*, México, El Colegio Nacional, 2009, p. 183; *id.*, *La industria petrolera: cien años de desaciertos y depredaciones, volumen conmemorativo del Bicentenario*, México, El Colegio Nacional, 2010 (en prensa).

¹⁷ Domínguez V., N. y Zavala O., Y., “Investigación y desarrollo tecnológico en la industria petrolera mexicana”, en Barbosa Cano, F. *et al.* (coords.), *Pemex, presente y futuro*, *cit.*, nota 3, pp. 322-328

nicos mexicanos con quienes la compañía que licenció la ingeniería y tecnología subyacentes, la compartió casi en su totalidad. Si este proyecto nucleoelectrico no se hubiera detenido, hoy podríamos estar construyendo plantas similares con un altísimo porcentaje de tecnología nacional. Lamentablemente, esos cuadros de especialistas ya no existen y la energía nuclear que será requerida para el futuro volverá a depender de la tecnología extranjera.

Otro ejemplo que exhibe con toda claridad el lamentable Estado, no sólo de carácter tecnológico, sino también de ignorancia de su problemática, surgió en las tristes y deplorables discusiones que se llevaron a cabo durante la llamada “reforma energética”. El punto esencial está relacionado con las cifras que oficialmente se manejaron sobre las reservas petroleras del país. En ese foro, un llamado experto sobre el tema afirmó que el petróleo duraría, a la tasa de explotación actual, otros diez años. Esta afirmación está en total contradicción con las cifras publicadas en los últimos años por la Oficina de Exploración Geológica de los Estados Unidos que, a mi juicio, es mucho más confiable que Pemex. Son tres los argumentos críticos. Primero, aun con el uso de las tecnologías más modernas con que se cuenta, en promedio no más del 35% del petróleo existente en un campo petrolero puede extraerse. Ello implica que en los campos ya existentes en México *v. gr.* Faja de Oro, Poza Rica, etcétera, dos terceras partes del petróleo permanecen en el subsuelo. En segundo lugar, únicamente una tercera parte de las cuencas de sedimentación del planeta, esto es, formaciones geológicas donde puede existir petróleo, han sido exhaustivamente exploradas y muchas de ellas están localizadas en el territorio nacional. En tercer lugar, si bien es cierto que el petróleo fácil se está agotando, las reservas reales en México superan por mucho la cifra oficial, pero carecemos completamente de todo el avance tecnológico de los últimos años para extraer el petróleo remanente en los campos conocidos y en los “difíciles” *e. g.* Chicontepec. Cuando el precio del barril en el mer-

cado supere el costo de producción de un barril de petróleo “difícil”, tendremos que enfrentar de nuevo el dilema y esto conducirá fatalmente a depender de la tecnología extranjera.¹⁸

Veamos un último ejemplo. La poderosa compañía brasileira Braskem y el grupo Idesa ganaron una subasta de materia prima proveniente de Pemex que utilizarán para desarrollar un nuevo complejo petroquímico en México. Este proyecto estará controlado por Braskem y será destinado a construir un desintegrador (*cracker*) de etileno con un costo de 2,500 millones de dólares. La planta, que será ubicada en Coatzacoalcos, Veracruz, tendrá una capacidad anual para procesar un millón de toneladas métricas de etileno, además de plantas adicionales conectadas en línea para polietileno. Es curioso que surja un proyecto con estas características, cuando en el sexenio de Vicente Fox un proyecto similar, en el cual participarían la compañía canadiense Nova, además de las mexicanas Idesa e Indelpro, fue cancelado. Sólo para reforzar la pérdida de liderazgo de Pemex en este tipo de proyectos, vale la pena mencionar que Braskem está planeando instalar proyectos petroquímicos similares en Venezuela, Perú y el mismo Brasil.¹⁹

Situaciones como las arriba mencionadas abundan en prácticamente todo el sector productivo del país, cuyo PIB depende fuertemente del turismo, las remesas enviadas por los inmigrantes de los Estados Unidos y el petróleo. Esta situación no es fácil de solucionar. No en balde, como hicimos notar en páginas anteriores, nuestros índices de innovación y competitividad son vergonzosos. Por otra parte, nuestro sistema de ID está a la par de mal que la situación del sector productivo. De acuerdo con las cifras del SNI, el número total de egresados en los tres niveles de posgrado, a saber, especialización, maestría y doctorado, fue de 1,637 en ciencias exactas y naturales, 1,146 en tecnologías y ciencias agropecuarias y 7,267 en tecnologías y ciencias de la ingeniería; 10,050 en total. Con esta

¹⁸ Maugeri, L., *Scientific American*, vol. 301, octubre de 2009, p. 36; Maldro, R. (ed.), *Oil in Twenty-first Century; Issues, Challenges and Opportunities*, Oxford, Oxford University Press, 2006.

¹⁹ *Chem. Eng. News*, vol. 87, núm. 16, noviembre de 2009, p. 16.

tasa, si se mantuviera constante, llegaríamos a 300,150 en 30 años. Para alcanzar un nivel de competitividad como el de India o China, necesitaríamos 350,000 investigadores en estas disciplinas. Con un sistema educativo anacrónico, obsoleto y falto de una planeación futurista, este objetivo parece difícil de ser logrado. En 50 años quien sabe, pero para entonces los otros países habrán avanzado significativamente. ¿Se puede ser optimista? Mi opinión personal es, usando una expresión cotidiana, a México se le fue el tren hace muchos años y difícilmente saldremos del subdesarrollo.

VI. APÉNDICE. LA INVESTIGACIÓN INDUSTRIAL

Decidí tocar este tema en un apéndice para no distraer al lector de la línea de pensamiento en él vertida. En sí se trata de saber qué se entiende por investigación industrial (ID), sobre todo en México.

El sistema de ID está compuesto, en general, por científicos e investigadores que realizan sus investigaciones en diversas instituciones. Cuando a la industria se refiere, la conceptualización de la investigación que en ella se realiza no es unívoca, ni sigue un patrón general y, más aún, es fuertemente cambiante con la naturaleza misma de la industria y con el tiempo. En los Estados Unidos, país con el cual es más fácil hacer comparaciones, el primer laboratorio industrial se desarrolló en 1900 en la General Electric. Su director y primer investigador fue un brillante ingeniero electricista germano-norteamericano, Karl P. Steinmetz, y su tarea fue precisamente la de utilizar el conocimiento científico en la producción de bienes propios de una industria. A esta iniciativa y por las siguientes siete décadas, siguieron muchos ejemplos: AT&T, Bell Labs, IBM Research Center, Ford Motors Co., Boeing, Eastman Kodak, por mencionar algunos. Pero además las industrias farmacéuticas, químicas, petroleras, alimenticias, etcétera, también ingresaron, aunque con modalidades un poco diferentes, a esta cadena. Sin lograr un consenso claro y mucho menos unívoco sobre cómo conducirse, en estas instituciones se consideraba a la investigación como un objetivo a largo plazo, y al desarrollo y a la producción objetivos a corto plazo;

un problema fuertemente ligado era el financiamiento de las actividades relacionadas con la investigación.

Estas instituciones empezaron a cambiar su política de ID después de los años ochenta del siglo XX. No es posible aquí entrar en mucho detalle sobre los factores que activaron el cambio, pero es importante apreciar que hoy, 30 años después, la situación es muy diferente. Muchos de estos centros de investigación, sobre todo los asociados con la industria de productos acabados, desde componentes electrónicos, aparatos eléctricos y de comunicación, hasta automóviles, simplemente cerraron. Los Bell Labs., que se jactaban de ser el centro de investigación más académico y de mayor prestigio, famoso entre otras cosas por su lema “haz lo que tú quieras, nosotros no te molestaremos”, hoy subsiste pero con un lema diferente “sólo puedes trabajar en los proyectos de interés para la compañía”. La prioridad es la producción y, por tanto, la solidez financiera de la compañía. Más aún, este tipo de empresas han cambiado su enfoque hacia la adquisición de conocimiento. Conscientes de que éste puede generarse en cualquier ámbito, sobre todo en el académico, mantienen grandes equipos de investigadores que se encargan de sondear estos medios y, ya sea a través de convenios, o bien de una adquisición más directa, pueden hacerse de dicho conocimiento y enfocarlo a sus propios fines. Así que no es extraño ver ahora que los viejos grandes laboratorios están remplazados por modernos centros de cómputo. Es precisamente a través de la comunicación electrónica adecuadamente organizada que este tipo de información puede llegar a sus manos.

Estas modalidades han afectado en mucho menor proporción a la industria química y farmacéutica. Por la naturaleza de sus productos, el binomio investigación-desarrollo es mucho más estrecho y en particular el “saber cómo” que deriva de las plantas o proyectos piloto, hace casi imprescindible su combinación. El mejor ejemplo lo constituyen las grandes firmas petroquímicas como Exxon Mobil, Standard Oil, Shell y otras, en las cuales el desarrollo de procesos, tanto de refinación como petroquímicos, crece a la par que la investigación subyacente.

En resumen, hablar de investigación industrial no es hablar de una problemática ya bien establecida y con patrones rígidos. Los corporativos que desean impulsarla tienen que buscar sus propios medios para optimizar los resultados a largo plazo, con los beneficios a corto y mediano plazo. En este renglón es en el cual en nuestro país hay muy poca experiencia y, tristemente, voluntad de desarrollarlo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ABORTES AGUILAR, L., “El último tramo: 1929-2000”, *Nueva historia mínima de México ilustrada*, Secretaría de Educación, Gobierno del Distrito Federal y El Colegio de México, 2008.
- Actividades científicas y tecnológicas*, México, Conacyt, 2008.
- BROWN, J. C., *Petróleo y revolución en México*, México, Siglo XXI Editores, 1998.
- COLMENARES CÉSAR, F. *et al.* (coords.), *Pemex, presente y futuro*, México, Plaza y Valdés, 2008.
- COSÍO VILLEGAS, D., *La crisis de México*, Cuadernos Americanos, año VI, vol. 32, marzo-abril de 1947.
- Chem. Eng. News*, vol. 87, núm. 16, noviembre de 2009.
- DÁVALOS, J. J., “Fortaleza y debilidad de las finanzas de Petróleos Mexicanos”, en COLMENARES CÉSAR, F. *et al.* (coords.), *Pemex, presente y futuro*, México, Plaza y Valdés, 2008.
- DOMÍNGUEZ V., N. y ZAVALA O., Y., “Investigación y desarrollo tecnológico en la industria petrolera mexicana”, en COLMENARES CÉSAR, F. *et al.* (coords.), *Pemex, presente y futuro*, México, Plaza y Valdés, 2008.
- ELIZONDO MAYER-SERRA, C. y COTA MEZA, R., “Grandes problemas nacionales”, *Letras Libres*, año 21, núm. 130, octubre de 2009.
- GARCÍA-COLÍN, L., “Investigación tecnológica y petróleo”, *Memoria 2008 de El Colegio Nacional*, México, El Colegio Nacional, 2009.

- , *La industria petrolera: cien años de desaciertos y deprecaciones*, volumen conmemorativo del Bicentenario, México, El Colegio Nacional, 2010 (en prensa).
- , *Realidad y demagogia en la tecnología nacional*, México, Editorial Premia, 1989.
- GARRITZ RUIZ, Andoni (comp.), *Química en México. Ayer, hoy y mañana*, México, UNAM, 1991.
- HERNÁNDEZ, Alma, “Golean a Pemex. Fallas de ingeniería”, *La Jornada*, 29 de julio de 2009.
- INFO-SNI, *Boletín Informativo*, año 4, núm. 7, noviembre de 2007.
- KLEICHE-DRAY, M. y CASAS-GUERRERO, R., *Redes*, Buenos Aires, núm. 14, 2008.
- “La visión global”, *Boletín de Análisis y Opinión*, México, año 2, núm 21, noviembre de 2009.
- MALDRO, R. (ed.), *Oil in Twenty-First Century; Issues, Challenges and Opportunities*, Oxford University Press, Oxford, 2006.
- MARÍA Y CAMPOS, M. de, *El desarrollo de la industria manufacturera en su encrucijada; entorno macroeconómico, desafíos estructurales y política industrial*, México, UNAM, 2009.
- MAUGERI, L., *Scientific American*, vol. 301, octubre de 2009.
- NOVARO, Octavio (coord.), *Catálisis y petroquímica*, México, El Colegio Nacional, 1997.
- Nueva historia mínima de México ilustrada*, Secretaría de Educación, Gobierno del Distrito Federal y El Colegio de México, 2008.
- PÉREZ GARCÍA, A., “Pemex Petroquímica; situación actual y perspectivas”, en COLMENARES CÉSAR, F. et al. (coords.), *Pemex, presente y futuro*, México, Plaza y Valdés, 2008.
- SILVA HERZOG, J., *El petróleo de México, Obras Completas*, México, El Colegio Nacional, 2007, vol. 7.
- TRABULSE, E., *Historia de la ciencia en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 2008.
- ZAID, G., *La economía presidencial*, México, Editorial Océano de México, 2000.