

LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA DEL PETRÓLEO: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS EN MÉXICO

LEOPOLDO GARCÍA-COLÍN SCHERER

Cuando uno considera concienzudamente en toda su amplitud, el problema de la educación de la juventud de una nación, las vidas truncadas, las esperanzas derrotadas los fracasos nacionales que surgen de la frívola inercia con que se ha abordado este problema resulta difícil contener una ira salvaje. En las condiciones de la vida moderna la regla es absoluta: una raza que no sabe valorar la inteligencia entrenada, está condenada. Ni todo su heroísmo, ni todo su encanto social, ni todo su ingenio, ni todas sus victorias terrestres y marítimas pueden cambiar de lugar el dedo del destino. En el presente subsistimos; en el futuro la ciencia habrá dado un paso más y sobre el juicio que entonces se pronuncie sobre los ignorantes, no habrá apelación alguna.

SIR ALFRED N. WHITEHEAD

INTRODUCCIÓN

LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA del petróleo constituyen una de las actividades más complejas que la mente humana ha desarrollado en los últimos cien años. Como ciencia es, indudablemente, una de las más interdisciplinarias. En ella intervienen todas las ciencias básicas; matemáticas, física, química y biología; la lista de ciencias aplicadas que aportan su contribución es larga de enumerar pero abarca desde la geofísica y la geología hasta la electrónica, la economía, la sociología y las ciencias de la administración. Como tecnología está compuesta de la multitud de procesos que constituyen las cinco fases principales en que podemos subdividir la producción y transformación industrial del petróleo: la exploración, la explotación, la refinación, la petroquímica y la investigación y desarrollo. Es posible que en cuanto a

* Miembro del Colegio Nacional y ex subdirector del Instituto Mexicano del Petróleo.

complejidad y diversidad sólo compita con ella la ciencia y la tecnología del espacio que tan notable desarrollo ha tenido en las tres últimas décadas. De aquí se desprende, de manera obvia, que es una labor imposible para una sola persona, y en un espacio reducido, poder hablar con autoridad de todas y cada una de las actividades que componen esta importante rama del conocimiento humano.

El objetivo principal de este trabajo es, pues, un tanto modesto. Sin entrar en una exposición detallada de todos los temas se desea presentar, al no especialista en la materia, una idea muy somera de cuáles son los ingredientes científicos y técnicos más relevantes que se emplean en las tecnologías más utilizadas en las cuatro primeras fases que constituyen la producción industrial ya citadas en el párrafo anterior. En seguida se intenta exponer, también de manera breve y cualitativa, cuál es nuestra posición muy particular en cuanto a la potencialidad actual del país para poder asimilar, reproducir y desarrollar nuevos procesos en las diferentes fases de la utilización del petróleo. Una evaluación mucho más detallada nos permitiría, en principio, llevar a cabo una cuantificación más objetiva del camino a seguir para lograr una independencia tecnológica, al menos parcial, congruente con nuestros recursos humanos, materiales y económicos. Pero esta labor no podría llevarse a cabo de manera individual y sería por lo tanto presuntuoso adoptar una posición profética respecto a los puntos de vista aquí vertidos. Consecuentemente, deben tomarse éstos como indicativos de la situación que prevalece en nuestros medios técnicos y científicos, pero ciertamente no son la última palabra al respecto.

Para facilitar la lectura del documento, se ha dividido el trabajo en siete secciones. Las cinco primeras corresponden a las fases más importantes de la tecnología petrolera; la exploración, la explotación, la refinación, la petroquímica y la investigación y desarrollo. La sexta sección contiene algunos comentarios sobre la importancia que tiene la investigación básica en la ciencia del petróleo, un aspecto que se ha ignorado totalmente en México. La séptima y última sección están destinadas a exponer las conclusiones generales que pueden extraerse de las secciones anteriores. Cada sección está dividida esencialmente en dos partes, una donde se plantean los principios y métodos más relevantes a cada fase, y otra donde se expone la opinión muy personal del autor con respecto a nuestro potencial tecnológico actual y algunas de sus perspectivas futuras.

I. EXPLORACIÓN

Desde hace ya varias décadas se conocen con precisión las técnicas más socorridas para la localización de mantos petrolíferos y en general de man-

tos acuíferos, minerales y de otros recursos naturales no renovables. Dichas técnicas son las geológicas y las geofísicas. Las primeras están basadas esencialmente en la correlación de datos que pueden obtenerse del estudio, tanto de capas horizontales como verticales, del subsuelo, de microfósiles, contenido de minerales, sedimentos en diferentes capas geológicas, formaciones estructurales de dichas capas y otras. Dicho estudio conduce a lo que se llama un conocimiento de la geología del subsuelo. Estas técnicas geológicas han sido rápidamente superadas por las geofísicas, aunque siguen siendo un valioso auxiliar de ellas. Las técnicas geofísicas se basan primordialmente en mediciones realizadas en la superficie terrestre de ciertas cantidades físicas y localizaciones, a través de dicha información, de subestructuras o formaciones específicas que se encuentran en el subsuelo. Hay métodos, como la magnetometría o la gravimetría que no requieren del control de mediciones de fenómenos que ocurren a profundidad, en tanto que otros, los más eficaces y rápidos, sí requieren de dicho control. Estos últimos, muy usados en la actualidad, se basan, como principio general, en el envío de una señal, que sirve como sonda, al interior de la tierra y en observar cómo es afectada por las diferentes capas que la constituyen. Para estudiar y analizar dichas alteraciones es necesario conocer las propiedades físicas y químicas de esas capas, lo que requiere de métodos un tanto sofisticados. La señal emitida por el observador regresa a éste después de haber sufrido dichas alteraciones para ser analizada por métodos adecuados. La interpretación geofísica de los datos obtenidos es muy compleja y dista mucho de ser una ciencia exacta. En esencia, lo que se hace es eliminar toda aquella información que es insertible (ruido) y de la restante, un tanto a la manera como un médico procede mediante el examen de radiogramas, se procede a obtener un diagnóstico con respecto a la posible existencia de mantos petrolíferos. Para llegar a dicho diagnóstico se requiere, además de un conocimiento bastante preciso de los principios físicos involucrados en los mecanismos que producen la alteración de la sonda en las capas terrestres, de conocimientos profundos en técnicas matemáticas como son la teoría de la comunicación, el análisis numérico, computación analógica y digital, etc.

La pregunta que se desea plantear es si existe actualmente en México la infraestructura técnica y científica capaz de absorber, adaptar y, de ser posible, desarrollar tecnologías en la rama de la exploración. Conviene mencionar, antes de dar una respuesta, que el costo involucrado en el desarrollo de estas tecnologías es elevadísimo. Por otra parte, países como los Estados Unidos, la Unión Soviética, Francia, Alemania y otros, los han llevado a un grado de perfección tal que sería para nosotros utópico pensar que podríamos evolucionar, dentro de un plazo de tiempo razonable, hasta alcanzar un nivel competitivo con ellos, aun cuando dispusiéramos de los recursos

económicos necesarios, que no es el caso. México no cuenta, en este momento, con tal infraestructura por lo menos para el desarrollo de este tipo de tecnologías y es dudoso que la tengamos, inclusive, para absorberlas y adaptarlas. Por ejemplo, el estado que guarda en el país la geofísica, como una ciencia aplicada a la problemática de la exploración, es muy incipiente; las compañías nacionales que han sido sus usuarias no se han preocupado nunca en entrenar gente con la formación adecuada para lograr estas metas. Basta, por ejemplo, examinar documentos como el elaborado en 1970 por el desaparecido Instituto Nacional de la Investigación Científica (ver cita bibliográfica 6) y preguntarse, casi ocho años después, si las medidas allí sugeridas fueron realmente llevadas a cabo y qué consecuencias han tenido en la consolidación de nuestra infraestructura científica y tecnológica.

Viendo hacia el futuro y dada la corta vida que, se estima, les queda a los recursos naturales no renovables de este planeta, la inversión requerida y el tiempo necesario para la formación de estos cuadros humanos no resultan ser compatibles. Sería pues mucho mejor optimizar la adquisición de dichas tecnologías formando técnicos y científicos capaces de entender el detalle del "saber cómo" con objeto de poder estar al tanto de sus innovaciones. Esto permitiría comprar el mínimo necesario para operar y estar en condiciones de adoptar y mejorar los procesos involucrados, con base en las características locales, sin tener que depender para ello de los vendedores. Para citar un ejemplo ilustrativo, el procesamiento e interpretación de los datos geofísicos obtenidos en la exploración del petróleo era, hasta hace escasamente cinco años, totalmente realizado en los Estados Unidos. El primer centro de procesamiento se instaló en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) en 1972 con lo cual se logró reducir parcialmente esta dependencia tecnológica. Sin embargo, surge todavía la pregunta de, si aunada a la instalación de este centro, existe un programa para entrenar gente que entienda cómo operan en detalle todos estos sistemas (*soft-ware*) y no se limite a verlos únicamente como cajas negras que sólo sabe manejar en forma rutinaria. En ese caso se podría mejorar y adaptar esos sistemas sin depender totalmente de la compañía vendedora de dicho proceso. Si éste no es el caso, sólo aprenderemos a utilizar equipos costosos y sofisticados y continuaremos dependiendo de las innovaciones tecnológicas realizadas en el extranjero, pagando por ellas precios muy elevados.

II. EXPLOTACIÓN

La explotación de un manto petrolífero está integrada por varias etapas, cada una de las cuales presenta características muy específicas que intentaremos describir de manera muy general.

Como una regla común, el petróleo se encuentra habitualmente acompañado por gas, constituido por mezclas de hidrocarburos volátiles, otros componentes y agua. Esto obliga a los geólogos y a los ingenieros petroleros a estudiar los diferentes modos de comportamiento de estas tres sustancias en las capas interiores de la tierra. Dicho estudio requiere de nuevo del uso de técnicas geológicas y geofísicas para caracterizar al medio, generalmente poroso, que contiene el petróleo y la influencia que sobre éste ejercen el agua y el gas, los cuales producen presiones muy elevadas. Estos estudios son básicos para decidir la técnica de perforación y la distribución de pozos en un determinado campo. El objetivo primordial es utilizar al máximo la presión que el gas y el agua, si ésta existe, ejercen sobre el petróleo como una fuente de energía para expulsarlo hacia la superficie a través del medio poroso que lo rodea. El aprovechamiento de esta energía potencial, que en forma natural existe en el manto, para la extracción del petróleo, recibe el nombre de *recuperación primaria*. Constituye pues una fase crítica en la ingeniería de yacimientos.

Agotada esa energía, el petróleo deja de fluir en forma natural hacia la superficie y es necesario, entonces, recurrir a métodos artificiales para extraer el remanente. En nuestro país es difícil cuantificar la proporción de petróleo que ha quedado sin extraer de los yacimientos perforados en el pasado, pero es dudoso que por recuperación primaria se haya obtenido la cifra máxima que se puede obtener por los métodos modernos de la ingeniería petrolera que es del orden del 80% de la reserva total. El uso de métodos artificiales para recuperar el petróleo remanente en un yacimiento se conoce como *recuperación secundaria*. Los más usuales son el bombeo mecánico, la inyección de fluidos miscibles o inmiscibles, y la combustión *in situ*. El primero es poco eficiente y suele utilizarse como un primer recurso después de que el campo agotó su propia energía. El más utilizado es el de la inyección de fluidos inmiscibles como agua dulce, salmuera, agua salada y otros. En México son los más comunes y hasta la fecha se opera con ellos en varios distritos petroleros como Poza Rica, La Venta y otros de la zona sur. La combustión *in situ*, hasta donde el autor conoce, no se aplica con frecuencia pues requiere de tecnologías un tanto sofisticadas.

De esta exposición podemos extraer un conjunto de cuestiones que requieren de un conocimiento amplio para poder llevar a cabo de manera eficiente la explotación. Éstas son:

- a) La caracterización físico-química del medio poroso que contiene al manto petrolífero.
- b) La caracterización física del gas y el aceite en el yacimiento: presión, temperatura, composición, etc.

- c) El flujo de un fluido, miscible o inmisible con el petróleo, a través de un medio poroso.
- d) La distribución y las características de los pozos para la explotación y para la inyección de fluidos.
- e) Las técnicas específicas de la perforación determinadas por las propias características del subsuelo que rodea al yacimiento.
- f) Los problemas técnicos inherentes a cada una de las etapas de la explotación.

Estas cuestiones y otras más determinan el contexto dentro del cual debemos formular la misma pregunta que hicimos en la sección anterior relativa a nuestra autosuficiencia tecnológica en esta rama. La infraestructura técnica y científica del país contrastada con el notable avance en el desarrollo de las tecnologías de la explotación en países como los EUA y la Unión Soviética nos ubica en una situación muy similar a la descrita en la rama de la exploración. En nuestro medio sería preferible formar cuadros sólidos de expertos en estas áreas con objeto de optimizar la compra de tecnologías, su adaptación y actualización, que realizar inversiones muy costosas y quizás estériles, dentro de una escala de tiempo razonable, que tuviesen como objetivo final desarrollar tecnologías propias. Problemas como los mencionados en los incisos (a), (b) y (c), corresponden a temas de la ciencia y la ingeniería en los cuales escasamente se hace investigación en México y no existe, hasta la fecha, un programa sólido y objetivo que tienda a subsanar estas deficiencias.

Si además tomamos en cuenta que en el futuro muy próximo la mayor parte de la exploración y explotación del petróleo se harán en la plataforma marina con sus consecuentes complicaciones tecnológicas y costo mucho más elevado, sería muy aventurado pensar que en 20 o 30 años más lograremos igualar, y mucho menos competir, con la potencialidad tecnológica de los países desarrollados.

III. REFINACIÓN

El petróleo crudo o, simplemente, crudo como se encuentra en su forma natural contiene una proporción muy reducida de los hidrocarburos que son adecuados para su uso inmediato como componentes de la gasolina y otros combustibles. Esto tiene como consecuencia que se le someta a una serie de tratamientos químicos, conocidos como *refinación* y en los cuales varios hidrocarburos que se encuentran en el crudo son transformados en otros más deseables.

En general, el desarrollo e instalación de los procesos de refinación requiere de inversiones económicas muy elevadas y en la actualidad existen

varias de ellas; las más conocidas son, el *cracking* (o desintegración) térmico y catalítico, la hidrodesulfuración, la polimerización, la reformación, la alquilación y la hidrogenación. Una característica general de estos procesos es que la ingeniería básica u operaciones unitarias en que están basadas, no ha sufrido modificaciones substanciales en las últimas décadas. En el caso de los procesos catalíticos, son los catalizadores mismos los que se modifican constantemente pues de su eficiencia y duración depende, en gran medida, el éxito o bondad económica del proceso. Por otra parte, son muchas las grandes compañías extranjeras que se dedican a fabricarlos y tan frecuente es su modificación que para un país como el nuestro no tiene caso competir en desarrollar catalizadores propios, excepto en aquellos casos que así lo ameriten por características muy particulares del crudo o crudos nacionales. Esta conclusión es una de las experiencias más concretas de varios grupos dedicados al estudio de este problema en el IMP. Un ejemplo típico constituye la hidrodesulfuración o remoción del azufre de un crudo. La mayoría de los crudos nacionales tienen una proporción relativamente alta de compuestos sulfurados cuya eliminación es necesaria antes de la refinación por varias razones, una de ellas es que el contenido de azufre en la gasolina no rebasa ciertos límites con objeto de minimizar la contaminación atmosférica por producción de dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso (SO_2). Esta eliminación se puede hacer parcialmente por hidrogenación y la restante por medio de procesos catalíticos a base de catalizadores un tanto singulares. Las tecnologías para la fabricación de estas catalizadoras, como para el proceso mismo, se ha logrado desarrollar en el IMP y constituye la base de una buena parte de la refinería de Tula.

Situaciones similares ameritan ser examinadas con cuidado, para lo cual se cuenta con una experiencia razonable y potencial humano adecuado para lograr resultados decorosos. Si en los procesos de refinación no se intenta modificar la ingeniería básica del proceso si no sólo el catalizador se pueden obtener resultados favorables en la reducción del costo del proceso. Por otra parte resulta difícil para nosotros intervenir en el primer aspecto pues no tenemos ni la infraestructura técnica, ni la experiencia necesaria.

Para finalizar esta sección conviene subrayar el hecho de que en la actualidad existen grupos de Ingeniería de Proyectos en PEMEX, el IMP, Bufete Industrial y otras corporaciones que están ampliamente capacitadas para instalar nuevas plantas químicas, en particular de refinación, donde no haya modificaciones sustanciales en la ingeniería básica de los procesos involucrados. Esto es, sobre un paquete de procesos comprado en el exterior se integra, por decirlo así, la planta en México. La consolidación y diversificación de estos núcleos pueden, y de hecho ya lo hacen, reducir considerablemente el costo derivado de la compra de tecnologías. Además, el IMP y

otras instituciones cuentan con grupos de químicos con experiencia en la síntesis de catalizadores.

Viendo hacia el futuro, se debería estimular el crecimiento de estos grupos, así como la creación de equipos de ingenieros especializados en la investigación y diseño de procesos químicos, pues sólo entonces tendremos acceso, primero a la comprensión de los mecanismos básicos que constituyen un proceso, y oportunidad, después, de poder modificar y hasta diseñar procesos nuevos. A este punto volveremos más tarde al hablar de investigación y desarrollo.

IV. PETROQUÍMICA

Esta rama es la que a juicio del autor presenta mayores perspectivas de convertirse en una fuente de tecnologías que puedan disminuir nuestra dependencia económica de potencias extranjeras. Para subrayar su importancia vale la pena mencionar que entre los sectores público y privado se planea invertir en México, en los próximos cinco años, 90 000 millones de pesos con objeto de aumentar la capacidad en plantas instaladas.* Si a esto agregamos que en el presente la gran mayoría de los procesos petroquímicos y las patentes que los amparan son extranjeros, lo que redundaría en una fuga enorme de divisas por concepto de regalías y asistencia técnica requerida para su operación, podemos apreciar, por lo menos desde el punto de vista económico, la importancia de su desarrollo.

La petroquímica es la producción química de productos comerciales a partir de los diversos componentes del petróleo obtenidos en los diferentes procesos de la refinación. Así, por ejemplo, del etileno puede sintetizarse el butadieno, que es el ingrediente principal de toda la industria del hule sintético. De los derivados clorados, el cloruro de vinilo juega un papel preponderante en la industria de plásticos. Y hay innumerables ejemplos imposibles de citar pero que muestran cómo diferentes productos intervienen en una variedad de industrias como la de pinturas, detergentes, fibras sintéticas, farmacéuticas, fertilizantes, lubricantes y otras más.

El aspecto más importante de la petroquímica, que le otorga esa perspectiva futura tan atractiva, es que casi en su totalidad los procesos que en ella intervienen son catalíticos. Esto significa que las reacciones químicas involucradas tienen, como objeto primordial, aumentar su rendimiento. Esta sustancia es el catalizador. Hasta hace escasamente veinte años la catálisis era considerada como un arte, casi una magia negra, por medio de la cual en forma totalmente empírica se sabía cuáles sustancias favorecían una clase

* *Excélsior*, 8 de febrero de 1978, p. 4A, columnas 4 y 5.

dada de reacciones químicas. Los notables avances que han ocurrido en las dos últimas décadas en muchas áreas de las ciencias físico-químicas han arrojado mucha luz sobre estas cuestiones de manera que, en la actualidad, podríamos afirmar que la catálisis es una ciencia incipiente. Es debido a este hecho fortuito por lo que nuestra brecha científica y tecnológica con respecto a los países avanzados no es tan grande como en las ramas anteriormente descritas. Consecuentemente, y dada la enorme importancia económica que tendrá la petroquímica en el futuro, México debería estar haciendo esfuerzos considerables por alcanzar un nivel competitivo, dentro de sus posibilidades y problemática propia, con otros países. La probabilidad de descubrir nuevos procesos, nuevos catalizadores, etc., es mucho mayor si la comparamos, por ejemplo, con los procesos de refinación. La ingeniería básica tiene un campo fértil para aplicar sus logros y todas estas perspectivas, de materializarse, redundarían en la disminución en la compra de tecnologías.

Es sin embargo una verdadera desgracia que estos factores no se hayan ponderado adecuadamente y las perspectivas sean desalentadoras. No hay en el país una sola institución en la cual existan programas de investigación sólida y objetivamente orientados en algún área de la petroquímica. La primera maestría que se ofrece en esta materia se estableció, *apenas*, en el año de 1975 en el Instituto Tecnológico Regional de Ciudad Madero en Tamaulipas. Es curioso, merece señalarse también que PEMEX y en su defecto el IMP después de su creación, jamás han estimulado o favorecido programas de esta índole en alguna institución de educación superior en el país. Ni siquiera en la Facultad de Química o el Instituto de Química de la UNAM, que al igual que ellas, tienen su sede en el Distrito Federal. Es pues legítimo preguntarse cuántos de esos noventa mil millones de pesos se van a gastar en la compra de tecnología y los otros renglones ya mencionados.

De haberse otorgado prioridades de investigación y desarrollo tecnológico a las diferentes ramas que constituyen la industria petrolera, ciertamente la petroquímica debió haber ocupado el primer lugar por reunir características tan favorables. El precio que pagaremos en el futuro por esta miopía, si no ceguera casi total, es difícil de cuantificar. En la actualidad carecemos totalmente de una infraestructura científica y técnica en esta rama, lo cual nos pone casi incondicionalmente en manos de los licenciadores extranjeros de procesos petroquímicos. Y más aún, no hay evidencia alguna de que esta situación se modificará en los próximos diez o veinte años.

V. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Es un hecho muy desafortunado que en nuestro país no se haya reconocido la importancia que tienen en la industria los grupos de ingeniería que se

ocupan de estudiar, diseñar y operar, las llamadas *plantas piloto*. Estas plantas constituyen el paso intermedio entre la experimentación a escala de vidrio o laboratorio y la escala industrial. En la primera, lo que se hace es cuantificar la viabilidad del proceso que se quiere comercializar desde un punto de vista estrictamente científico. En la escala piloto, se construye una planta de dimensiones más pequeñas que una industrial pero donde aparecen ya las características más importantes de esta última; es por lo tanto a escala piloto donde se obtiene el llamado *know how* o *saber cómo* del proceso. En el seno de las grandes compañías licenciadoras de procesos, el grupo sobre el cual recae esta enorme y vital tarea se conoce como *investigación y desarrollo*. En general, estos grupos están constituidos por verdaderos ingenieros de diseño, matemáticos, programadores y no es poco usual encontrar también algún economista; su labor es pues establecer la conexión entre la investigación básica y el proceso a escala industrial (ver citas 3 y 4).

Extrapolar de lo pequeño a lo grande, esto es, del modelo de laboratorio al modelo de salón, no es un procedimiento trivial. Requiere además de conocimientos y de experiencia, de audacia y de visión sobre todo por parte de los directivos, pues siempre implica un cierto riesgo, ya que el éxito no puede garantizarse totalmente. Como ya hicimos notar con anterioridad, en las áreas de refinación y de petroquímica, donde estos grupos descansan básicamente en la ingeniería química, y en particular de procesos, tenemos en nuestro medio un grado muy considerable de retraso. Como también hicimos notar previamente, se le ha dado mucho impulso a la ingeniería de proyectos que es justamente la fase posterior a la piloto, esto es, la que parte ya de un proceso diseñado. Pero conviene señalar que por mucha que sea la experiencia adquirida en esta fase de la ingeniería, poco o nada ayuda a compenetrarse con los mecanismos básicos de los procesos existentes. Prueba más elocuente de esta situación la proporciona el hecho de que por casi cuarenta años hemos comprado tecnología petrolera y en la actualidad todavía no somos capaces de *copiar* los procesos existentes; mucho menos tenemos la capacidad de generar tecnología, salvo unos cuantos casos aislados y generalmente simples en su conformación.

Una solución posible a este problema podría proponerse con base en una colaboración estrecha entre la industria y las universidades ya que estas últimas cuentan, en algunos casos, con personal que, si en el peor de los casos está tan calificado como el que trabaja en la industria, ciertamente está sujeto a mucho menor presión laboral para poder iniciar y llevar adelante este tipo de actividades. Pero la realidad parece contraponerse a esta propuesta. Es casi inconcebible la indiferencia que la industria muestra ante esta cuestión. Sólo para dar una idea de la situación, el único paso significativo que ha dado la industria petrolera en la rama de producción indus-

trial tuvo lugar en agosto del año pasado, casi cuarenta años después de la expropiación petrolera, habiéndose firmado un convenio con la Facultad de Química de la UNAM para establecer una maestría ; en Ingeniería de Proyectos!!

¿Por qué no en Ingeniería de Procesos y Diseño de Plantas Piloto? * De no cambiar radicalmente el enfoque hacia esta problemática y acortar la brecha que existe actualmente en nuestro medio entre la ciencia básica y la ingeniería, en particular la química y muchas otras que no citaremos aquí, seguiremos dependiendo, totalmente, de las tecnologías elaboradas en los países avanzados.

Sin otro objeto más que mostrar la indiferencia con que puntos de vista similares han sido acogidos, o ignorados, vale la pena mencionar la existencia en la literatura de consideraciones similares, algunas de ellas expuestas hace ya más de diez años. (Ver citas 3, 5 y 8.) Su contemporaneidad no es más que un signo inequívoco del grado de nuestro subdesarrollo.

VI. INVESTIGACIÓN BÁSICA

Hubo una época en la cual la práctica común en la industria consistía en resolver sus problemas usando el conocimiento ya vertido en libros y revistas y se dejaba única y exclusivamente a las universidades el de generar dicho conocimiento. En los países desarrollados éste no es el caso y la práctica cambió hace más o menos medio siglo. Pero en países como el nuestro, la situación es todavía peor pues la poca investigación básica que se realiza poco o nada tiene que ver con problemas tecnológicos, y éstos se resuelven comprando tecnología a los desarrollados.

La importancia que guardan las ciencias básicas para la tecnología nacional han sido discutidas, dentro del contexto de la industria petrolera, con mucha amplitud. (Ver citas 3 y 5.) Para no incurrir en repeticiones largas y tediosas sólo consideramos importante hacer dos comentarios relevantes al problema. El primero se refiere a la relación que existe entre la ciencia básica y la tecnología. Si bien es cierto que ni la tecnología es necesariamente una consecuencia de la investigación básica, ni los resultados de ésta conducen unívocamente a una tecnología, la relación entre ambas es, día con día, más estrecha y en el futuro un país no podrá ser generador de tecnologías si no cuenta con una infraestructura sólida y diversificada en las ciencias básicas. El segundo comentario está enfocado a aclarar la confusión, muy común en nuestros medios, entre lo que es la investigación y lo que son los servicios tecnológicos. Existe un conjunto de actividades idóneas a cual-

* Ver *Gaceta UNAM*, Cuarta Época, Vol. I, No. 23, 15 de agosto de 1977.

quier institución orientada hacia fines prácticos, que producen beneficios económicos dentro de un plazo relativamente corto. Ejemplos de ellas son el control de calidad, la instrumentación, la ingeniería de proyectos y otras que, englobadas bajo un falso rubro de investigación, pueden hacer creer a funcionarios y administradores que cumplen satisfactoriamente los objetivos planteados por la industria. Estas actividades subsistirán siempre y serán útiles en la medida en que necesitemos importar tecnología pues reducirán los costos de operación; no deben subestimarse y sí impulsarse. Pero es erróneo concebirlas como la solución del problema básico que es el de generar tecnologías. Si la investigación básica y la investigación y desarrollo no se estimulan simultáneamente, jamás pasaremos de usuarios a productores por más que se intenten justificar las decisiones con base en las divisas ahorradas minimizando los servicios.

VII. CONCLUSIONES

Como se deduce de la exposición presentada en las secciones anteriores de las diferentes componentes científico-tecnológicas inherentes a la industria petrolera, el panorama actual en el país como uno potencialmente creador de algunas tecnologías, dentro de sus posibilidades económicas, humanas y materiales, es muy sombrío. No contamos ni con una infraestructura científica adecuada y mucho menos con los cuadros de investigación y desarrollo, en ingeniería, que puedan establecer el lazo entre la ciencia básica y la tecnología. La etapa intermedia dentro de este vínculo, a saber, la experimentación a escala piloto, y por lo tanto la obtención del "saber cómo", sigue siendo una incógnita. La situación es mucho más crítica en la petroquímica, que indudablemente es una rama muy promisoría para el futuro ya que, por su relativa juventud, presenta mayores perspectivas de éxito, tecnológico y económico, para un medio raquíutico como el nuestro.

En las ramas de exploración, explotación y refinación, parece ser mucho más conveniente optimizar la compra de tecnologías, minimizando costos mediante servicios tecnológicos eficientes y adaptaciones locales bien concebidas, con miras inclusive a realizar innovaciones futuras congruentes con las necesidades particulares del medio, que realizar grandes inversiones en formación de gente y adquisición de equipo básico con la idea de crear nuevas tecnologías.

Para países como el nuestro debe quedar muy claro en la mente de los políticos, los estadistas y los administradores, la diferencia entre ser un usuario de la tecnología a ser un creador de ella; a saber conducir un automóvil, darle servicio y saberlo reparar y ser un experto en el diseño y la construcción de un motor de combustión interna. En la industria petrolera actual

somos buenos operadores y reparadores de las plantas y procesos que operan en dicha industria, pero difícilmente sabemos crear y diseñar dichos procesos.

No tenemos ya mucho tiempo para tomar la decisión definitiva para definir nuestro porvenir en esta rama de la industria nacional. Han transcurrido diez años desde que este problema se planteó con suficiente claridad para que se hubiesen tomado ya las medidas necesarias para subsanar nuestras deficiencias. De continuar así, el destino del país quedará señalado en forma irremediable: México continuará siendo una fácil presa del colonialismo tecnológico en el aprovechamiento de su petróleo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- 1) *Encyclopaedia Britannica*. Vol. 17, pp. 656-668, 1958.
- 2) *The Petroleum Handbook*, Shell International Petroleum Co., Londres 1966. 5a. edición.
- 3) L. García-Colín S., "Las Ciencias Básicas y la Tecnología Nacional" *Ingeniería Petrolera*. Vol. 8, No. 1, pp. 11 y ss., 1968.
- 4) L. García-Colín S., "La Investigación Científica y la Tecnología del Petróleo". *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, Vol. 1, pp. 82 y ss., 1969.
- 5) L. García Colín S., "Aspectos de la Investigación Científica Aplicada en el IMP". *Actualidad Política Mexicana*, Vol. 49, pp. 133 y ss., 1969.
- 6) *Política Nacional y Programas en Ciencia y Tecnología. Documento Final*. INIC, agosto, p. 145, 1970.
- 7) *Revista de la Sociedad Mexicana de Química*. Vol. 21, No. 6, p. 360, 1978.
- 8) L. García-Colín S., "Ciencia Aplicada, ¿Mito o Realidad?". *La Ciencia en México*, ed. por L. Estrada y L. Cañedo, Fondo de Cultura Económica, México, D. F., p. 127, 1976.