

# *Resultados de una estrategia de generación de capacidades tecnológicas en México: el caso del IMP*

**Hugo Norberto Ciceri Silvenses**

Professor Titular "A" da Universidad Nacional Autonoma de México

**Alfonso Mercado García**

Professor-Investigador do Centro de Estudios Económicos de El Colegio de México

## **INTRODUCCIÓN**

Una debilidad de la industrialización latinoamericana es la falta de capacidades tecnológicas, en comparación con otras regiones de reciente desarrollo. Sólo pocas ramas han sido la excepción. Uno de estos casos lo constituye la industria petrolera en México, a raíz de la creación y el impulso del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

El objetivo de este trabajo es estudiar la evidencia empírica que permita juzgar las posibilidades y las limitaciones para generar capacidades tecnológicas en México, específicamente en una actividad productiva donde los recursos naturales son relativamente abundantes, como la petrolera, y durante la llamada época de auge petrolero. También ofrecemos consideraciones de la época presente de crisis recesiva. Con estos fines estudiamos el caso del IMP, una empresa estatal grande, productora de tecnología. La parte medular del estudio se concentra en el decenio de los años setenta y principios de los ochenta.

Después de caracterizar el período de auge petrolero y de explicar el contexto en que surgió el IMP y sus objetivos, examinamos su estrategia tecnológica y su desarrollo, con énfasis en la generación de invenciones en las áreas de refinación, productos químicos y catalizadores. Finalmente, consideramos otros logros recientes del instituto y presentamos las conclusiones.

El caso del IMP se estudia en un aspecto, el de la generación de patentes, sin abordar sus otras actividades como el servicio de apoyo a PEMEX, capacitación, ingeniería de proyectos etc. El estudio ejemplifica la factibilidad de la formación de capacidades de investigación para generar

endógenamente tecnología, como resultado de una política estatal explícita y con disponibilidad de recursos financieros.

## **1977-1982, PERÍODO DEL AUGE PETROLERO MEXICANO**

Varios autores de investigaciones sobre el desarrollo de la industria petrolera mexicana establecen el inicio del auge reciente en 1977 y su término en 1982, cuando dió comienzo la crisis financiera y recesiva del país. En ese período creció la relevancia del petróleo en la economía y, a partir de 1983, declinó. Los siguientes datos demuestran la gran orientación al petróleo que llegó a tener la economía mexicana.

### **Gran crecimiento de las reservas probadas**

En 1970, las reservas probadas de petróleo crudo eran de 2880 millones de barriles y en 1977, cuando se sitúa el inicio del auge, las reservas probadas eran de 9086 millones de barriles. Cinco años después, en 1982, la exploración logró detectar reservas que quintuplicaban las de 1977, llegando a 48084 millones de barriles (Willars, 1984).

### **Surgimiento como la primera potencia petrolera continental**

En 1982, México figuraba como el quinto país con mayores reservas petroleras probadas del mundo, superado sólo por Arabia Saudita, Kuwait, la Unión Soviética e Irán. El país producía el equivalente a 12% de la producción petrolera venezolana en 1970, aumentando a 44% en 1977

y llegando hasta 145% en 1982 (Willars, 1984).

### Creciente proporciones de exportación con respecto a la producción

La exportación mexicana de petróleo crudo se suspendió por primera vez en la historia moderna en 1966 y volvió a iniciarse sistemáticamente a partir de 1974 (Gutierrez & Ortiz, 1988; Snoeck, 1988). En 1975 se exportó el 13% de la producción petrolera; en 1977 la relación fué de 21%; y en 1982, 54% (Willars, 1984).

### Expansiva petrolización de la economía

La participación de la exportación petrolera en el total de exportaciones de bienes ascendió de 13.8% en 1975 a 21.9% en 1977 y hasta 78.2% en 1982. El peso del sector petrolero en el producto interno bruto total de México también creció, de 2.1% en 1975, a 2.8% en 1979 y 3.8% en 1982 (Willars, 1984).

### Dutch Disease

Algunos analistas enfatizan que el progreso basado en el petróleo dió lugar a excesos en créditos extranjeros, grandes inversiones mal planeadas, así como una dependencia creciente en la importación de bienes de capital e, incluso, técnicos y profesionistas del exterior. Se señala que al país le ocurrió la llamada *dutch disease* padecida por otros países con auge petrolero, tales como Holanda, Noruega, Venezuela, Nigeria e Irán. Similarmente a ellos, en un afán de crecer rápidamente y ante la falta de producción nacional y de capital financiero, México recurrió a la importación de todo tipo de bienes y servicios, así como al endeudamiento externo. Esta tendencia se reforzó con la política cambiaria que mantenía el peso sobrevaluado, favoreciendo la importación. Consecuentemente, la excesiva demanda interna generó inflación; la elevada importación condicionó una **desindustrialización** en términos relativos; se acumuló una enorme deuda externa, y se minimizó la actividad tecnológica interna (Trejo-Reyes, 1987).

### LA ESTRATEGIA TECNOLÓGICA DEL IMP Y SU EVOLUCIÓN POR ETAPAS

La creación del IMP en agosto de 1965, con el inicio de labores en marzo de 1966, significó un esfuerzo estatal concreto para construir y alentar una capacidad tecnológica propia en la industria petrolera. El instituto inició operaciones con 316 personas ocupadas. En el decreto Presidencial que oficializó su fundación se delinearon sus objetivos básicos que revelaban la intención del Estado de romper el círculo de fuerte dependencia tecnológica y participar más en las decisiones tecnológicas. También se tenía el objetivo de capacitar técnicos y obreros. El decreto otorgaba al IMP funciones de centro de innovación para las industrias petrolera y petroquímica del país.

En la época de mediados de los años sesenta, la

industria petrolera tenía dificultades para exportar y de hecho interrumpió sus exportaciones en 1966. El mercado interno estaba en ascenso, pero el precio del petróleo para el consumo local era bajo y subsidiado, por lo que PEMEX, afrontaba dificultades financieras (Snoeck, 1988). En este contexto, el primer año de operaciones del IMP contó con un presupuesto muy reducido y con sólo 316 personas ocupadas. Pero inmediatamente al siguiente año el instituto comenzó a recibir una cantidad creciente de recursos financieros y pudo contratar más personal.

El instituto creció a altas tasas en los primeros años de operaciones, de 1966 a 1970. En el último año de ese período, se inició el registro de patentes, formalizando la generación de mejoras a procesos y productos en las áreas petrolera y petroquímica. A partir de entonces el personal del instituto creció a tasas menores que las iniciales y el presupuesto a precios constante por persona ocupada arrojó promedios con fuertes alzas y bajas pero tendiendo a la disminución. En el período del auge petrolero, 1977-1982, el IMP volvió a crecer a altas tasas y la proporción del presupuesto a precios constantes por trabajador también creció en todos los años. Finalmente, en el período presente de crisis financiera y recesión productiva, los apoyos presupuestales cayeron apreciablemente en términos reales, a la vez que la ocupación continuó creciendo. Ello arrojó una marcada tendencia a la baja en el presupuesto real *per cápita*. En resumen, la evolución del IMP puede distinguirse en cuatro etapas:

- Despegue, de 1966 a 1970
- Crecimiento, consolidación del instituto e inicio de registro de innovaciones, de 1970 a 1977
- Fuerte expansión, de 1977 a 1982 (auge petrolero)
- Crisis presupuestal, de 1982 a 1986

En general, es claro que el gobierno mexicano decidió privilegiar al sector petrolero con el impulso dado al IMP desde su arranque hasta la terminación del auge petrolero.

En las dos primeras etapas de las mencionadas, la estrategia tecnológica del instituto se concentró en el dominio de las tecnologías de exploración y explotación, así como en las tecnologías de los procesos petroquímico y de refinación. El instituto optó por acumular experiencia en la integración y la interpretación de todos los datos geológicos y geofísicos de la exploración petrolera, más que por dominar una cierta técnica (Ruiz, 1988). En estas etapas, el instituto generó 16 patentes de productos químicos y 15 de refinación y petroquímica. En la tercera etapa, 1977-1982, el IMP dió prioridad a nuevas necesidades tecnológicas de PEMEX, a la vez que continuaba con sus anteriores actividades de investigación y desarrollo. Así, sus principales esfuerzos se orientaron a los métodos para conocer los potenciales petroleros, la recuperación del petróleo del subsuelo y la simulación numérica aplicada al comportamiento de los yacimientos de hidrocarburos (Ruiz, 1988). También se desarrolló el área de catalizadores, en la que el instituto produjo 10 certificados de invención en el lapso referido. Con mayores cargas de trabajo en investigación y desarrollo, el instituto avanzó en la mejora de procesos y productos, manifestando su capacidad tecnológica.

Durante esta etapa de auge petrolero, el IMP logró desempeñar un papel tecnológico de cierta relevancia y dinamismo, aunque secundario frente a las fuentes extranjeras y sin impacto normativo en las decisiones tecnológicas de PEMEX. A pesar de que el instituto tuvo algunas dificultades en su relación con la gran empresa petrolera nacional, logró avances en la sustitución de tecnología extranjera.

Finalmente, en la última etapa, 1982-1986, el IMP afrontó fuertes limitaciones presupuestales y disminuciones en la demanda tecnológica de PEMEX. Esta situación condicionó una desaceleración de la producción inventiva como se explicará en la siguiente sección.

## GENERACIÓN DE INNOVACIONES

A continuación estudiamos los resultados de la actividad del IMP en materia de invención, agrupándolos en cuatro áreas:

- Catalizadores y sus métodos de obtención
- Productos químicos y aditivos
- Procesos de refinación y petroquímica
- Varios (equipo electrónico y válvulas)

Utilizaremos el flujo de invenciones como indicador de la actividad tecnológica del instituto. No mediremos la productividad dado que no contamos con suficientes datos de personal ocupado ni de capital. Si bien el número de invenciones es demasiado simple para poder apreciar en sus diversas dimensiones la producción tecnológica del IMP, es suficientemente útil para conocer la distribución de los logros tecnológicos y su evolución en el tiempo.

En los primeros cuatro años de actividades, el IMP no generó invenciones. Podemos interpretar que este fué un período de aprendizaje organizativo. Pero a partir del quinto año de operaciones, en 1970, el instituto comenzó a cosechar resultados, registrando su primera patente en el área de productos químicos. De 1970 a 1984, el IMP registró un centenar de desarrollos tecnológicos, tres cuartas partes de los cuales fueron patentes y el resto certificados de invención.

Al desagregar los datos por área de aplicación, resulta que los principales desarrollos se concentraron en el área de productos químicos y en procesos de refinación y petroquímica. La mayor actividad inventiva se distribuyó principal y similarmente en estas dos áreas, abarcando conjuntamente el 70% de los títulos. Los catalizadores han quedado en un segundo plano con respecto al número de invenciones. Los desarrollos de equipo electrónico y válvulas recibieron una atención relativamente baja en el período.

Para determinar la evolución de la actividad inventiva del IMP, tomaremos en cuenta tanto la generación anual de patentes y certificados de invención, como la tendencia acumulada del número de estos títulos, así como la evolución del promedio acumulado por año. Con respecto al último indicador mencionado, la idea es ponderar el total acumulado de los títulos en cuestión por la edad del instituto, es decir

su experiencia acumulada. Así, mediremos la actividad inventiva de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$FI_i = P_i + CI_i \quad (1)$$

$$IA_i = \sum_{i=1}^t FI_i \quad (2)$$

$$DI_t = \sum \frac{IA_i}{t} \quad (3)$$

Donde:

- $P_i$  es el número de patentes registradas en el año  $i$ .
- $CI_i$  es el número de certificados de invención registrados en el año  $i$ .
- $FI_i$  es el flujo de patentes y certificados de invención registrados en el año  $i$ . Es el flujo inventivo.
- $IA_i$  es el número acumulado de patentes y certificados de invención registrados desde el inicio de operaciones hasta el año  $i$ . Es la acumulación de invenciones.
- $t$  es el tiempo de existencia del instituto en el año  $i$  (en años).
- $DI_t$  es el promedio anual de invenciones acumuladas durante el tiempo  $t$  de actividades, desde el inicio de operaciones. Es el desempeño inventivo ponderado por la experiencia acumulada.

La producción de invenciones empezó después de cuatro años de operaciones. A partir de entonces hay un flujo de patentes y certificados de invención con alzas y bajas, lo cual es característico de toda organización de ID, y períodos de gestación fluctuantes entre cuatro y seis años. Asimismo, las tendencias que muestran los indicadores sugieren cinco períodos evolutivos de las invenciones hechas por el IMP:

- Etapa inicial sin producción de invenciones (1966-1970).
- Maduración organizativa, con alzas y bajas en el desempeño inventivo, aunque tendiendo a ser elevado (1970-1974).
- Desempeño inventivo con crecimiento medianamente estable (1974-1978).
- Desempeño inventivo creciente a tasas más altas y más estables (1978-1982).
- Disminución del ritmo de crecimiento de invenciones con alzas y bajas (1982-1986).

Todas las patentes producidas por el instituto han sido utilizadas por PEMEX, el principal cliente, en diversas áreas. Esto indica una efectividad en las invenciones producidas, aunque éstas no se hayan comercializado en general a nivel internacional. No obstante, algunas patentes se han comercializado. En efecto, más de 15 de ellas se registraron

en el extranjero (en Francia, Japón, Brasil, Holanda, Canadá, Estados Unidos, Italia y Argentina) y otras 10 están en vía de lograr el registro.

Una innovación de considerable importancia es el así llamado proceso DEMEX utilizado en la desmetalización de crudos y que permite la extracción selectiva de residuos. El proceso tuvo su primera aplicación en 1971 en la refinería de Corpus Cristi, Tex. (EUA) y luego se utilizó en plantas localizados en Colombia, Brasil y Arabia Saudita. Otra innovación de gran difusión es el proceso de purificación de acetonitrilo (99.5% de pureza), el cual se está utilizando en varios países, entre ellos EUA.

## CONCLUSIONES

Esta revisión breve de la trayectoria innovativa del IMP, considerando las diversas etapas de su desarrollo, nos permite concluir con un balance de su aportación tecnológica en dos perspectivas:

- su rol tecnológico en el presente, en comparación con la situación tecnológica general del país, y
- su capacidad tecnológica en el transcurso del tiempo.

Con relación al primer punto, quedó visto que en 23 años el IMP ha desarrollado una capacidad tecnológica interiorizando ciertos procesos productivos claves en las actividades de exploración, explotación y transformación. Con el instituto la actividad petrolera ha avanzado en las técnicas de exploración a grados de reconocimiento internacional y ha difundido una cantidad de patentes y certificados de invención. Consecuentemente, coincidimos con otros autores, en cuanto al punto de vista de que el instituto ha logrado un nivel tecnológico sobresaliente entre las diversas firmas de ingeniería y consultoría existentes en México (Ruiz, 1988).

La función tecnológica del IMP es destacada en el sentido de que lo logrado hasta ahora convierte a la industria petrolera en una de las actividades que en México han aportado más tecnología propia. Es menester observar que las mayores aportaciones del IMP se han derivado de las demandas tecnológicas de PEMEX.

Con relación al desarrollo de las capacidades tecnológicas del instituto en el transcurso del tiempo, su interacción con PEMEX y el contexto económico del propio IMP han sido factores impulsores. En concreto, si comparamos las fases de la evolución inventiva con las etapas del IMP, se aprecia la relación existente entre los cambios en el contexto económico del IMP y los cambios en su desempeño inventivo, además de la incidencia atribuible a la acumulación de la experiencia. Así, las fases de maduración organizativa y desempeño inventivo con alzas y bajas — hasta cierto punto normales en toda actividad de ID — ocurrieron en un período de crecimiento del instituto a tasas relativamente moderadas (1970-1977). Por otro lado, la fase caracterizada por el desempeño inventivo a las tasas mas altas y estables logradas por el IMP tuvo lugar durante un período de fuerte expansión del instituto, coincidente con el auge petrolero (de 1977 a 1982). Finalmente, la fase referida a la declinación del ritmo inventivo, con altibajos, sucedió en un período de crisis presupuestal con una contracción en la demanda tecnológica de PEMEX.

En resumen, el mayor impulso mostrado por el IMP — tanto en lo referente a su tamaño como en lo concerniente a su actividad inventiva — tuvo lugar en la época de auge petrolero. En esa etapa, el caso del IMP demostró que es factible la formación de grupos de investigación capaces de generar endógenamente tecnología como resultado de una política estatal explícita y con un mercado de tecnología en expansión.

## Referências Bibliográficas

GUTIÉRREZ, Roberto & ORTIZ, Adriana. Desarrollo y planeación del subsector de hidrocarburos. In: WIONCZEK, M.S.; GUTIÉRREZ, R.; GUZMÁN, O.M. *Posibilidades y limitaciones de la planeación energética en México*. México, D.F., El Colegio de México, 1988. p.53-86.

RUIZ, Rogelio. Estrategias y políticas para el fortalecimiento de la capacidad tecnológica in-

terna. In: WIONCZEK, M.S.; GUTIÉRREZ, R.; GUZMÁN, O.M. *Posibilidades y limitaciones de la planeación energética en México*. México, D.F., El Colegio de México, 1988. p.441-90.

SNOECK, Michele. Comercio exterior. In: WIONCZEK, M.S.; GUTIÉRREZ, R.; GUZMÁN, O.M. *Posibilidades y limitaciones de la planeación energética en México*,

D.F., El Colegio de México, 1988. p.353-94.

TREJO-REYES, Saul. *El futuro de la política industrial en México*. México, D.F., El Colegio de México, 1987.

WILLARS, Jaime Mario. *El petróleo en México: efectos macroeconómicos, elementos de política y perspectivas*. México, D.F., El Colegio de México, 1984.

Recebido em março/90