

# Principios para el desarrollo de una industria petrolera nacional con proyección internacional

## Fundamentals for the Development of a World Class National Oil and Gas Industry

Rodrigo A. Marín <sup>(1)</sup>

Editor invitado

<sup>(1)</sup> Doctor en Ingeniería Mecánica. Profesor visitante, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia. r.marin58@uniandes.edu.co

### Palabras clave

Economía extractiva, economía industrial, economía basada en recursos, industria petrolera, petróleo y gas.

### Key words

Extractive economy, industrial economy, resource based economy, oil and gas industry.

### Resumen

El aseguramiento de la autosuficiencia en hidrocarburos a largo plazo del país requerirá la adopción de tecnologías avanzadas y nuevas en el país, tales como la ingeniería *off-shore*, las técnicas de recobro mejorado, la explotación de hidrocarburos no-convencionales, y las técnicas de manejo ambiental de todos esos tipos de proyectos. Esos cambios tecnológicos presentan una oportunidad para desarrollar en el país una nueva industria petrolera avanzada y con proyección internacional que se aparte del modelo tradicional simplemente extractivo de las reservas de hidrocarburos y que se convierta en una industria basada en la generación de valor agregado y de conocimiento. Este tipo de industria basada en recursos será no solamente más lucrativa sino que le dará al país una independencia y una autonomía en su política energética y le permitirá formular y ejecutar esa política con los intereses del país como prioridad.

### Abstract

Securing the country's long term hydrocarbons self-sufficiency will require the adoption of a new set of advanced technologies such as offshore engineering, enhanced recovery (*EOR*), production of unconventional hydrocarbons, and environmental techniques suitable for these new types of projects. These technological changes present an opportunity to develop, in Colombia, a new type of advanced oil industry with international projection. To create this new type of industry, we must abandon the traditional extractive model based simply on the bringing to the surface and selling of the raw resource, to become an industry based on the generation of added value and knowledge. This resource-based development model will not only be more profitable but will also give the country independence and autonomy to formulate and execute its energy policies with the national interest as the top priority.

## INTRODUCCIÓN

Se acercan cambios importantes en el sector de hidrocarburos de Colombia. Al día de hoy, las reservas probadas de petróleo ascienden a 2.400 MMBbl (millones de barriles) (US Energy Information Administration [EIA], 2014d). A la tasa actual de producción de cerca de 1 MMbpd (millones de barriles por día), estas reservas sólo alcanzarán para unos siete años más. Los estudios de prospección indican que el país puede tener reservas de unos 40.000 MMBbl de petróleo convencional. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de exploración que se han llevado a

cabo, desde el descubrimiento del campo Cupiagua-Cusiana en 1993 no se ha confirmado el hallazgo de ningún yacimiento con un volumen de reservas suficientemente grande como para incrementar substancialmente ese horizonte de siete años de autosuficiencia. Estas realidades sugieren que el aseguramiento a largo plazo de la autosuficiencia de hidrocarburos del país requerirá hacer cambios importantes en la manera como tradicionalmente se han llevado a cabo las actividades de exploración y producción. En el caso de los hidrocarburos convencionales, la búsqueda de ese tipo de yacimientos se deberá sostener e incrementar.

Sin embargo, también se deberá mejorar su factor de recobro. En la actualidad, en la mayoría de los casos éste no supera el 30%, mientras que el promedio internacional está entre 40% y 50% (Tovar, 2008). Por otro lado, se deberá asumir seriamente el gran reto de la exploración y producción costa afuera *offshore*. En cuanto a los hidrocarburos no convencionales, el país podría tener reservas importantes de petróleo y gas de esquisto *shale oil* y *shale gas*, así como de metano de lechos de carbón *Coal Bed Methane* ó *CBM* y de arenas bituminosas *tar sands*. Finalmente, se deberá incrementar la búsqueda de reservas en otras regiones del mundo

(en tierra y costa afuera) y se deberá trabajar en la sustitución de los combustibles fósiles mediante el desarrollo de biocombustibles y la explotación de fuentes de energía renovable.

Para la exploración y explotación eficiente de esos recursos serán necesarias tecnologías hasta ahora nunca usadas en el país (e.g. ingeniería costa afuera) y el uso más sofisticado de tecnologías tradicionales (e.g. recobro mejorado y producción en yacimientos no convencionales). También serán necesarias nuevas y mejores habilidades gerenciales y organizacionales.

Por otro lado, la exploración y explotación responsable de esos recursos requerirá el uso de nuevas y mejores políticas y tecnologías para minimizar su impacto negativo sobre el medio ambiente y sobre las comunidades en donde se lleven a cabo los proyectos de exploración y explotación. Igualmente, se deberán diseñar e implementar políticas nuevas que maximicen los beneficios provenientes de esas reservas tanto para los colombianos de hoy como para las generaciones futuras. De esta manera se logrará la sostenibilidad integral (ambiental, social y económica) de esas reservas.

En el *dossier* de esta edición de la *Revista de Ingeniería* se explorarán diversos aspectos de las problemáticas derivadas de estos desafíos. En este editorial se introducirán los artículos que forman parte del *dossier*, en el contexto de un planteamiento central. Este planteamiento propone que, contrario a lo que ha sido costumbre en Colombia y en otros países productores de petróleo de Latinoamérica y África, los retos enumerados arriba deben asumirse teniendo como uno de los objetivos centrales no simplemente la extracción y la exportación en bruto de los recursos en cuestión (modelo económico de extracción), sino el desarrollo de un sector industrial de clase mundial basada en la generación y en el uso de conocimiento y de valor agregado (modelo económico industrial y de conocimiento). De esta manera se maximizará la independencia del país en cuanto a un

asunto de tanta importancia como es su abastecimiento energético. Igualmente, esa aproximación permitirá la generación de una variedad y una cantidad de ganancias mucho más robustas y elevadas que con la aproximación tradicional extractiva. Este artículo presentará las bases y la justificación de ese planteamiento.

### DE UNA ECONOMÍA DE EXTRACCIÓN DE RECURSOS NATURALES A UNA DE INNOVACIÓN INDUSTRIAL Y DE CONOCIMIENTO

Los recursos naturales son obviamente uno de los grandes componentes de la economía mundial. Sin embargo, ellos pueden dar lugar o formar parte de diferentes tipos de economías, las cuales varían en la cantidad de valor agregado del producto final resultante de los recursos mencionados. En el extremo bajo de valor agregado se encuentran las economías de extracción *extraction* o *resource economies* (Davis, 2009), las cuales se caracterizan por que el recurso natural es objeto de poco o ningún proceso de transformación y por lo tanto su contenido de conocimiento y de valor agregado es muy bajo. En el extremo alto de valor agregado se encuentran las economías industriales y de conocimiento. En estas economías, el recurso natural es objeto de diversos procesos sofisticados de transformación que involucran conocimiento e información no trivial. En el caso de las llamadas economías de conocimiento *knowledge economies* (De Ferranti, Perry, Lederman & Maloney, 2002; Powell & Snellman, 2004), estas tienen un alto componente de productos finales que son puramente alguna forma de conocimiento e información no triviales y de alto valor.

Las ventajas y desventajas de estos modelos económicos han sido objeto de debate por muchos años. Sin embargo, el consenso general es que las economías más exitosas en cuanto a su capacidad de generar riqueza son aquellas que se apartan del modelo puramente

extractivo, con un alto componente de valor agregado mediante el uso de procesos industriales, conocimiento e información (De Ferranti, Perry, Lederman & Maloney, 2002; Stiglitz, 1999; Houghton & Sheehan, 2000).

En la literatura, las desventajas que sufren las economías extractivas con bajo componente de valor agregado se conocen como “la maldición de los recursos” *resource curse* o la “paradoja de la abundancia” *paradox of plenty* (The Economist, 2005; Sachs & Warner, 1997; Davis & Tilton, 1997; Auty, 2007; Brunnschweiler & Bulte, 2008). Concisamente, estos términos se refieren a que, con pocas excepciones y contrario a lo esperado, los países ricos en recursos naturales presentan indicadores de crecimiento más bajos que aquellos países que no poseen esa riqueza. Aunque en los últimos años han surgido contradictores, entre los males asociados a la paradoja de la abundancia están la llamada “enfermedad holandesa” (según la cual las altas rentas provenientes de la exportación de recursos naturales causan la sobrevaloración de la moneda local, deprimiendo los sectores agrícola y manufacturero), altos niveles de pobreza, baja diversificación de la economía, instituciones débiles, gobiernos poco democráticos, altos niveles de corrupción, e incluso mayores índices de conflictos armados internos y externos. Para el caso de los países ricos en petróleo, se ha acuñado el término específico de “maldición del petróleo” *oil curse* para designarlos.

Existen excepciones a la maldición de los recursos. Las etapas tempranas del desarrollo de Estados Unidos, Canadá y Australia estuvieron fuertemente basadas en la explotación de recursos naturales. Más recientemente, Botsuana ha logrado beneficiarse efectivamente de su enorme riqueza en diamantes naturales. El caso de Chile, con sus inmensas reservas de cobre y otros recursos, es similar. Finalmente, en el caso específico del petróleo, Noruega es una excepción reciente y sin duda la más notable (Stevens, 2006; Wright & Czelusta, 2002).

El factor común más importante que parece explicar el escape de estos países a la maldición de los recursos (Rosser, 2006) es la calidad de las instituciones públicas y privadas a cargo de dirigir sus políticas socio-económicas. La clase dirigente de estos países tenía los elementos ideológicos y estructurales correctos para escapar de la maldición y sus instituciones eran lo suficientemente fuertes para sustentar la implantación de las políticas escogidas. Aunque otros factores internos y externos (geografía, coyunturas de comercio internacional, geopolítica, etc.) tienen influencia en el destino de un país rico en recursos, la evidencia indica que la calidad de sus instituciones es el factor dominante y decisivo. Por eso también se ha propuesto que la verdadera maldición es una maldición de liderazgo y no de recursos (Duriugbo, 2005). Esa visión institucional determinó las políticas que les permitieron aprovechar su riqueza en recursos naturales y escapar a los males potenciales de su abundancia. Más adelante en este artículo discutiremos en más detalle estas políticas.

Naturalmente, entre los dos extremos mencionados arriba se encuentran una variedad de casos intermedios de modelos económicos con respecto al aprovechamiento de sus recursos. Para ilustrar esas variaciones presentamos los siguientes ejemplos, los cuales se centran en el petróleo como el recurso natural en cuestión.

**Nigeria: Economía rica en recursos petroleros y totalmente de extracción.** Los países africanos ricos en petróleo son los que ilustran de manera más aguda el concepto de la maldición de los recursos en general, y de la maldición del petróleo en particular. Nigeria tiene las reservas de petróleo más grandes del continente africano. Es también el quinto país exportador a nivel mundial con 2,2 MMBBpd (millones de barriles por día) (EIA, 2014a). Nigeria ha sido un exportador de petróleo desde la década de 1970 y representa el 90% de sus ingresos. Sin embargo, a pesar de la inmensa cantidad de dinero recibida (USD \$73.000 millones

por año a los precios actuales del petróleo), el 70% de su población subsiste con menos de USD \$1 al día y las regiones productoras de petróleo son las más pobres del país (Duriugbo, 2005). Nigeria también ocupa el lugar 144 (entre 177) en transparencia (Transparency International, 2014) y está entre el 5% y el 10% de los países con más altos índices de violaciones de los derechos humanos (Maplecroft Global Risk Analytics, 2014; International Human Rights Rank Indicator, 2014), exacerbadas por tensiones raciales y la presencia de milicias en las áreas productoras (Jerome, Adjibolosoo & Bursari, 2005).

La manera como Nigeria ha decidido explotar su riqueza petrolera es completamente extractiva, manteniéndose limitada a la extracción del recurso del subsuelo y su exportación en bruto, sin ningún programa significativo de transferencia de tecnología ni de desarrollo de una propia. Sólo hasta 2010 se implantó un requerimiento de contenido local *local content requirement*, pero debido a la debilidad institucional del país, la implantación de ese programa no ha arrojado los resultados esperados (Anyanwu, 2013).

Por otro lado, en cuanto a la sostenibilidad de su explotación petrolera, extensas áreas de las zonas de explotación han sufrido un severo daño ambiental (United Nations Environmental Programme, 2011), y en lo relativo a la relación con las comunidades, son bien conocidos los ataques violentos por parte de milicias locales contra los proyectos petroleros. Los indicadores de pobreza en las zonas de explotación han empeorado al tiempo que los ingresos provenientes de la explotación petrolera han crecido continuamente.

En resumen, a pesar de que su enorme potencial, la pésima calidad de sus instituciones ha permitido que la riqueza petrolera sea para Nigeria efectivamente una maldición y no un vehículo para salir de la pobreza y del subdesarrollo en la que ha estado sumida durante toda su historia como país independiente.

### **Brasil: Economía rica en recursos naturales y con fortaleza creciente en su industrialización.**

Al menos en cuanto se refiere al petróleo, Brasil es un ejemplo exitoso de los países en proceso de desarrollo basado en recursos “*resource-based development*” (Smith, 2007). Brasil posee una inmensa riqueza natural. Específicamente en cuanto a su riqueza petrolera, las reservas probadas de Brasil son de unos 14.000 MMBOE (millones de barriles equivalentes), con un potencial de llegar hasta unos 50.000 MMBOE (EIA, 2014b). Esta riqueza petrolera ha puesto a Brasil en el puesto 15 entre los países con más reservas (US Central Intelligence Agency [CIA], 2014), con posibilidades de ascender al octavo puesto. Actualmente Brasil produce unos 2,1 MMBBpd, de los cuales exporta unos 620 MBBpd (miles de barriles por día) (US Central Intelligence Agency, 2014), con expectativas de llegar a producir unos 5 MMBBpd y a exportar alrededor de 2,5 MMBpd en 2020.

La manera como Brasil ha decidido aprovechar su riqueza petrolera contrasta dramáticamente con la de Nigeria. Brasil ha adoptado y aplicado muy efectivamente políticas para convertirse no sólo en un gran productor de petróleo sino también en uno de los grandes generadores y proveedores de tecnología petrolera a nivel mundial, en particular en tecnología de exploración y producción en aguas profundas. La gran mayoría de las reservas petroleras de Brasil se encuentran en yacimientos de aguas profundas costa-afuera *offshore*. Consecuentemente, y viéndola como una necesidad y una oportunidad, Brasil tomó la decisión estratégica de desarrollar una alta competencia técnica propia en la exploración y explotación de yacimientos en aguas profundas. Esto lo logró mediante los siguientes mecanismos:

- La creación, en la década de 1970, de una gran red nacional de investigación, desarrollo (I&D) e innovación en tecnología petrolera. El centro de esta red es el CENPES, en

cuyas actividades participan de manera articulada ingenieros y científicos de universidades nacionales y extranjeras, así como de compañías locales y multinacionales extranjeras. Actualmente Petrobras, la compañía petrolera estatal de Brasil, invierte aproximadamente USD \$1.200 millones anuales en I&D (De Oliveira & Roa Rubiano, 2012).

- La formulación clara y la ejecución de proyectos estratégicos de I&D, tales como el proyecto PROCAP, lanzado en 1986 para el desarrollo de sistemas de producción en aguas profundas (De Oliveira & Roa Rubiano, 2012).
- Relacionada con los dos puntos anteriores, la manera de trabajar con las compañías extranjeras multinacionales. Brasil decidió que la relación con esas empresas no sería una de cliente pasivo-proveedor extranjero sino que se basaría en aprender y dominar las tecnologías que ellas traían, desarrollar independientemente nuevas tecnologías basadas en ese aprendizaje, y en muchos casos ser socios de igual a igual con esas empresas en el desarrollo de proyectos estratégicos de innovación tecnológica (Fishman, 2010).
- Siguiendo ejemplos exitosos como el de Noruega, la adopción de políticas de “contenido local” (PROMINP), dirigidas a elevar la participación en los proyectos petroleros de mano de obra, productos y tecnologías desarrollados y/o fabricados en Brasil. El requerimiento de contenido local puede hoy llegar a ser del 80%, y se prevé que para 2020 llegará a 95% (Barroso & Macedo, 2009). Contrario a lo pronosticado por algunos, la implantación de esas medidas no causó un éxodo significativo de empresas extranjeras y se estima que, sólo entre 2003 y 2009, PROMINP generó unos 640 mil empleos (Barroso & Macedo, 2009), muchos de ellos en nuevos sectores industriales como el de la ingeniería naval para la construcción de embarcaciones y plataformas

petroleras. Se estima que sólo este sector generará unos 40 mil empleos para el año 2020. Aproximadamente 2.300 pequeñas empresas han participado en proyectos petroleros, contribuyendo a la masificación de la industria y a la mitigación de los riesgos de contraer la enfermedad holandesa.

En cuanto a la sostenibilidad, Brasil es reconocido por ser el caso más exitoso del mundo en sustitución de combustibles fósiles por aquellos basados en etanol (Potter, 2008). Por otro lado, desde 2004 Petrobras ha adoptado oficialmente una política de responsabilidad social empresarial (RSE) o (CSR) —por sus siglas en inglés—. Entre esas políticas de RSE está la de eliminación del hambre, la miseria y la exclusión social *Fome Zero*, en la cual entre 2007 y 2012 se invirtieron USD \$600 millones. Estas políticas le han significado a Brasil y a Petrobras ser reconocidas entre las mejores industrias petroleras del mundo por su desarrollo sostenible. Consistente con esas políticas, Petrobras ha implantado una política interna de transparencia en sus actividades, gracias a la cual ha logrado ser reconocida como una de las primeras empresas en los índices de transparencia corporativa internacional (Black, 2007; Grether, 2013).

En resumen, Brasil ha tomado a nivel de Estado un conjunto de decisiones que le han permitido construir una industria petrolera que le ha garantizado una independencia en sus necesidades de hidrocarburos, que ha contribuido crucialmente al desarrollo y al crecimiento del país, y que es reconocida como una de las mejores del mundo por su liderazgo tecnológico y su éxito económico. La industria petrolera de Brasil es un ejemplo exitoso del desarrollo industrial basado en recursos.

**Francia: Economía pobre en recursos naturales pero fuerte en su industrialización.** Francia no es un país rico en recursos naturales explotables industrialmente; en particular, no es un país rico en hidrocarburos. Sin embargo,

Francia posee una de las industrias petroleras más grandes y avanzadas del mundo. La explicación de esta aparente contradicción incluye razones históricas, geopolíticas y la toma de decisiones claras y acertadas a nivel de Estado.

Las razones históricas están relacionadas con la total dependencia de Francia de compañías extranjeras para satisfacer sus necesidades crecientes de petróleo desde finales del siglo XIX hasta bien entrado el siglo XX, especialmente de la americana Standard Oil y de la anglo-holandesa Royal Dutch-Shell. Ese dominio comenzó a romperse cuando Francia fue uno de los grandes vencedores de la Primera Guerra Mundial. Esto le dio acceso a la propiedad de una parte importante de la Compañía Turca de Petróleo, la cual tenía derechos de explotación importantes en el territorio de lo que hoy es Irak (Sassi, 2004).

En la década de 1920 se hicieron hallazgos significativos de petróleo en esos territorios. Esto dio lugar a que el gobierno francés creara la Compagnie Française des Pétroles (CFP), predecesora de Total, la compañía petrolera insignia de Francia en la actualidad. Desde su fundación, el mandato de la CFP fue el aseguramiento de la autonomía material y política de Francia en materia de hidrocarburos (Sassi, 2004).

El final de la Segunda Guerra Mundial, la reconstrucción de Europa y el inicio de la Guerra Fría aumentaron aún más la importancia del petróleo como un recurso vital. Ante esa realidad, Francia desplegó un gran esfuerzo de “diplomacia petrolera” orientado a incrementar sus fuentes de abastecimiento en varias partes del mundo. Como resultado, para la década de 1950 Francia tenía una presencia en fuentes de petróleo en diversas regiones del mundo.

Esa posición ventajosa, junto con una decisión a nivel de Estado, impulsaron el desarrollo tecnológico de la industria petrolera francesa. Esto incluyó el envío de “misiones de productividad” a Estados Unidos, cuyo objeto era el de importar a Francia lo mejor de las

habilidades gerenciales y técnicas de la industria americana (Sassi, 2006). También incluyó el aseguramiento del uso de tecnología francesa en los proyectos bajo su control. En el plano de I&D y de educación, estimuló la creación de programas académicos de alta calidad en universidades francesas y creó el Institut Français du Pétrole. De este último, en 1958 nació Technip, compañía que es hoy en día uno de los líderes mundiales en diversos campos de la ingeniería de petróleos. Total, hoy completamente privatizada, es una compañía petrolera de clase mundial, gracias a su alto nivel de capacidad técnica. GDF-Suez, Schlumberger y CGG (hoy CGG-Veritas), son también compañías de origen francés y líderes mundiales en tecnologías petroleras.

En resumen, mediante políticas claras y consistentes a nivel de Estado, y a pesar de no contar con reservas de petróleo en su territorio, Francia logró construir una de las industrias petroleras más avanzadas e importantes del mundo. Esto le ha garantizado una independencia en su abastecimiento de hidrocarburos, así como un papel influyente en la política petrolera a nivel mundial, generación de empleos de calidad e ingresos anuales importantes como resultado de la capacidad comercial de sus empresas y el uso de sus tecnologías alrededor del mundo.

**Noruega: Economía rica en recursos naturales y con fuerte experiencia en su industrialización.** Noruega es con seguridad el caso más exitoso de aprovechamiento de la abundancia en recursos naturales, en particular de petróleo, y de la evasión de la maldición de los recursos. Al inicio del siglo XX, Noruega era el país más pobre de Europa (Duriugbo, 2005) y a mediados del siglo XX era comparable con Sicilia (Smith, 2007). Gracias al aprovechamiento de su riqueza petrolera es hoy uno de los países más ricos y con más altos índices de calidad de vida del mundo. La riqueza petrolera de Noruega es reciente: el primer yacimiento importante, Ekofisk, fue descubierto en el Mar del Norte en 1969. En los primeros

40 años de producción se extrajeron unos 21.000 MMBBL. Actualmente las reservas probadas de Noruega ascienden a 5.800 MMBBL, siendo el primer productor de Europa Occidental (EIA, 2014c). Se estima que pueden haber reservas por descubrir que incrementarían ese número significativamente (Ryggvik, 2010).

El desarrollo rápido y exitoso de la industria petrolera noruega se debe principalmente a que, a diferencia de muchos países petroleros, al momento del descubrimiento de su riqueza petrolera, Noruega era ya un país con instituciones políticas maduras, eficientes y competentes, así como con una sociedad disciplinada que resaltaba los valores de la frugalidad y de la creación de riqueza por medio del trabajo. Esto le permitió implantar políticas que fueron muy efectivas en la construcción de la industria petrolera noruega, considerada hoy como una de las más avanzadas a nivel mundial.

Esas políticas estaban dirigidas al aseguramiento de una independencia en el abastecimiento de hidrocarburos del país. Uno de los fundamentos de esa independencia fue la creación de un sector industrial doméstico con capacidades tecnológicas propias. Para Noruega fue claro desde el comienzo que debía invertir en desarrollar una alta capacidad tecnológica propia. Esto le permitiría una autonomía más alta en la toma de decisiones y mitigaría la gran diferencia de poder entre las grandes corporaciones multinacionales que inicialmente explotarían sus recursos y el de las autoridades de un país pequeño como Noruega.

Para ejecutar las políticas nacionales en hidrocarburos, a comienzos de la década de 1970 se creó la compañía Statoil, 100% propiedad del Estado noruego y el Directorio Noruego de Petróleos (NPD). Rápidamente se pusieron en marcha políticas claramente dirigidas a que tuviera lugar una transferencia de competencia técnica desde las compañías extranjeras hacia Statoil. Desde el desarrollo de los primeros yacimientos, Statoil participó como

socio de compañías extranjeras. Personal noruego participaba a todos los niveles del proyecto, trabajando bajo el principio de aprender haciendo *learning by doing*. Esto permitió que, para la década de 1980, Statoil tuviera las competencias necesarias para asumir por sí sola el desarrollo de nuevos yacimientos *offshore*, llegando eventualmente a dominar ese sector en Noruega y ser hoy uno de los principales proveedores del mundo en ese campo (Ryggvik, 2010).

Por otro lado, como lo haría después Brasil, se implantaron políticas de contenido local para estimular la creación de una base de proveedores de productos y servicios noruegos con un alto nivel tecnológico. Noruega aprovechó las competencias que tenía en ingeniería naval, en manos principalmente de las compañías Aker y Kvaerner (hoy Aker-Kvaerner), las cuales se reconvirtieron exitosamente en proveedores de plataformas *offshore*, y de equipo submarino de perforación y producción. Estas y muchas otras empresas noruegas son hoy reconocidas como líderes mundiales en soluciones de tecnología para proyectos *offshore* (Ryggvik, 2010).

En cuanto a las actividades de I&D, desde un comienzo Noruega creó el Sistema Noruego de Innovación en Tecnologías del Petróleo. En este sistema se integra la participación de la industria, centros de I&D, las universidades y el gobierno. Cláusulas en los contratos de concesiones de explotación requerían que las compañías extranjeras beneficiarias de esos contratos transfirieran y crearan conocimiento en el marco de ese sistema. Muchas de esas empresas establecieron centros de I&D en Noruega (e.g. el Ullrigg Well Center construido por Shell Oil en Stavanger). Al mismo tiempo, los sectores oficial y privado invirtieron en la creación de centros de I&D (e.g. el Rogaland Research Center en Stavanger) y en la creación de programas de educación y de I&D en el área de petróleos en universidades noruegas (e.g. en la Norwegian Technical University). (Engen, 2007).

Estos esfuerzos se articularon con la formulación por parte del gobierno de proyectos estratégicos de innovación. Entre estos proyectos se destaca el proyecto Condeep para producir un nuevo tipo de plataformas de concreto ancladas al fondo del mar, apoyándose en la experiencia existente en Noruega en la construcción de grandes muros de concreto para embalses de agua. Otro proyecto importante fue NORSOK, cuyo objetivo principal fue reducir los costos de los proyectos hasta en un 50% (Engen, 2007).

Respecto a la sostenibilidad del desarrollo de la industria petrolera noruega, después de una fase inicial de falta de atención a estos aspectos y una serie de accidentes que culminaron con el de la plataforma semi-sumergible Alexander L. Kielland en 1980, en el que perdieron la vida 123 trabajadores, el gobierno noruego expidió regulaciones ambientales y de seguridad de procesos que han hecho de la industria petrolera noruega un referente a nivel mundial (Ryggevik, 2010).

Finalmente, en cuanto a la responsabilidad social de su industria, el gobierno noruego estableció en 1990 el Fondo de Pensiones Gubernamental (Government Pension Fund), a través del cual se ahorran e invierten los superávits de los ingresos provenientes de la explotación de las reservas de petróleo noruegas. A través del fondo se mitigan los efectos del ingreso desordenado de grandes volúmenes de capital en la economía noruega (cf. la enfermedad holandesa) y se asegura la transferencia a las futuras generaciones de los beneficios de la explotación del petróleo noruego. Al día de hoy el fondo tiene un capital de USD \$878.000 millones, lo que lo convierte en el fondo pensional más grande del mundo. Un Comité Ético vigila el cumplimiento de normas que regulan la inversión según principios de responsabilidad social. (Sachs, 2006; Norgesk Bank, 2014).

En resumen, Noruega es sin duda el mejor ejemplo en el mundo de desarrollo exitoso de una industria sostenible de clase mundial basada en recursos

naturales. El ejemplo noruego es el referente mundial de cómo evitar la maldición de los recursos.

### LECCIONES PARA LA INDUSTRIA PETROLERA COLOMBIANA

¿Qué lecciones puede aprender y aplicar Colombia de las experiencias descritas en la sección anterior? En esta sección proponemos que son varias, que su aplicación vendría en un momento oportuno dados los cambios importantes que se avecinan en nuestra industria petrolera, y que sus efectos serían muy positivos para esa industria y para el país en general. La aplicación de esas lecciones presentaría grandes desafíos técnicos, organizacionales, económicos y políticos. Sin embargo, como se mencionó en la sección anterior, la historia muestra que son los desafíos políticos los más críticos, ya que ellos son los que tienen un mayor impacto en el éxito o el fracaso de la creación de una industria basada en recursos naturales. Además, en el caso de países como Colombia con una tradición pobre de valores cívicos, de institucionalidad y de liderazgo político, esto implica cambios culturales profundos que no son fáciles de producir ni de afianzar.

Una posible objeción en contra de embarcarse en la creación de una industria colombiana avanzada y basada en los recursos petroleros es que precisamente Colombia carece de una abundancia importante de esos recursos. En los casos de Brasil y Noruega descritos en la sección anterior, es claro que el descubrimiento de grandes reservas de petróleo fue un detonante y un catalizador para la creación de las industrias petroleras que son motivo de orgullo para esos países. Sin embargo, casos como el de Nigeria indican que la abundancia de petróleo no es una condición suficiente para el surgimiento de una industria petrolera avanzada. Más importante aún, el ejemplo de Francia muestra que esa abundancia no es una condición necesaria para la creación de una industria como la descrita. Además,

como lo discute en detalle el artículo en este *dossier* por Sandra Leyva, Beatriz Herrera y Ángela Cadena, el país tiene un potencial de reservas por encontrar muy importante que podría tener el mismo efecto que el que tuvieron en Brasil y Noruega. Independientemente de eso, como en el caso francés, se debe entender que la pregunta importante a hacerse no es sólo “¿tenemos petróleo?” sino también “¿necesitamos petróleo?”. Claramente, en el futuro previsible la respuesta a esta última pregunta es afirmativa y debería ser una motivación para construir las mejores condiciones que le permitan al país buscar recursos que necesite donde quiera que se encuentren en el mundo, y hacerlo con independencia y autonomía, guiada primordialmente por los intereses del país y no por intereses extranjeros. Tomando estas observaciones como válidas, en esta sección sugerimos los principios y políticas que creemos propiciarían el surgimiento de una industria petrolera colombiana avanzada con proyección internacional.

El primer elemento es, reiterando lo dicho anteriormente, la decisión clara, a largo plazo y a nivel institucional de cambiar la visión extractiva de la explotación del petróleo por una visión de desarrollo industrial que genere valor agregado. Esto requiere un gran consenso institucional a nivel público y privado. El artículo en este *dossier* por Néstor Saavedra y Favio Jiménez enumera las nuevas tecnologías que deberá adoptar el país para aumentar sus reservas de hidrocarburos. Esa necesidad de nuevas tecnologías presenta una gran oportunidad para adoptarlas de manera que en el país se desarrolle una alta competencia en ellas y que se transformen en ventajas comparativas y competitivas. Para lograr ese objetivo será necesario cambiar la relación con las compañías extranjeras que traerán esas tecnologías al país. Esa relación no debe ser más simplemente una de proveedor-cliente pasivo sino que debe ser también una de aprendiz y socio en la que personal colombiano aprenda haciendo lo que saben hacer las compañías

internacionales, y eventualmente adquiere un nivel de competencia que le permite al país ser un socio de igual a igual con ellas en el desarrollo de los recursos petroleros del país o adelantar proyectos de alta dificultad por sí solo. Para eso se requiere adoptar políticas oficiales que demanden ese tipo de relación y que también ofrezcan estímulos para que las compañías internacionales las adopten en el país.

El artículo de Néstor Saavedra y Favio Jiménez también enumera las tecnologías claves en las que el país se debe fortalecer en todas las fases del ciclo de vida del petróleo: *upstream*, *midstream* y *downstream*. Esas áreas clave representan oportunidades de desarrollo de ventajas comparativas y competitivas a nivel mundial. El desarrollo de altas tecnologías *offshore* en Brasil y Noruega son ejemplos exitosos de desarrollo de ventajas competitivas basadas en las necesidades particulares de su industria. En el caso colombiano, ejemplos de estos desarrollos podrían ser la producción y manejo de crudos pesados y super-pesados (abundantes en nuestro subsuelo) y en la adquisición y procesamiento de señales sísmicas en geologías complejas como la nuestra. Ese aprovechamiento de las ventajas y las necesidades locales *play to your advantages* para desarrollar nuevas oportunidades industriales es reconocida por los expertos en desarrollo económico como una de las condiciones claves para hacer una transición exitosa de una economía de extracción de recursos a una industria basada en recursos (Smith, 2007; Sachs, 2006; Stevens, 2006; De Ferranti, Perry, Lederman & Maloney, 2002). En este campo será crítico el liderazgo de Ecopetrol, implantando una verdadera cultura global de la innovación y la creatividad.<sup>1</sup>

Para el éxito del desarrollo de esas ventajas competitivas será necesaria la construcción de un sistema de proveedores de productos y servicios con

los niveles de competencia y de calidad que ellas requieren. Se debe estimular en particular la formación de proveedores nacionales y se deben favorecer aquellos proveedores extranjeros que muestren una mayor voluntad de colaborar con elevar el nivel de competencia del país en los temas y habilidades relacionados con sus productos y servicios. Por su tamaño, su importancia relativa y su misión dentro del sector energético colombiano, Ecopetrol jugaría un papel fundamental en el desarrollo de ese sistema de proveedores.

Otra condición indispensable para el éxito de una industria petrolera colombiana de talla internacional será la creación de un sistema nacional de capacitación e innovación tecnológica I&D que sirva como plataforma para la capacitación de personal nacional en las habilidades críticas para el futuro de nuestra industria de petróleo y gas y para la creación de nuevo conocimiento, nuevos productos y nuevos servicios con nivel de excelencia. Esto requerirá un esfuerzo coordinado entre el gobierno, el sector empresarial colombiano y las empresas internacionales que operen en el país. En las fases iniciales será necesario estimular la participación de las compañías internacionales, poseedoras del conocimiento de punta, en esa red de innovación y capacitación. Para eso se debe propiciar que las compañías internacionales abran centros de tecnología dentro de la red nacional. Igualmente, será esencial que desde el comienzo se mejore y se fortalezcan las leyes de propiedad intelectual.

Para financiar adecuadamente esa red de capacitación e innovación, el gobierno deberá elevar substancialmente su inversión en esas áreas. Actualmente Colombia invierte por año apenas 0,18% de su PIB en I&D. Eso la coloca entre los países con más baja inversión en I&D en Latinoamérica, y a nivel mundial por debajo incluso de países como Etiopía y Mozambique (The World Bank, 2014). La evidencia

histórica de muchos otros países muestra que para lograr una financiación adecuada, esa inversión se debe elevar a por lo menos 1% del PIB.

Esa red de capacitación e innovación debe ser también un vehículo para la transferencia efectiva de tecnología a empresas existentes y a las nuevas que surjan como resultado de las oportunidades creadas por los desarrollos logrados en esos centros. Esto ampliará la cantidad y la calidad de las oportunidades laborales en el sector petrolero, las cuales hasta ahora están casi completamente limitadas a las asociadas a la extracción y exportación en bruto del petróleo, lo cual ha producido un crecimiento del desempleo en el sector petrolero (ACIPET & CPIP, 2013). Esas políticas han generado en otros países una red altamente diversificada de pequeñas empresas que proveen productos y servicios al sector petrolero. Por ejemplo en Houston, la capital mundial del petróleo, se estima que hay unas 3.600 pequeñas empresas directamente relacionadas con la industria petrolera (Rice University, 2011).

No se debe perder de vista el potencial de las tecnologías de la información. Estas han sido críticas en el cambio alrededor del mundo de las economías basadas en recursos a las economías de la información y el conocimiento. Estas últimas han mostrado un poder multiplicador de la inversión hecha en ellas superior al de la mayoría de las economías basadas en sólo recursos (Houghton & Sheehan, 2000). Las industrias intensivas en información y conocimiento no requieren las altísimas inversiones de capital que requieren las grandes industrias tradicionales. En ellas, en lugar de grandes y costosas plantas industriales, el recurso crítico es la alta competencia y capacidad creativa de su personal. Por otro lado, el conocimiento difiere de los productos físicos tradicionales en que una vez se logra la primera unidad del producto final, este no se

1 Una búsqueda en la base de datos de la Oficina de Patentes de Estados Unidos (<http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html>) muestra que, al día de hoy y desde 1976, seis patentes han sido asignadas a Ecopetrol y 246 a Petrobras. Grandes compañías multinacionales como Shell Oil han obtenido casi 7 mil patentes en el mismo periodo.

desgasta con su duplicación, en muchos casos su valor aumenta al duplicarse, pero el costo de duplicación es marginal comparado con el de producción. Estos factores representan grandes ventajas para países como el nuestro. En el caso de nuestro sector petrolero, el esfuerzo del gobierno en tecnologías de la información en el Parque Tecnológico de Guatiguará es un paso en la dirección correcta. En este aspecto, Brasil es el referente a nivel regional, hasta el punto de que se habla de Brasil como una economía natural de conocimiento (Bound, 2008).

En cuanto a las universidades en particular, aunque muy importante, su papel no se debe limitar solamente a la satisfacción de la demanda de profesionales. Por su misma naturaleza, las universidades deben ser una parte integral de los esfuerzos de innovación tecnológica, en colaboración estrecha con el sector gubernamental y empresarial, y deben establecer redes de colaboración con universidades extranjeras de primera línea. Por otro lado, se deben abrir programas de posgrado (máster y doctorado) de alta calidad con formación en los aspectos técnicos y gerenciales de la industria de hidrocarburos, y se deben crear estímulos para que el sector empresarial requiera y contrate profesionales a esos niveles. En ese sentido, la Universidad de Los Andes ha decidido contribuir al logro de esas metas involucrándose decididamente en el área de hidrocarburos. Ese involucramiento se centra en la preparación de un programa de maestría en Ingeniería de Petróleos, que se espera esté operando en el segundo semestre de 2015. El programa académico de esa maestría tendrá un perfil técnico-gerencial y hará énfasis en los temas relevantes al futuro de la industria petrolera del país: ingeniería *offshore*, recobro mejorado, hidrocarburos no-convencionales, manejo socio-ambiental de proyectos petroleros y gerencia de esos proyectos.

Finalmente, pero no por eso menos importante, este *dossier* incluye dos artículos sobre temas de sostenibilidad

socio-ambiental; uno escrito por Adriana Soto y Mariana Sarmiento, y otro por Alfonso Avellaneda. En ellos se evidencian aspectos de la compleja problemática socio-ambiental relacionada con la explotación de hidrocarburos en Colombia. En el país hacen falta grandes esfuerzos para asegurar la sostenibilidad ambiental de los proyectos petroleros, así como para asegurar que las comunidades donde los proyectos tienen lugar y el país en general se beneficien con justicia de las ganancias provenientes de la explotación de esos recursos. Para eso se deben establecer políticas de manejo adecuado de esas ganancias para evitar los efectos de la enfermedad holandesa y al mismo tiempo utilizar esas ganancias en la prestación de servicios esenciales y en la construcción de la infraestructura que necesita el país y que soportará el crecimiento asociado al desarrollo basado en recursos propuestos en este artículo. Las soluciones de esos problemas son también oportunidades para que el país desarrolle y aporte nuevos conocimientos en técnicas de manejo ambiental, en políticas de desarrollo económico y de responsabilidad social.

## CONCLUSIONES

La evidencia histórica muestra que para muchos países, la posesión de reservas significativas de petróleo y gas no les ha traído los beneficios que potencialmente podría traerles. Por el contrario, en muchos casos esos recursos han tenido efectos muy negativos de tipo económico, social y político (cf la maldición de los recursos). Sin embargo, la evidencia histórica también muestra que ese no tiene que ser siempre el caso y que es posible aprovechar esos recursos para construir una industria avanzada basada en los recursos petroleros, pero no sólo en su extracción en bruto sino en la generación de valor agregado y de conocimientos avanzados. Sin embargo, el logro de esa meta requiere de decisiones a largo plazo a nivel institucional que permitan la ejecución de políticas que creen las condiciones

apropiadas para el surgimiento de ese tipo de industria.

La industria petrolera colombiana está pasando por un momento en el que tendrá que recurrir a fuentes nuevas de hidrocarburos para garantizar su autosuficiencia a largo plazo. Esto implicará asumir retos tecnológicos que al mismo tiempo presentan una oportunidad para que el país se aparte del modelo extractivo de la explotación de sus recursos petroleros y adopte un modelo industrial avanzado basado en esos recursos. En este artículo se propusieron los principales componentes de una política conducente a la creación de las condiciones apropiadas para la creación de una industria petrolera generadora de valor agregado y de conocimientos avanzados. Esas políticas requieren la participación armónica de los sectores público y privado, así como de su sistema educativo y de I&D. También requiere de una nueva relación con las compañías internacionales basada en la transferencia de conocimiento, en la producción nacional de servicios, equipos y conocimientos requeridos en la explotación de los recursos petroleros, y en el trabajo de igual a igual como socios en los proyectos asociados a esa explotación.

## REFERENCIAS

- Asociación Colombiana de Ingenieros de Petróleos (ACIPET) & Consejo Profesional de Ingeniería de Petróleos (CPIP). (2013). *Oferta y demanda laboral en la Industria Petrolera Colombiana*. Bogotá: Consejo Profesional de Ingenieros de Petróleos (CPIP).
- Anyanwu, J. (2013). *Local Content in the Hydrocarbons Sector: Lessons of Experience*. Mozambique Coal and Gas Seminar. Maputo, Mozambique.
- Auty, R. (1998). *Resource Abundance and Economic Development*. The United Nations University, World Institute for Development Economics Research. Helsinki: UNU World Institute for Development Economics Research.

- Auty, R. (2007). *Natural resources, capital accumulation and the resource curse*. *Ecological Economics*, 627-634.
- Barroso, H. & Macedo, M. (2009, January). *Local content in Brazilian oil industry*. T&B Petroleum, pp. 64-68.
- Black, J. (2007). *Petrobras*. University of California, San Diego, Graduate School of International Relations and Pacific Studies. San Diego, CA: University of California.
- Bound, K. (2008). *Brazil, the natural knowledge economy*. DEMOS. The Atlas of Ideas. London, UK.
- Brunnschweiler, C. & Bulte, E. (2008). *Linking Natural Resources to Slow Growth and More Conflict*. *Science*, 320, 616-617.
- De Ferranti, D., Perry, G., Lederman, D. & Maloney, W. (2002). *From Natural Resources to the Knowledge Economy*. Washington, D.C., USA: The World Bank.
- Davis, G. & Tilton, J. (2005). *The resource curse*. *Natural Resources Forum*, 233-242.
- Davis, G. (2009). *Extractive Economies, Growth, and the Poor*. In *Mining, Society, and a Sustainable World* (pp. 37-59). Berlin, Germany: Springer Verlag.
- De Oliveira, A. & Roa Rubiano, D. (2012). *Innovation in Brazilian Oil Industry*. Universidade Federal de Rio de Janeiro, Economics Institute. Rio de Janeiro: UFRJ.
- Duriugbo, E. (2005). *The World Bank, Multinational Oil Corporations, and the Resource Curse in Africa*. *Journal of International Law*, 26 (1).
- The paradox of plenty. (20 December 2005). *The Economist*, Retrieved from <http://www.economist.com/node/5323394>
- Engen, O. (2007). *The development of the Norwegian Petroleum Innovation System: A historical overview*. University of Stavanger. Stavanger, Norway: University of Stavanger.
- Fishman, A. (2010). *Petrobras, Petro-Salt, Legislative Changes & the Role of Foreign Investment*. George Washington University. Washington, D.C.: George Washington University.
- Grether, A. (2013). *Responsabilidade Social na Petrobras*. Retrieved July 14, 2014, from Associação Brasileira de Normas Técnicas: [http://www.abnt.org.br/imagens/IMPrensa/APRESENTACOES/workshop\\_RS\\_03-07-08\\_AnaPaulaGrether.pdf](http://www.abnt.org.br/imagens/IMPrensa/APRESENTACOES/workshop_RS_03-07-08_AnaPaulaGrether.pdf)
- Houghton, J. & Sheehan, P. (2000). *A Primer on the Knowledge Economy*. Victoria University, Centre for Strategic Economic Studies. Melbourne, Australia: Centre for Strategic Economic Studies.
- International Human Rights Rank Indicator. (2014). *International Human Rights Rank Indicator. All Countries by Rank*. Retrieved July 14, 2014, from [ihri.com: http://www.ihri.com/contry.php](http://www.ihri.com/contry.php)
- Jerome, A., Adjibolosoo, S. & Busari, D. (2005). *Addressing Oil Related Corruption in Africa. Is the Push for Transparency Enough?* *Review of Human Factor Studies*, 11 (1), 7-32.
- Maplecroft Global Risk Analytics. (2014). *Maplecroft's Human Rights Risk Atlas 2014*. Retrieved July 14, 2014, from Maplecroft: <https://maplecroft.com/themes/hr/>
- Norges Bank. (2014). *Government Pension Fund Global. The Fund*. Retrieved July 14, 2014, from Norges Bank Investment Management.: <http://www.nbim.no/en/the-fund/>
- Potter, N. (2008). *How Brazil achieved energy independence and the lessons the United States should learn from Brazil's experience*. *Washington University Global Studies Law Review*. 7 (33) 331-351.
- Powell, W.W.; Snellman, K. (2004). *The knowledge economy*. *Annual Review of Sociology*. 30, 199-220.
- Rice University. (2011). *The Houston Economy*. Retrieved March 21, 2014, from Rice University. Department of Chemical Engineering. About Us.: [http://www.ruf.rice.edu/~che/about\\_us/houston\\_economy.htm](http://www.ruf.rice.edu/~che/about_us/houston_economy.htm)
- Rosser, K. (2006). *Escaping the Resource Curse*. *New Political Economy*. 11 (4) 557-570.
- Ryggvik, H. (2010). *The Norwegian Oil Experience*. University of Oslo, Centre for Technology Innovation and Culture. Oslo, Norway: University of Oslo.
- Sachs, J. & Warner, A. (1997). *Natural Resource Abundance and Economic Growth*. Harvard University, Center for International Development and Harvard Institute for International Development. Cambridge, MA: Harvard University.
- Sachs, J. (2006). *How to Handle the Macroeconomics of Oil Wealth*. Columbia University, Initiative for Policy Dialogue. New York, NY: Columbia University.
- Sassi, M. (2004). *The Emergence of the French Oil Industry between the Two Wars*. Retrieved July 14, 2014, from Business and Economic History On-Line: <http://www.thehbc.org/publications/BEHonline/2003/Sassi.pdf>
- Sassi, M. (2006). *Compagnie Française des Pétroles and Its Contribution to the Re-establishment of France's Position among the Oil Countries after the Second World War*. Retrieved July 14, 2014, from Business and Economic History On-Line: <http://www.thehbc.org/publications/BEHonline/2006/sassi.pdf>
- Smith, K. (2007). *Innovation and growth in resource-based economies*. University of Tasmania, Australian Innovation Research Centre. Hobart: University of Tasmania.
- Stevens, P. (2006). *"Resource Curse" and How to Avoid It*. *The Journal of Energy and Development*, 31 (1).

- Stiglitz, J. (1999). *Public Policy for a Knowledge Economy*. The World Bank, Department of Trade and Industry and Center for Economic Policy Research. London, U.K.: The World Bank.
- Tovar, L. (2008). *Paso a Pozo*. Carta Petrolera de Ecopetrol, Edición 119. Retrieved from [http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta\\_petrolera119/rev\\_tecnologia.htm](http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera119/rev_tecnologia.htm)
- Transparency International (2014). *Corruption by Country/Territory*. Retrieved, from Transparency International: <http://www.transparency.org/country>
- United Nations Environmental Programme. (2011). *Environmental Assessment of Ogoniland*. United Nations Environmental Programme. Nairobi, Kenya: UNEP.
- US Central Intelligence Agency (CIA). (2014). *CIA World Factbook. Country Comparison: Crude Oil Exports*. Retrieved, from CIA World Factbook: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2242rank.html>
- US Energy Information Administration (EIA). (2014a). *US Energy Information Administration. Countries: Nigeria*. Retrieved, from US Energy Information Administration: <http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=NI>
- US Energy Information Administration (EIA). (2014b). *US Energy Information Administration. Countries: Brazil*. Retrieved, from US Energy Information Administration: <http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=BR>
- US Energy Information Administration (EIA). (2014c). *US Energy Information Administration. Countries: Norway*. Retrieved, from US Energy Information Administration: <http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=NO>
- US Energy Information Administration (EIA). (2014d). *US Energy Information Administration. Countries: Colombia*. Retrieved, from US Energy Information Administration: <http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=CO>
- The World Bank. (2014). *Research and development expenditure (%GDP)*. Retrieved, from The World Bank Data: <http://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>
- Wright, G. & Czelusta, J. (2002). *Resource-Based Economic Growth, Past and Present*. Stanford University.