

EVALUACIÓN DEL RIESGO EXPLORATORIO

Fernando Marcano, Eugenio Ochoa y Leonardo Rojas
PDVSA, Exploración y Producción, Venezuela

RESUMEN

El proceso de búsqueda de hidrocarburos considera múltiples decisiones que comienzan con la determinación para explorar en un área específica hasta la aprobación de la perforación de un pozo, con la esperanza de conseguir petróleo o gas en condiciones que permitan eventualmente incrementar las ganancias de la compañía. Todas las decisiones involucran inversiones, por lo que están unidas tanto a una optimización de los recursos como a estrategias de la corporación. Estas decisiones se establecen sobre la base de parámetros económicos soportados por variables a veces muy poco conocidas, relacionadas con el entorno geológico o económico propios de la oportunidad exploratoria. Las incertidumbres tanto en la estimación de los volúmenes por descubrir como de las ganancias por obtener implican un riesgo, determinando en parte, las inversiones que pudieran realizarse y bajo la incertidumbre adicional de la pérdida de otras oportunidades.

Este estudio presenta una descripción de las mejores prácticas para realizar las estimaciones probabilísticas de volúmenes por descubrir de petróleo y gas en una oportunidad, basado en el análisis del Sistema Petrolífero (para prospectos, **leads** y **plays**) y considerando las incertidumbres asociadas a un pobre conocimiento de las variables envueltas o de los procesos geológicos que determinan la presencia o no de hidrocarburos en un área, así como en la estimación del valor económico.

El modelo geológico incorpora los procesos de generación y migración de hidrocarburos, entrapamiento y retención, y las estimaciones se realizan mediante una secuencia integrada de cálculos relacionados. El software comercial utilizado considera la calibración del sistema de evaluación de volúmenes por descubrir con el conocimiento geológico de las cuencas, utilizando métodos bayesianos para las estimaciones de probabilidades así como la regresión sobre múltiples variables.

El riesgo económico es aquel asociado a la posibilidad de no tener un negocio con la rentabilidad mínima del costo de capital, y se obtiene encontrando el volumen al cual el Valor Presente Neto sería cero. El valor económico de la oportunidad se ajusta por riesgo para obtener un indicador característico en el negocio de exploración que se conoce como Expectativa del Valor Monetario (EVM). Para la jerarquización se utiliza el EVM en conjunto con otros indicadores económicos para oportunidades exploratorias aisladas o en grupos, así como la probabilidad de éxito económico, el valor del potencial de reservas alto y factores estratégicos

Un aspecto fundamental en el proceso es la continua evaluación de la metodología por parte de los usuarios, ya que las estimaciones realizadas no necesariamente van a representar una visión equilibrada de las incertidumbres (ni optimistas ni pesimistas). Esta evaluación es de importancia crítica para el establecimiento de acciones en la búsqueda del mejoramiento continuo.

1. INTRODUCCIÓN

El riesgo exploratorio es la probabilidad de no tener oportunidades con hidrocarburos y, encontrándose éstos, que no tengan el valor económico mínimo esperado por la corporación.

La evaluación del riesgo exploratorio es un subproceso dentro del proceso más general de búsqueda de petróleo y gas, posterior a la identificación de **plays**, **leads** y prospectos exploratorios, vinculado al objetivo de estimar el valor de estas oportunidades, y con el fin de establecer una serie de decisiones orientadas a optimizar el proceso de búsqueda, y que son parte del ciclo exploratorio (Fig.1). El proceso de búsqueda de hidrocarburos considera múltiples decisiones que comienzan con la determinación para explorar en un área específica hasta la aprobación de la perforación de un pozo, con la esperanza de conseguir petróleo o gas en condiciones que permitan eventualmente incrementar las ganancias de la compañía. Todas las decisiones involucran inversiones, por lo que están unidas tanto a una optimización de los recursos como a estrategias de la corporación.

Estas decisiones se establecen sobre la base de parámetros económicos soportados por variables a veces muy poco conocidas, relacionadas con el entorno geológico o económico propios de la

CICLO EXPLORATORIO



Figura 1

oportunidad exploratoria. Las incertidumbres tanto en la estimación de los volúmenes por descubrir como de las ganancias por obtener implican un riesgo, determinando en parte, las inversiones que pudieran realizarse y bajo la incertidumbre adicional de la pérdida de otras oportunidades.

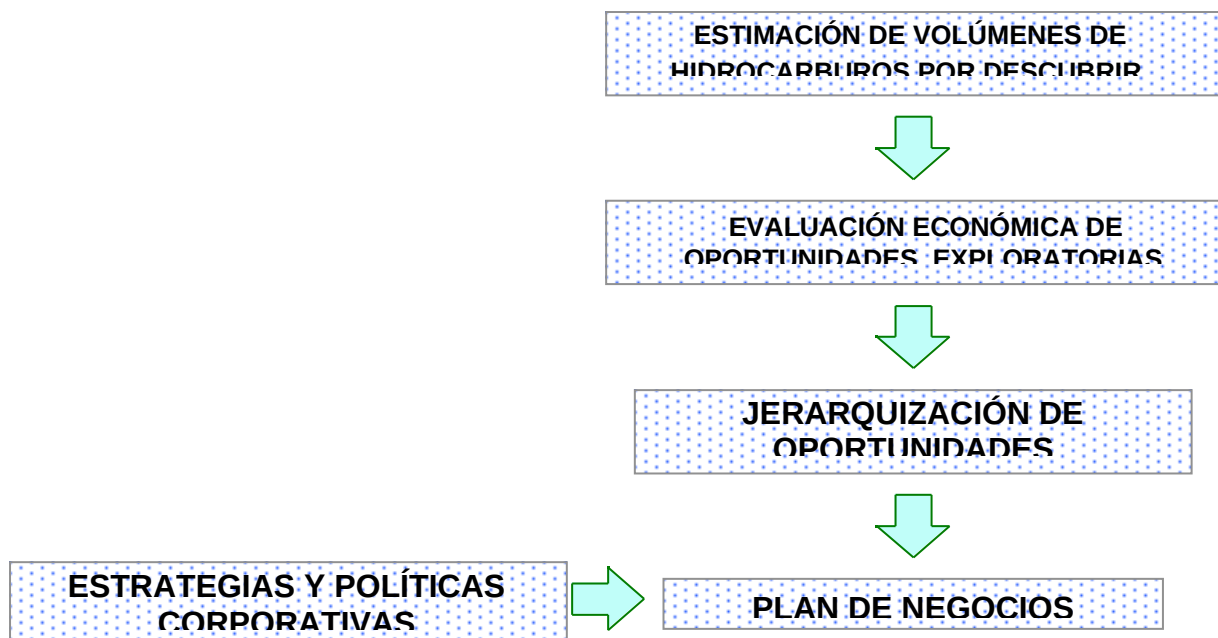


Figura 2

El proceso (Fig.2) abarca varias etapas, cada una de ellas con actividades propias, aunque la metodología de estimación de los riesgos e incertidumbres son similares:

- a) Estimación de los volúmenes por descubrir y del riesgo de no-existencia de hidrocarburos.
- b) Estimación del valor económico de una oportunidad y del riesgo de no-existencia de una acumulación comercial.
- c) Comparación y Jerarquización de oportunidades, y eventualmente definición del Plan de Negocios, considerando las estrategias de la corporación.

Este estudio presenta una descripción de las mejores prácticas para realizar las estimaciones probabilísticas de volúmenes por descubrir de petróleo y gas en una oportunidad, basado en los resultados del análisis del Sistema Petrolífero (para prospectos, **leads** y **plays**) y considerando las incertidumbres asociadas a un pobre conocimiento de las variables envueltas o de los procesos geológicos que determinan la presencia o no de hidrocarburos en un área, así como de la estimación de su valor económico.

2. METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE PROBABILIDADES Y VOLUMENES DE HIDROCARBUROS POR DESCUBRIR

La estimación de los riesgos y probabilidades se ha realizado en la industria usando diversas metodologías (Fig.3):

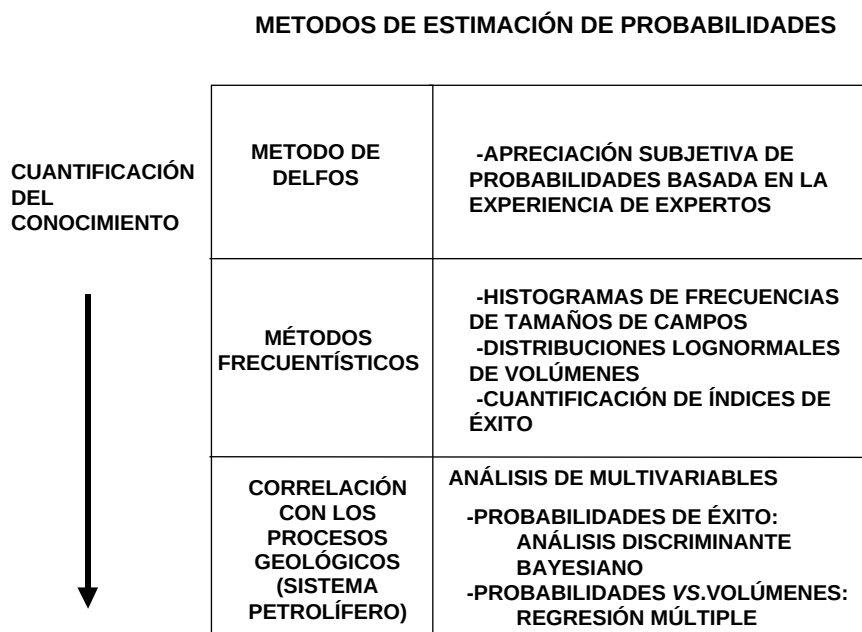


Figura 3

El **método de Delfos** considera subjetivamente las incertidumbres y riesgos en los elementos del Sistema Petrolífero para el análisis probabilístico de oportunidades, basado en la experiencia individual de "expertos". Es la tecnología en uso en muchas de las compañías petroleras mundialmente.

Los **métodos frecuentísticos** se basan en la obtención de los índices de éxito de la actividad exploratoria y de las distribuciones de volúmenes de las acumulaciones descubiertas para eventualmente extrapolar probabilidades y volúmenes del pasado histórico como indicativos de los riesgos y volúmenes de las acumulaciones todavía por ser descubiertas. Una estimación en el ámbito de cuencas sedimentarias venezolanas ha sido efectuada (Marcano, 1999), utilizándose la distribución en forma lognormal de campos descubiertos, demostrándose la gran dispersión en los rangos estimados de volúmenes por descubrir que puede lograrse con esta metodología.

La Figura 4 muestra la distribución lognormal de campos en la Cuenca Oriental de Venezuela, donde las acumulaciones descubiertas están representadas por las barras con trama de puntos y las

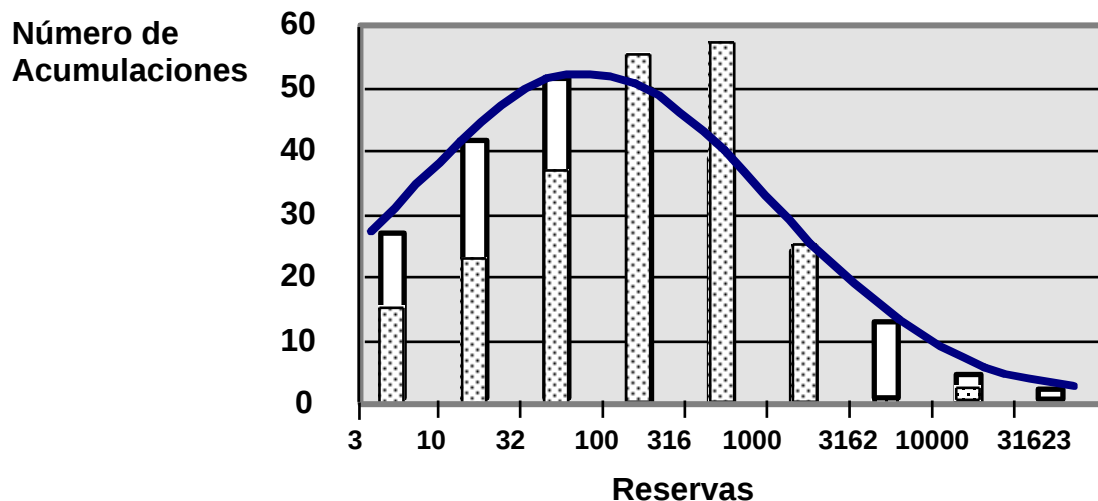


Figura 4

acumulaciones por descubrir se representan en las barras sin trama, al ajustar una distribución lognormal a las acumulaciones descubiertas (la escala del eje de las X es lognormal, y la curva ajustada es por consiguiente normal). El ajuste de la curva puede hacerse de varias formas, y por eso la estimación resultante de los volúmenes de petróleo todavía por descubrir tiene una incertidumbre amplia, que en este caso varía entre 9500 y 42000 MMB.

El **método de correlación con los procesos geológicos** considera la relación entre los elementos y procesos del sistema petrolífero (Fig.5) y la predicción de hidrocarburos en una oportunidad. El principio fundamental es establecer un modelo geológico del hábitat de hidrocarburos: los procesos de generación de hidrocarburos a partir de una roca madre, su eventual expulsión y migración, las pérdidas de petróleo y gas en los caminos de migración antes de alcanzar una trampa, las pérdidas por falta de una sincronización entre los eventos de carga de hidrocarburos y de formación de la trampa, eventualmente resueltas en un volumen efectivo poroso capaz de almacenar petróleo y las pérdidas por efecto de un sello defectuoso.

El modelo geológico está caracterizado por parámetros que son el objeto principal de la investigación de los intérpretes en los grupos exploratorios, abarcando las disciplinas de la geología, geofísica, petrofísica y geoquímica.

La predicción del volumen a descubrir (Sluijk y Nederlof, 1984) en una oportunidad exploratoria es

PROCESOS	MODELO GEOLÓGICO	PARÁMETROS
RETENCIÓN		SELLO: • Espesor • Litología • Profundidad
ACUMULACIÓN		TRAMPA: • Geometría • Petrofísica • Sincronización
MIGRACIÓN		VÍAS DE MIGRACIÓN: • Distancia • Fallas
GENERACIÓN		ROCA MADRE: • Calidad • Madurez

Figura 5

posible mediante el establecimiento de una serie de cálculos (Fig.6): a) Estimación de la cantidad del hidrocarburo generado disponible a la trampa, el cual considera la calidad y espesor efectivo de la roca

PROCESOS BASICOS

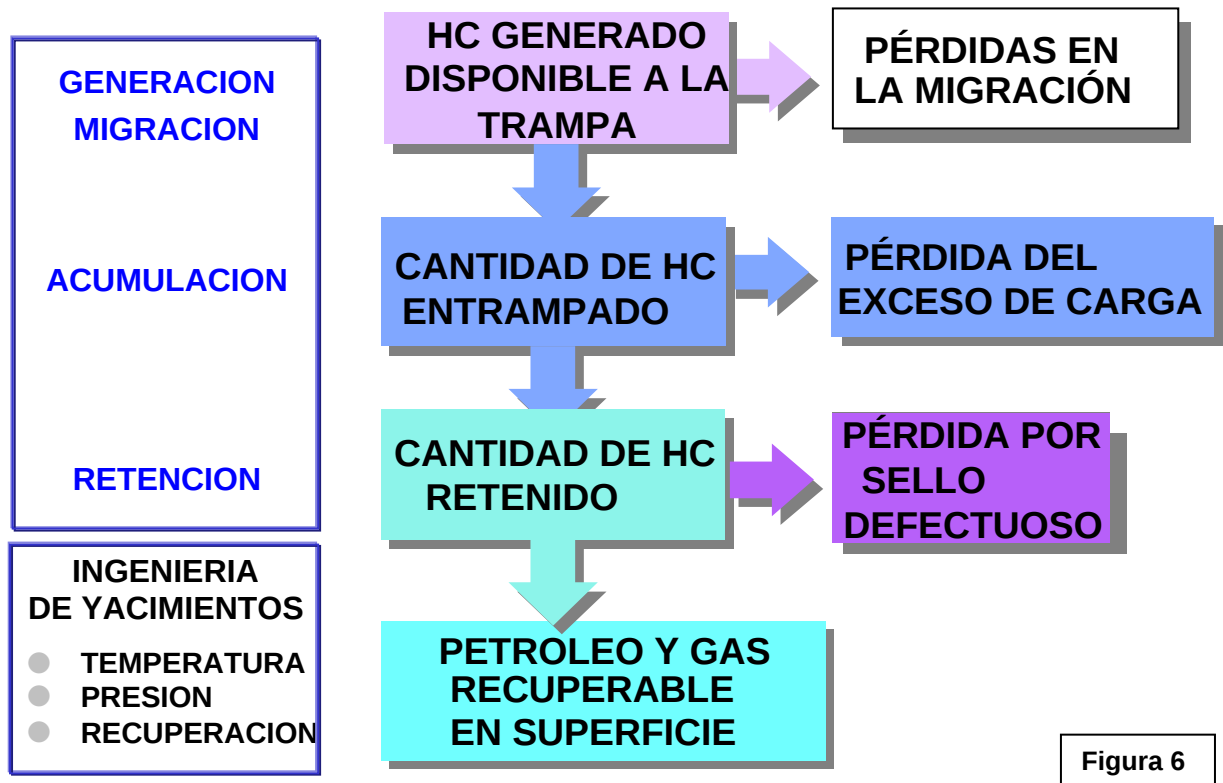


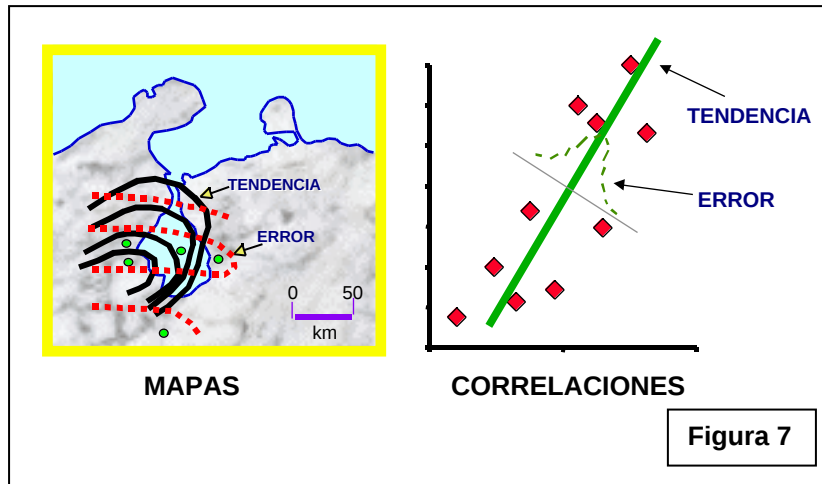
Figura 6

madre, su extensión en el área de donde se estima ha migrado el petróleo y gas siendo generado. El cálculo considera las pérdidas en los caminos de migración, dependiendo del tipo de fluido, la litología en los caminos y la presencia de fallas y fracturas; b) Estimación del hidrocarburo entrampado, considerando la capacidad efectiva de la trampa durante su historia de formación y la relación con la cantidad de petróleo y gas que es disponible en cada etapa de su formación. Se consideran las pérdidas cuando la cantidad de hidrocarburo es mayor que la capacidad efectiva de la trampa; c) Estimación de la cantidad de hidrocarburo retenido, dependiendo éste de la capacidad sellante de las rocas, que es función de la litología, de las presiones, del espesor de las capas y de la presencia de fallas y fracturas; d) Estimación del petróleo y gas recuperable en superficie, considerándose los mecanismos de producción y los cambios volumétricos que ocurren al pasar del subsuelo a la superficie.

El desconocimiento tanto del funcionamiento de los procesos geológicos como de la caracterización de estos procesos en forma de leyes físicas y químicas, implica que el modelado de la naturaleza con el fin de predecir cantidades de petróleo y gas acumuladas en un área sea muy incierto. También, aún teniéndose una perfecta caracterización de los fenómenos geológicos con fórmulas matemáticas, no se tendría un perfecto conocimiento de las variables que entrarían en esas ecuaciones. Esto significa que el conjunto de técnicas a aplicar en la determinación de los posibles volúmenes y las probabilidades de su existencia tiene que considerar dos tipos de incertidumbres: la proveniente del desconocimiento de cómo son los procesos geológicos que finalmente producen una acumulación de hidrocarburos en el subsuelo y la proveniente del desconocimiento del valor de las variables geológicas, geoquímicas, petrofísicas y de ingeniería en el entorno de una oportunidad exploratoria.

En la metodología de correlación con los procesos geológicos, se compara el resultado de la estimación del petróleo entrampado en un campo con el valor real. Usualmente existe una desviación, que refleja la incertidumbre en el conocimiento del funcionamiento de los procesos en la naturaleza. De esta calibración es posible generar mediante regresión de múltiples variables un error en el cálculo, el cual se reflejará como una incertidumbre.

Por otro lado, el desconocimiento del valor de las variables en los cálculos debe igualmente considerarse. Esta incertidumbre, que puede ser grande para oportunidades en áreas exploratorias inmaduras, poco conocidas, se considera individualmente para cada variable en forma de una distribución probabilística. Las distribuciones deben incluir las incertidumbres alrededor del promedio considerado, lo cual es estimable por métodos estadísticos en aquellos casos con un número representativo de datos. En todos los casos, es importante que se consideren las posibles tendencias



geológicas que resultan de la interpretación integrada de la información (Fig. 7).

La posibilidad de fracasar en nuestras apreciaciones acerca de la presencia de hidrocarburos en una oportunidad es una realidad usual en el negocio de exploración. Este riesgo se considera en el método de correlación con los procesos geológicos al estimarse las probabilidades de carga a nivel mundial y modificando éstas con las probabilidades locales, resultado del nivel exploratorio en el área, así como por los propios elementos del sistema petrolífero, los cuales pueden afectar en un modo positivo o negativo la probabilidad final. La apreciación de la influencia de estos valores en la probabilidad final se cuantifica mediante el análisis bayesiano de casos históricos (Sluyk y Nederlof, *op.cit.*). Mediante estas técnicas es posible apreciar cuantitativamente la importancia de, por ejemplo, una roca madre de buena calidad o gran espesor en la probabilidad misma de la carga de hidrocarburos a la oportunidad, y eventualmente en el riesgo de no conseguir hidrocarburos.

El manejo de las incertidumbres en la estimación de reservas se hace a través de una simulación de Montecarlo, que se basa en el cálculo de cientos de escenarios posibles de reservas. En cada uno de estos ciclos, cada escenario va a ser el resultado de una secuencia integrada de cálculos. Cada ciclo es diferente porque los datos que intervienen en cada uno de los cálculos son diferentes. Estos datos son previstos por el evaluador en forma de rangos asociados a probabilidades (Fig.8).

Todas las incertidumbres, la proveniente de los datos y la proveniente de modelo imperfecto de la naturaleza, se traducen finalmente en un resultado con múltiples escenarios de reservas por descubrir. Los posibles escenarios volumétricos que pueden existir en una oportunidad exploratoria, incluyendo el caso de no-existencia de hidrocarburos, se representan usualmente en forma de un histograma de rangos de volúmenes o en forma de una curva de expectativas (Fig.9), de donde varios indicadores pueden ser extraídos, y que usualmente son utilizados para caracterizar una oportunidad exploratoria, tales como la expectativa (valor promedio de todos los escenarios, con hidrocarburo o secos).

En PDVSA, se utiliza el software de evaluación GAEAPAS (Geologic Analysis Exploration And Prospect Appraisal System) para la estimación de reservas por descubrir. Gaeapas es un paquete comercial de estimaciones de escenarios de volúmenes por descubrir que simula en la computadora los procesos naturales que regulan la existencia de hidrocarburos en un prospecto o **lead**, descritos anteriormente. Los cálculos se expresan en forma de volúmenes recuperables en superficie de petróleo, gas en solución, gas libre y condensado. La evaluación con Gaeapas está orientada a prospectos y leads. Para la evaluación de **plays**, la metodología se basa en la estimación de una oportunidad conceptual promedio y posteriormente la evaluación del conjunto de posibles múltiples oportunidades que pudieran existir mediante una función de densidad probabilística (White, 1988).

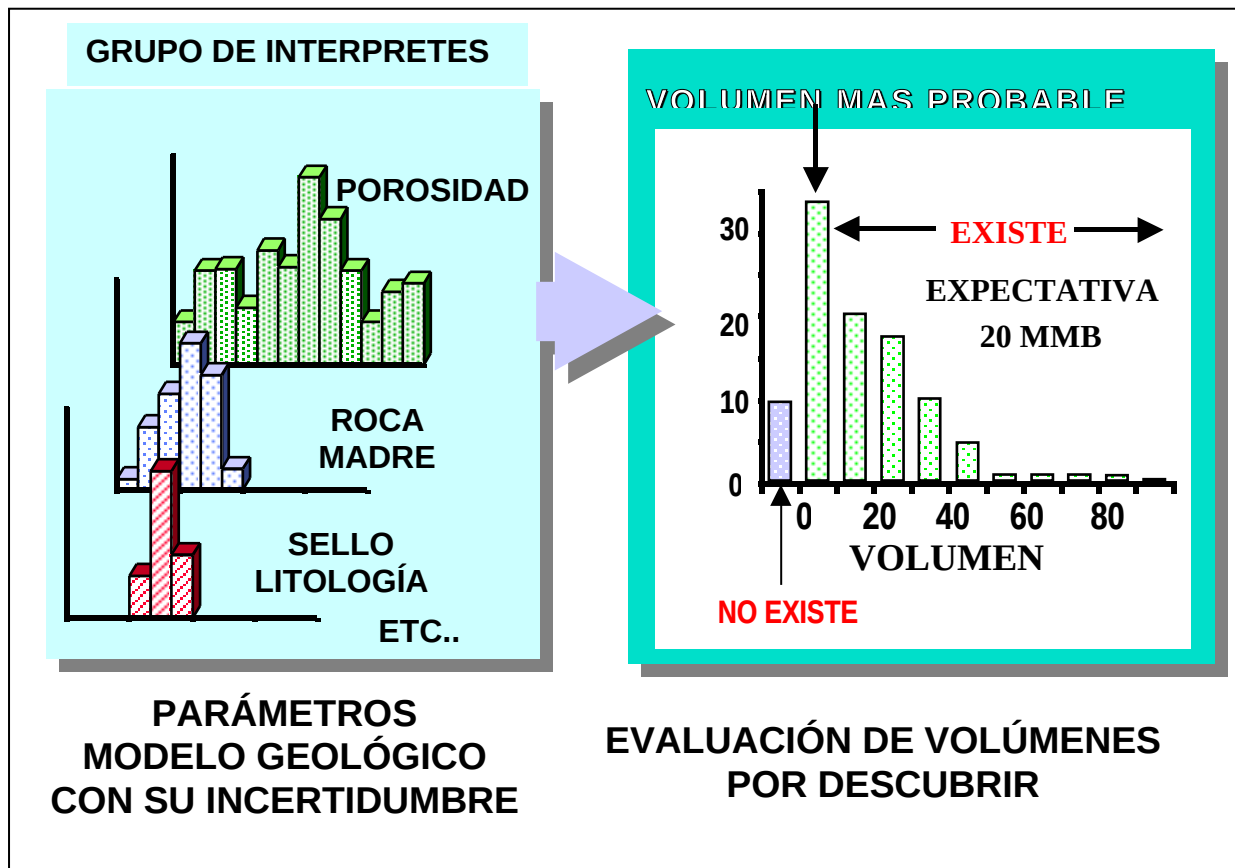


Figura 8

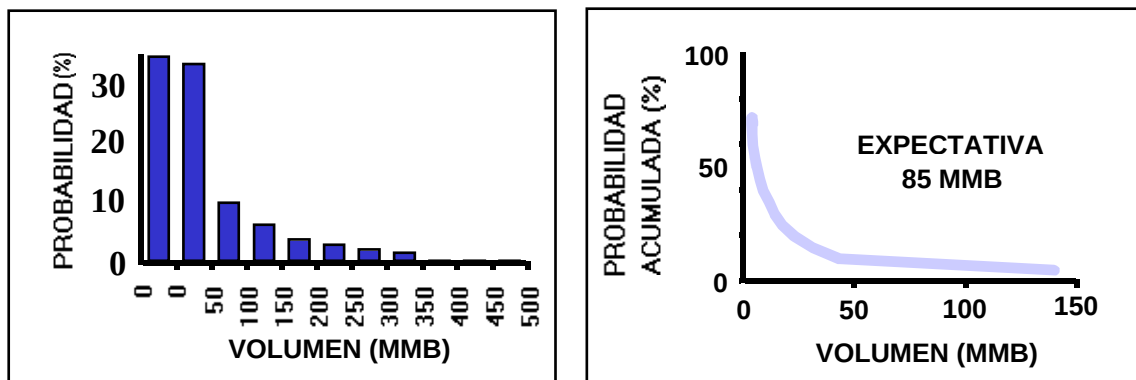


Figura 9

3. METODOLOGÍA PARA LAS EVALUACIONES ECONÓMICAS

En la evaluación económica se utiliza el concepto de Expectativa del Valor Monetario (Nederlof, 1982), basado en el flujo de caja neto descontado que produciría el desarrollo de las reservas por descubrir en oportunidades exploratorias aisladas o asociadas en paquetes de producción (unidades hipotéticas para el desarrollo de prospectos).

En el proceso, primero se establece el desarrollo conceptual de la oportunidad individual para el caso de éxito: se estima un perfil de producción a partir de varios escenarios volumétricos, considerándose la

perforación de pozos productores y el manejo de fluidos, tal como sería ejecutado posteriormente por la función producción. Sobre la base de este desarrollo hipotético, se establece el flujo de caja de la futura oportunidad de negocio durante un período de tiempo específico, **e.g.** 20 años, el cual se descuenta al presente (usualmente al 10%, establecido corporativamente). El riesgo económico se considera como aquel asociado a la posibilidad de no tener un negocio con la rentabilidad mínima de la tasa de descuento, y se obtiene encontrando el volumen al cual el Valor Presente Neto (VPN) sería cero; es decir, se considera fracaso cualquier descubrimiento de un volumen de hidrocarburos menor que este volumen de corte económico (**economic cut-off**). En forma similar, se considera éxito cualquier descubrimiento de un volumen de hidrocarburos mayor que el mínimo económico, el cual al ser desarrollado posteriormente como campo productor, le proveería a la corporación de un negocio con una rentabilidad mayor que la tasa de descuento mínima (costo de capital).

Como resultado de esta estimación, se descartan en la oportunidad todos los volúmenes posibles menores que el volumen mínimo, obteniéndose una curva de expectativas ajustada, sólo con los valores volumétricos que aseguren un éxito económico (Capen, 1992). La oportunidad va tener un riesgo económico (de no descubrirse hidrocarburos comerciales) indicado por la probabilidad del volumen mínimo económico en la curva de expectativas y un volumen de éxito económico (MSV, **Mean Success Volume**) correspondiente al promedio de los valores positivos de la simulación de Montecarlo mayores que el volumen mínimo económico. Un desarrollo conceptual de la oportunidad, considerando este MSV, permitirá conocer el valor económico promedio de éxito, correspondiente a las ganancias de la compañía promedio si descubriera y desarrollara muchos campos con características similares a la oportunidad en evaluación. El valor económico de la oportunidad, indicado como un valor presente neto asociado al MSV, es posteriormente ajustado por riesgo para obtener un indicador característico de negocios con riesgo que se conoce como la Expectativa del Valor Monetario, EVM (Newendorp, 1975),

$$\text{EVM} = \text{POS} \times \text{VPN}(\text{Flujo de Caja Neto del desarrollo del MSV}) - (1 - \text{POS}) \times \text{VPN}(\text{Costo Exploratorio})$$

donde **POS** es la probabilidad de éxito económico.

El EVM representa el éxito ponderado con el fracaso, al considerar la probabilidad de éxito económico y las pérdidas que ocurrirían si haciendo las inversiones de exploración previstas, éstas no nos llevan a un descubrimiento comercial.

Oportunidades exploratorias cercanas pueden optimizar costos y maximizar el retorno si comparten

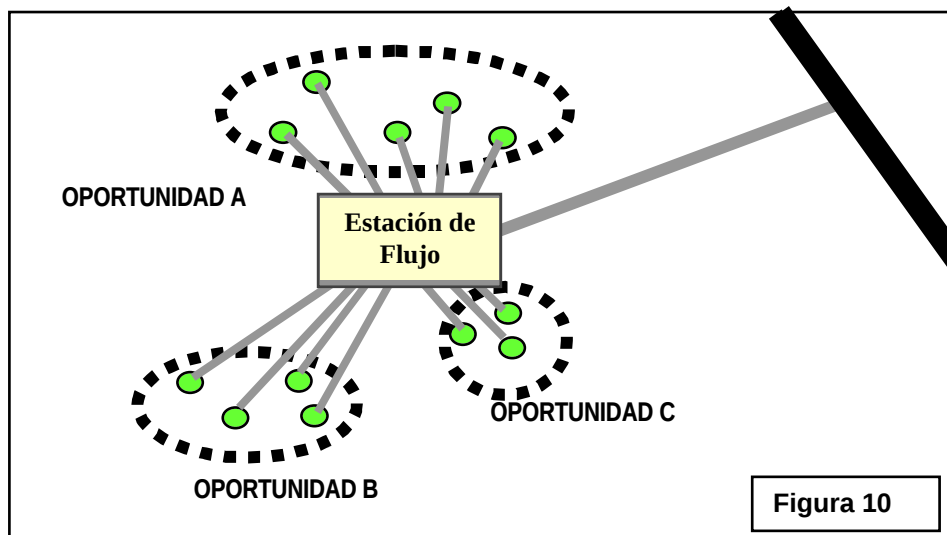
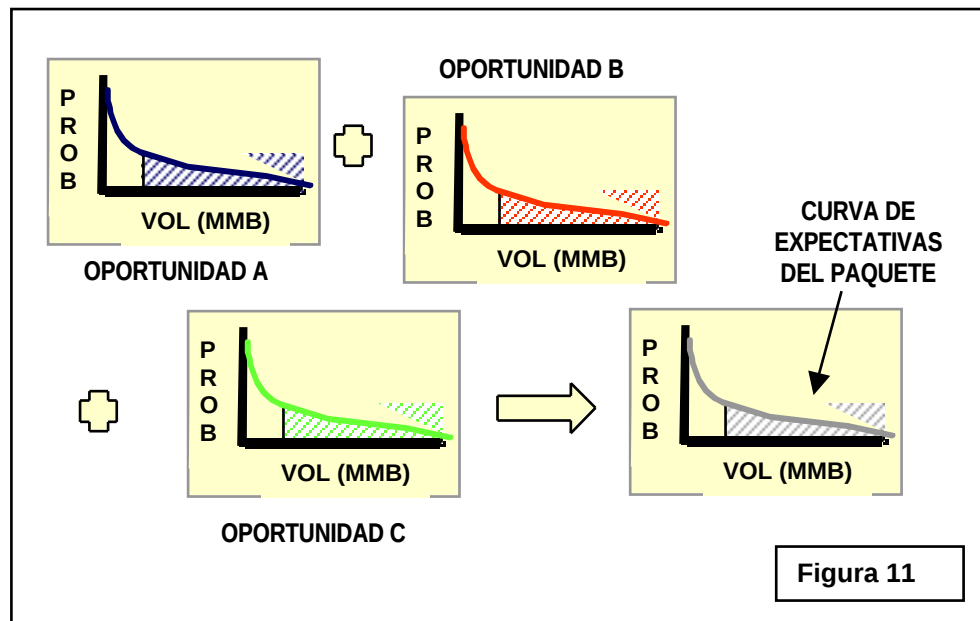


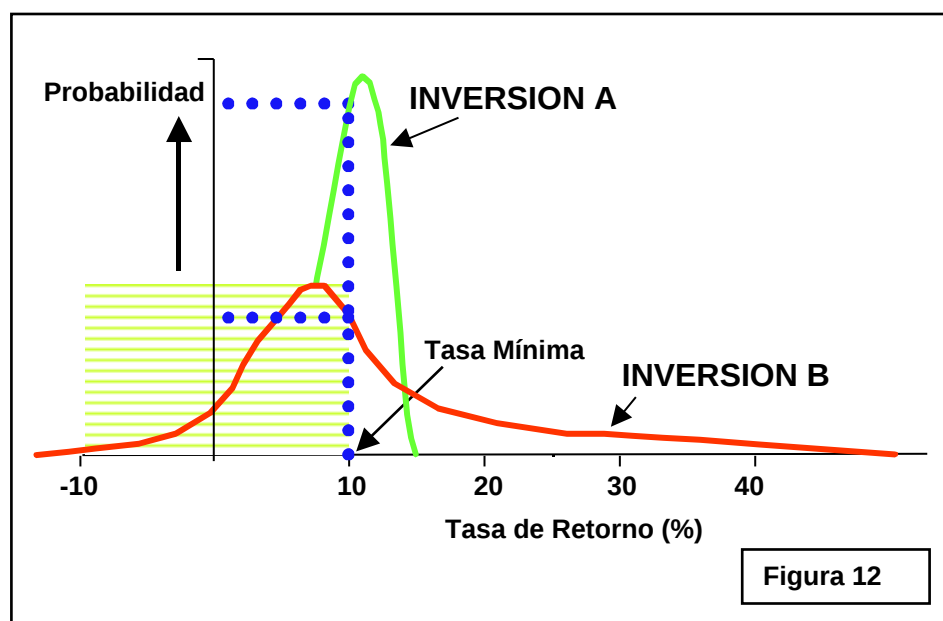
Figura 10

instalaciones de superficie para el manejo y transporte de los fluidos (petróleo, gas, agua) y son así agrupadas en paquetes exploratorios (Fig. 10), los cuales son evaluados económicamente para el desarrollo del MSV resultante de la adición probabilística de las curvas de las oportunidades individuales, estando éstas limitadas a volúmenes mayores que el volumen de corte económico individual para cada oportunidad (Fig. 11).

En PDVSA se utiliza el Sipep (software corporativo) para las evaluaciones económicas y la elaboración de los planes exploratorios. Sipep es un desarrollo de PDVSA que incorpora a la evaluación económica



convencional de un desarrollo de producción (considerando los aspectos fiscales propios de Venezuela) los conceptos del riesgo exploratorio, al permitir el cálculo del volumen mínimo económico y el MSV, utilizando la curva de expectativas resultado de la estimación probabilística de recursos por descubrir. El sistema oficial de evaluación del riesgo exploratorio (Gaeapas-Sipep) se ha establecido bajo el principio de proveer una plataforma común de evaluaciones que permita eventualmente la comparación y jerarquización de oportunidades bajo los mismos criterios y evaluados con los mismos métodos.



La jerarquización de oportunidades exploratorias considera el resultado de las evaluaciones económicas en términos de los valores promedio referidos al MSV. Sin embargo, la incertidumbre en algunas oportunidades, reflejada en la dispersión observada en la curva de expectativas del volumen, tiene un valor potencial y este valor referido al escenario alto (Fig.12), tiene un peso en la jerarquización final de las oportunidades para el Plan de Negocios.

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS Y RECOMENDACIONES

Especial atención al recurso humano es indispensable. Las comunidades de conocimiento deben tener fortalezas especiales en las experticias de estimación del riesgo geológico, en el entorno de la interacción con compañías transnacionales y universidades. Existe la amenaza de una pérdida de oportunidades debido a una incorrecta evaluación de las áreas exploratorias, que eventualmente se reflejaría en una equivocada toma de decisiones tanto en la asignación de recursos para el esfuerzo propio en exploración como en la designación de áreas para esfuerzos con terceros.

En la medida en que los grupos de interpretación realizan un mejor trabajo de análisis del modelo geológico, en esa medida se tiene un mejor uso de las técnicas de estimación del riesgo exploratorio, siempre y cuando el conocimiento adquirido esté expresado en términos probabilísticos que reflejen las incertidumbres remanentes. El uso de herramientas estadísticas facilita el análisis de sensibilidades para ciertas variables del modelo geológico, orienta la disminución de la incertidumbre y redundante en un mejor conocimiento del modelo geológico en general. El evaluador debe ser un integrante del grupo de interpretación, en línea con la tendencia actual de conformar grupos multidisciplinarios en proyectos exploratorios.

Un aspecto fundamental en el proceso es la continua evaluación de la metodología por parte de los usuarios, ya que las estimaciones realizadas no necesariamente van a representar una visión equilibrada de las incertidumbres (ni optimistas ni pesimistas). Esta evaluación es de importancia crítica para el establecimiento de acciones en la búsqueda del mejoramiento continuo. Este proceso de validación se basa fundamentalmente en la comparación de los resultados con las predicciones y se realiza mediante técnicas estadísticas sencillas. La evaluación técnica de la gestión exploratoria comprende el **post-mortem** de los resultados geológicos y económicos de los prospectos perforados, con el fin de internalizar los aciertos y fallas en las apreciaciones previas a la perforación, cuantificar las desviaciones en las estimaciones y retroalimentar el sistema de evaluación del riesgo exploratorio. Esta evaluación va desde el detalle técnico de **e.g.** diferencias en la porosidad estimada **vs.** real, con impacto en la apreciación del modelo geológico, hasta la evaluación de la economía y la visión general de la gestión, con impacto en las estrategias y el plan de negocio. En general, el uso sistemático del análisis **post-mortem** lleva a mejorar la calibración del modelo geológico de la herramienta de evaluación mediante el análisis estadístico de campos de las diferentes cuencas sedimentarias. Este esfuerzo requiere del uso de las técnicas estadísticas recomendadas anteriormente. Además, el entendimiento y sistemática evaluación del modelo geológico de los campos productores tienen un innegable beneficio para el conocimiento del modelo geológico de otras partes de la cuenca.

Algunas áreas donde se visualizan oportunidades de mejora en los aspectos metodológicos son las siguientes:

- a) Integración de herramientas de análisis estadístico con los sistemas de estimación del riesgo exploratorio e incorporación de técnicas estadísticas para el cálculo de errores en los sistemas de interpretación sísmica y geológica, incluyendo análisis de cuencas.
- b) Incorporación automatizada de calibraciones locales en los sistemas de estimación del riesgo exploratorio.
- c) Integración de los sistemas de estimaciones de reservas por descubrir con los sistemas de evaluación económica, los cuales podrán nutrirse automáticamente de los múltiples escenarios de reservas y riesgos en conjunto con la implementación de métodos probabilísticos para las evaluaciones económicas, que permitan un análisis del impacto de diferentes escenarios de precios y costos, en conjunto con los escenarios de volúmenes resultante de la evaluación de reservas por descubrir.
- d) Estimación de la tolerancia al riesgo de la corporación, importante para valorar adecuadamente una oportunidad exploratoria e indispensable para la toma de decisiones sobre porcentajes de participación en negocios con terceros.
- g) Integración con sistemas de toma de decisiones, con enriquecimiento de adelantos en otras áreas como teoría de opciones.

La tecnología de evaluación del riesgo exploratorio es para apoyar la toma óptima de decisiones. Su capacidad de predicción es a largo plazo y depende del esfuerzo dedicado a la evaluación exploratoria. Por otro lado, el valor más probable del resultado de la perforación de una oportunidad de alto riesgo es un pozo seco. Sin embargo, la tecnología de estimación del riesgo exploratorio (como generalmente se

usa) ha sido duramente criticada por su inhabilidad de predecir coherentemente los resultados de la gestión exploratoria. Esta apreciación proviene en parte del hecho de querer evaluar la exploración sobre la base de resultados de incorporación de reservas año tras año, y utilizarse la expectativa a evaluar cada año como una medida de lo esperado a realizar por la función. El entendimiento correcto del significado de éste y otros conceptos son importantes que estén claros en todos los niveles de la organización.

Uno de los principales retos que tiene Exploración es profundizar en el perfeccionamiento del proceso de estimación de reservas por descubrir así como en la evaluación económica de oportunidades. Las lecciones aprendidas en los últimos años han permitido reconocer los aspectos positivos a conservar y las fallas a corregir.

BIBLIOGRAFÍA

Capen,E.,1992,Dealing with Exploration Uncertainties:The Business of Petroleum Exploration, Published by AAPG,p.29-62

Marcano, F.,1985, Proyecto "ERYJE" (Estimación de Reservas y Jerarquización Económica), Primeras Jornadas Técnicas de la Industria Petrolera y Petroquímica,Maracaibo, E-1, 21p.

Marcano,F.,1988,Evaluación de Areas Exploratorias, III Simposio Bolivariano de Cuencas Subandinas

Marcano,F.,1999,Distribución Lognormal de campos en Cuencas Sedimentarias Venezolanas, PDVSA, Informe Interno

Nederlof,M.H.,1982,Estimation of Undiscovered Hydrocarbons,Methods and Pitfalls, Sixth Exploration Seminar, Egyptian General Petroleum Corporation, 22 p.

Newendorp,P.,1975,Decision Analysis for Petroleum Exploration,The Petroleum Publishing Company, Tulsa, 668 p.

Sluijk,D. Y Nederlof,M.H., 1984, World Wide Geological Experience as a Systematic Basis for Prospect Appraisal: AAPG Memoir 35, p.15-26

White,D.A.,1988,Oil and Gas Play Maps in Exploration and Assessment: AAPG Bulletin, v.72,n.8,p.944-949