

REGIONALIZACION TECTONICA Y POTENCIAL PETROLERO DE MEXICO

Dra. María Fernanda Campa

INTRODUCCION

El potencial petrolero de una región está dado por el volumen de rocas sedimentarias susceptibles de generar y almacenar hidrocarburos.

Las rocas potencialmente productoras de hidrocarburos y su distribución, condiciones estratigráfico-estructurales y relaciones con otras rocas, se plasman en mapas geológicos continuamente revisados.

La exploración petrolera tiene como función primordial el descubrimiento de reservas de hidrocarburos mediante el conocimiento y comprensión de la naturaleza geológica del territorio, sus síntesis interpretativas y evaluaciones más recientes.

La exploración petrolera se ha basado en la división convencional del territorio nacional en provincias geológicas. Esta subdivisión tiene su fundamento en una larga historia de esfuerzos exploratorios para la búsqueda de información e interpretación geológica de la compleja geografía de México, cuya integración fue publicada como la carta geológica de la República Mexicana en 1976.

La década pasada produjo avances fundamentales en el conocimiento geológico de la mayor parte del territorio nacional, así como en los conceptos teóricos de las ciencias de la tierra, lo que ha conducido a un nuevo enfoque en la interpretación de los fenómenos geológicos y del potencial petrolero del país.

A partir del mapa geológico actualizado de México se realiza su interpretación tectónica, se compara con su reconstrucción más aceptada en el momento de la apertura del actual Océano Atlántico y de la compleja evolución del actual Océano Pacífico, hasta concluir en una regionalización geopetrolera del territorio nacional.

MARCO GEOGRAFICO

El territorio de México tiene una extensión de casi

2.5 millones de km² tomando en cuenta las plataformas continentales hasta la isobata de 500 m (Figura 1); las plataformas y los taludes continentales son la continuación directa del continente bajo el mar y representa parte del territorio susceptible de exploración por su potencialidad petrolera.

El territorio nacional se ha dividido administrativamente en seis zonas para su exploración petrolera que representan franjas transversales convencionales cada una; abarcan regiones continentales y marinas, exceptuando las zonas Sureste y Marina de Campeche, especializadas en operaciones terrestres y marinas, respectivamente.

Debido a esta regionalización administrativa, transversal a la República, cada zona, exceptuando la de Campeche, contiene una parte de la continuación de las franjas geológicas longitudinales que recorren al Continente Norteamericano, en las cuales afloran rocas del Precámbrico, del Paleozoico y del Cenozoico, representativas de la historia geológica de esta compleja región transicional entre Norteamérica y El Caribe.

MARCO GEOLOGICO

Las rocas que afloran en el territorio nacional se muestran en el mapa geológico actualizado (Figura 1); su distribución es producto de ciclos sedimentarios, magmatismo y deformaciones estructurales debidas a eventos geológicos de edades diversas.

Las rocas sedimentarias varían desde las calizas Precámbricas, las terrígenas y calcáreas del Paleozoico, diseminadas en áreas relativamente pequeñas de todo el territorio, las rocas calcáreas y terrígenas mesozoicas que cubren casi todo el Oriente del país, hasta los sedimentos terrígenos cenozoicos de la Planicie Costera del Golfo y de las cuencas angostas y dispersas del Pacífico.

Estas rocas sedimentarias se encuentran relacionadas de diversas maneras con los conjuntos de rocas

INGENIERIA PETROLERA

formas, tanto intrusivas como volcánicas, así como con los conjuntos de rocas metamórficas, dependiendo de su edad que también varía desde el Precámbrico hasta el Cuaternario.

Las rocas cenozoicas y mesozoicas muestran una amplia distribución general en franjas longitudinales, en contraste con los afloramientos restringidos a pequeñas áreas discontinuas de rocas paleozoicas y precámbricas.

Las rocas cenozoicas ocurren en tres franjas subparalelas: la franja oriental de rocas sedimentarias marinas que bordean al Golfo de México y penetran hasta el talud continental, la franja Centro-Occidental, el eje volcánico transversal y los depósitos angostos y discontinuos de rocas sedimentarias del margen Pacífico, cuyo ciclo de sedimentación comienza desde el Cretácico Tardío y llega hasta el Cenozoico Temprano.

Las rocas mesozoicas afloran en dos franjas subparalelas longitudinales: la franja oriental constituida por depósitos sedimentarios de carbonatos y terrígenos y la franja occidental, constituida por depósitos volcánicos interestratificados con rocas sedimentarias.

Las rocas paleozoicas y proterozoicas afloran principalmente en el NW del país y en bloques diseminados en la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur y Sierra de Chiapas.

MARCO TECTONICO

Las deformaciones que afectan las rocas a lo largo de su historia producen pliegues y fallas de edades diferentes; en ocasiones las deformaciones sucesivas se superponen en determinadas regiones y pueden ser tan radicales que llegan a destruir su capacidad para generar y preservar hidrocarburos, o es tan incipiente que simplemente no hay deformación ni condiciones apropiadas para la generación y acumulación de los hidrocarburos.

El territorio nacional se puede ordenar, atendiendo a la deformación y estratigrafía involucradas. Si se analiza el mapa geológico (Figura 1) con categorías metodológicas de ordenamiento basado en la tectónica de placas, se produce otro tipo de mapas, o sea, mapas de terrenos o fragmentos con determinada distribución y extensión geográfica, caracterizados por su historia geológica específica y diferente de las historias de los fragmentos contiguos, cuyos límites o contactos son tectónicos, ya sea sistemas de fallas normales, laterales e inversas, o bien, arcos magmáticos. Esto

nos lleva necesariamente a realizar los análisis estructurales con criterio histórico, o sea, a reconocer las edades de las fallas y pliegues. Las observaciones que se tienen hasta la fecha, aunque falta mucho trabajo en este sentido, se pueden agrupar en tres grandes momentos ordenados de los más jóvenes a los más antiguos:

1. Las deformaciones activas o actuales en los márgenes del Golfo y del Pacífico, son esencialmente diferentes porque pertenecen a dos dominios tectónicos distintos: uno pasivo y el otro activo. La tectónica activa está presente en gran parte del territorio nacional manifiesta en su ruptura, desplazamiento y volcanismo recientes que parecen haberse iniciado durante el Mioceno Tardío ("Basin and Range").
2. La más evidente deformación compresional que se desarrolló del Suroeste al Noreste y del Mesozoico Tardío al Cenozoico Temprano. Esta tectónica produjo plegamiento y fallamiento en las secuencias mesozoicas y cenozoicas, dando lugar a dos franjas subparalelas longitudinales:
 - a) La franja Externa Oriental, localizada a lo largo de la Planicie y Plataforma Continental del Golfo, que involucra rocas del Mesozoico y Cenozoico Temprano deformadas en pliegues amplios, diapiros y fallas diversas.
 - b) La Franja Interna Occidental, a partir del frente de deformación laramídico, caracterizada por pliegues recostados, cabalgaduras y fallas laterales expresadas en rocas esencialmente mesozoicas, pero involucrando bloques de basamento más antiguo y cubierta sedimentaria del Cenozoico Temprano.
3. Las secuencias paleozoicas y precámbricas, además de las deformaciones estructurales mencionadas, sufrieron otras deformaciones más antiguas asociadas a su acreción al cratón nuclear de Norteamérica a partir de la Pangea.

La distribución geográfica de esos rasgos estructurales y estratigráficos del territorio nacional (Figura 2), muestra una clara tendencia o disposición en franjas longitudinales, que nos produce una regionalización tectónico-estratigráfica de México.

REGIONALIZACION DE MEXICO

La Figura 2 muestra que la geología del Oriente

de México es diferente del Occidente, y ambos están separados por una franja longitudinal caracterizada por pliegues y cabalgaduras (Campa, M.F.; 1985). Si hacemos abstracción de la cubierta cenozoica volcánica se puede apreciar que el territorio nacional puede dividirse en tres grandes regiones:

- I. La Región Oriental del Golfo de México.
- II. La Región Central (Franja de Pliegues y Cabalgaduras).
- III. La Región Occidental Cordillerana.

Estas tres grandes regiones longitudinales poseen características estratigráficas estructurales diferentes. La franja de Pliegues y Cabalgaduras que se interpone entre las regiones oriental y occidental, muestra la mayor deformación con una clara polaridad de W hacia E, de manera que el frente laramídico es un límite cabalgante claramente definido en su morfología por las sierras frontales del Golfo, aún cuando con las perforaciones de la planicie costera y las llanuras del Noroccidente de México, se reconoce su continuidad sepultada en una franja delgada paralela al frente de la sierra (Campa, 1985).

Esta regionalización tiene consecuencias directas en el potencial petrolero de México, y enmarca los diversos tipos de cuencas sedimentarias del país.

I. Región Oriental del Golfo de México

Se define como una franja continua de la planicie costera que penetra en la plataforma y talud continental del Golfo de México y adopta la forma del Golfo y continúa en Belice y Guatemala hacia el Sur (Figura 2-I). Su basamento, fundamentalmente reconocido por numerosas perforaciones petroleras que han llegado a cortarlo, puede correlacionarse con algunas de las rocas paleozoicas y precámbricas, ígneas metamórficas y sedimentarias del Circum-Atlántico.

Sobre este antiguo basamento está una secuencia calcárea terrígena mesozoica, en un ciclo eminentemente transgresivo, cubierta casi totalmente por otra secuencia de terrígenos marinos cenozoicos en otro ciclo regresivo. El estilo de deformación característico de esta región consiste en pliegues anticlinales y sinclinales relativamente simétricos rotos por fallas subverticales similares a las estructuras Burro-Picachos, San Carlos y Tamaulipas. Esta región está limitada al Norte por la Frontera con Estados Unidos, al Oriente continúa bajo el tirante de agua del Golfo de México; al Sur por el sistema Polochic-Motagua, Fosa de Caimán en el Mar Caribe y al Occidente,

el frente laramídico es el límite tectónico de fallas de corrimiento subhorizontal.

II. Región Central de la Franja de Pliegues y Cabalgaduras

La Franja de Pliegues y Cabalgaduras recorre el occidente del Continente Norteamericano, localizada entre el Cratón Central y la Cordillera (Figura 4). El territorio nacional continúa hasta la Cordillera (Figura 4). El territorio nacional continúa hasta el sistema de fallas sinistralas activas Polochic-Motagua y queda delimitada entre el frente laramídico y el frente cordillerano (Figura 2-II).

Es una región compleja caracterizada por pliegues asimétricos, afallados y rotos en escamas que involucran conjuntos de rocas del basamento apalacheano, del basamento cratónico y de la cubierta sedimentaria mesozoica. Muestra dos bifurcaciones, una a la altura de la llamada Plataforma de Coahuila y la otra en la Mixteca, donde se hace tan estrecha que casi se junta con el frente laramídico.

III. Región Occidental Cordillerana

Comprende un mosaico heterogéneo o "Collage" de secuencias de rocas volcánicas submarinas, fragmentos de corteza oceánica submarina y sedimentos mesozoicos, así como secuencias paleozoicas y precámbricas en bloques (Figura 2-III).

La deformación estructural de esta región es la más compleja, ya que se caracteriza por foliación y aplastamiento regionales, pliegues diversos, fallas inversas subhorizontales zonas de milonitización, fallas subverticales de desplazamiento lateral y fallas normales (Campa, M.F, 1983).

CUENCAS SEDIMENTARIAS

Las provincias geológicas en las que se ha subdividido en territorio nacional hasta nuestros días para llevar a cabo la exploración petrolera, tienen su fundamento en la Carta Geológica de 1976, la cual fue construida, principalmente con la información existente en archivos de exploración de Pemex e IMP, así como otras publicaciones.

La síntesis más importante de los conocimientos geológico-petroleros del país, es la excelente obra "Notas sobre la Geología Petrolera de México" (L. Benavides, 1956).

En ella, se hace la primera distribución geográfica de las provincias petroleras de México, basadas en los

riterios de áreas petrolíferas productoras y posiblemente productoras que en su esencia se siguen manteniendo válidos hasta hoy (J. Santiago; J. Carrillo, 1984).

La regionalización del país presentada en el mismo trabajo de Benavides, divide el territorio nacional en dos franjas; oriental y del Pacífico. Su concepción geológico-tectónica, parte de la importante obra "Unidades Tectónicas de la República Mexicana" (M. Alvarez, 1949). A partir de esta concepción clásica del geosinclinal mexicano, se hace una subdivisión de cuencas distribuidas por zonas petroleras y se presenta una detallada descripción de cada una de ellas.

Cabe mencionar aquí como antecedentes destacados los trabajos acerca de las cuencas petroleras presentadas por los ingenieros Manuel Rodríguez Aguilar, Antonio García Rojas, Eduardo Guzmán y Federico Mina, que fueron publicados en la "Primera Convención Técnica Petrolera Mexicana" en 1950.

La validez actual de gran parte de las ideas de L. Benavides y de la carta geológica de 1976, es innegable; en ello radica su importancia histórica. Sin embargo, dos hechos posteriores nos han llevado a la necesidad de actualizar la síntesis del país: por otro lado, la enorme cantidad de datos nuevos aportados por la exploración petrolera en todo el territorio nacional, especialmente en la década pasada y por otro lado, una explicación científica diferente aportada por la teoría de la tectónica de placas surgida a finales de la década de los 60,s que fue conocida en nuestro país también en la década pasada.

Surgieron así nuevas propuestas de síntesis tectónica nacional (Córdoba *et al.* 1980; Campa-Coney, 1981) sobre las que nos basamos para la presente regionalización y sus consecuencias en la problemática de las cuencas-petroleras.

Las cuencas sedimentarias son secuencias depositadas en ciclos controlados por tres parámetros: la tectónica de la formación de la cuenca; los sistemas y procesos sedimentarios y la tectónica posterior modificadora de la cuenca. De acuerdo a estos criterios, las cuencas sedimentarias pueden ser de dos tipos: simples o complejas.

A continuación se describen las cuencas sedimentarias de México en relación con su emplazamiento dentro de la regionalización tectónica del país (Figura 3).

I. Cuencas de la Región Oriental del Golfo de México
Junio de 1988

En esta franja oriental del país, cuya superficie representa el 10% del territorio nacional, quedan superpuestas las Cuencas Terrígenas Cenozoicas Simples sobre las Cuencas Calcáreas Mesozoicas Complejas (Figura 3).

1. Cuencas Cenozoicas Simples

Las cuencas cenozoicas simples de la región del Golfo de México son dos: la secuencia de terrígenos que los bordea desde la frontera con Estados Unidos hasta la falla de Palizada en el Sureste y la secuencia calcárea de Yucatán (Figura 3).

Están limitadas al occidente por un sistema estructural continental muy importante; el frente de pliegues y cabalgaduras Laramídico que continúa hacia el sur proveniente de las montañas rocallosas de Colorado y el Graben del Río Grande en Nuevo México: se interna en el territorio nacional de manera discontinua a lo largo de la Cuenca de Sabinas y se une al frente de la franja transversal de pliegues y cabalgaduras en Monterrey para continuar en el frente de la Sierra Madre Oriental, de la Sierra Mazateca, el Istmo de Tehuantepec y el frente de la Sierra Lacandona de Chiapas; por el llamado Arco de la Libertad hasta el sistema de fallas transcurrente Polochic-Motagua (Figura 4) al Oriente, el límite de la región productora del Golfo es esencialmente morfológico relacionado actualmente por las condiciones de la plataforma continental hasta la isobata de 2,000 m. Esta región que comprende las áreas situadas en la Planicie Costera del Golfo y en su plataforma tiene una extensión de cerca de 550,000 km², o sea, del orden de un 23% del total del territorio nacional.

La secuencia depositada durante el Cenozoico en el Golfo de México se caracteriza por la alternancia de terrígenos, lutitas, areniscas y conglomerados de un ciclo regresivo relacionado con la evolución tectónica del Golfo de México, en contraposición con la secuencia cenozoica de Yucatán, que continuó con el depósito de calizas que caracteriza El Caribe, hasta nuestros días. Estas variaciones en la sedimentación están relacionadas con la paleoapertura del Golfo que comenzó durante el Jurásico Medio con el desplazamiento del bloque de Yucatán, conjuntamente con la historia de apertura mesoatlántica de márgenes pasivos divergentes.

Sus deformaciones están controladas primordialmente por la fluidez de los depósitos salinos depositados durante el Calloviano, en la Franja de Domos y por las fallas antitéticas y sintéticas relacionadas con tectónica gravitacional. Sus trampas y estructuras son simples y pueden ser detectadas con las herramientas

geofísicas tradicionales. Sin embargo, la historia ulterior de evolución Cenozoica del Golfo de México representa una complicación trascendente para la exploración petrolera que requiere de mayores estudios. Por ejemplo, se tiene detectada por sismología, una morfología de pliegues-diairos verticales frente a las costas de Veracruz, llamadas crestas mexicanas ("mexican ridges"), cuyo origen y composición se desconocen hasta no perforarse.

2. Cuencas Mesozoicas Complejas

Sepultadas debajo de las cuencas cenozoicas simples antes descritas, se encuentran los más grandes yacimientos productores de hidrocarburos acumulados en las cuencas calcáreas, principalmente calizas de ambiente de plataforma y de borde de plataforma cretácicas y jurásicas.

El análisis de los datos geológicos y geofísicos de subsuelo muestra una secuencia eminentemente calcárea del Jurásico Tardío-Cretácico Temprano, formada en pliegues anticlinales y sinclinales relativamente simples, sólo afectados por fallamiento normal y lateral, del tipo observado en la llamada plataforma El Burro Picachos Tamaulipas (Figura 3).

La Cuenca del Golfo de México ha sido la más explorada con métodos de operación de geología de superficie y subsuelo en combinación con los métodos tradicionales de sismología de reflexión y gravimetría y por pozos exploratorios, que determinan las estructuras y permiten la localización de las perforaciones. Su éxito es innegable en esta región.

II. Cuencas de la Región Central

Esta provincia conformada por cuencas complejas mesozoicas y paleozoicas, localizadas entre franjas subparalelas longitudinales separadas por el frente de deformación laramídico y el cordillerano (Figura 3), representa una superficie del 50% del territorio nacional.

La angosta Franja Oriental que no aflora, sino que está cubierta por los depósitos cenozoicos de la Cuenca del Golfo de México y la franja de la región central que aflora en la Sierra Madre Oriental, Sierra Mazateca y de Chiapas, cubierta sólo en parte por depósitos volcánicos cenozoicos.

1. Franja Oriental de Cuencas Complejas Mesozoicas Sepultadas

Después de las diversas perforaciones realizadas al

oriente del frente laramídico se sabe que a lo largo del mismo y aparentemente siguiendo una estrecha franja longitudinal, en el subsuelo continúan las mismas condiciones estructurales de la Franja de Pliegues y Cabalgaduras hasta otro límite tectónico sepultado e inferido por correlación de subsuelo. Este límite tectónico sepultado debajo de los depósitos cenozoicos, marca un cambio drástico en el estilo de deformación con implicaciones directas en la exploración petrolera. Al poniente de ese límite tectónico (aún desconocemos el tipo de falla), se muestran el mismo estilo de pliegues y cabalgaduras e imbricaciones (Figuras 2 y 3); al oriente, aparecen pliegues anticlinales y sinclinales más bien simétricos, sólo complicados por fallamiento normal en bloques del tipo de la estructura de Burro-Picachos Tamaulipas, que buzando hacia el sur, parecen sepultarse a lo largo del Golfo de México hasta los Tuxtlas, debajo de las subcuencas simples cenozoicas de Burgos, Tampico, Misantla y Veracruz. Se desconoce su continuación al sur de la región de domos salinos hacia el sureste en la Cuenca de Tabasco Chiapas y su relación con la Sonda de Campeche.

De los resultados obtenidos hasta la fecha parece ser que continúa en el subsuelo de la plataforma continental del Golfo de México, pero su seguimiento requiere de una integración global y reinterpretación asociada a los modelos propuestos para la apertura del actual Golfo de México.

2. Franja Central de Cuencas Complejas Mesozoicas Plegadas e Imbricadas

La Franja Central potencialmente productora es la continuación hacia el occidente, a partir del frente Laramídico, de la región mesozoica del Golfo, pero con la ausencia total de la cubierta cenozoica marina que es el sello de la región productora, teniendo además estructuras más complejas.

Este hecho es fundamental, ya que marca un límite a partir del cual, los estilos estructurales de deformación de las rocas, son radicalmente distintos. No es lo mismo explorar en las regiones orientales externas con respecto al frente laramídico, caracterizadas por estructuras anticlinales relativamente simples complicadas por fallamiento normal, donde son suficientes los métodos convencionales perfectamente conocidos, que explorar en las regiones detrás del frente de deformación laramídico, potencialmente productoras, donde las estructuras son complejas combinaciones de pliegues y cabalgaduras con corrimientos desconocidos en nuestro territorio, pero calculados preliminarmente hasta de cien kilómetros, que muestran fragmentos de basamento dentro de la cubierta

INGENIERIA PETROLERA

sedimentaria mesozoica plegada y repetida e intruonada por magmatismo disseminado ampliamente. En estas regiones montañosas potencialmente productoras, se requerirá de un cambio de enfoque de la exploración, debido a que los métodos tradicionales exitosos de la planicie costera del Golfo muestran serios problemas. Se requieren nuevos conceptos de exploración que ya se han comenzado a probar, e interpretaciones acordes a las complejas estructuras que también recientemente comienzan a utilizarse como modelos por comprobar.

III. Cuencas de la Región Occidental Cordillerana

Las cuencas sedimentarias del Pacífico, sin simples, sus fronteras son geomorfológico-geológicas separadas en cuencas aisladas con sedimentos del cenozoico tardío, entre la actual isobata de 500 m y la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur y las Sierras de San Pedro Mártir, la Giganta y la Victoria en la Península de Baja California. Además se consideran potenciales las cuencas eminentemente marinas, como las de San Felipe-Isla de Tiburón (Figura 3-n), Vizcaíno (Figura 3-o); Purísima Iray (Figura 3-p), Santa Isabel (Figura 3-q) y Salina Cruz (Figura 3-r).

La secuencia sedimentaria cenozoica depositada en los márgenes del Pacífico, está constituida por una alternancia de terrígenos, algunos de los cuales son de composición grauvaca e interestratificaciones de volcánoclasticos. La sedimentación cenozoica del Pacífico es previsiblemente menos favorable para la generación y acumulación del petróleo que la contemporánea del Golfo, ya que sus componentes provienen del "Collage" heterogéneo occidental y de la cubierta volcánica continental; sin embargo, puede haber excepciones, ya que los intrusivos graníticos existentes favorecieron el depósito de arenas arcósticas y cuarcíticas locales más favorables para la acumulación de hidrocarburos. Esta secuencia cenozoica se depositó sobre el "Collage" Occidental y el fondo oceánico reciente del Golfo de California. En las cuencas cenozoicas que bordean el Pacífico en la Península de Baja California Norte, el ciclo de sedimentación comenzó en el Cretácico Tardío.

Los límites geológicos son el extremo norte del Golfo de California la traza de la falla sinistral ("Megashear") de Sonora Mohave y el borde occidental de la Sierra Madre Occidental del Sur.

La tectónica posterior afecta grandemente a esta secuencia, ya que el margen Pacífico es un margen activo con una dinámica combinada de extensión lateral por los sistemas San Andrés y Polochic-Motagua y la fosa convergente del sur de México Centroamé-

Junio de 1988

rica. Esta tectónica activa parece ser la responsable de las temperaturas favorables para la generación local de hidrocarburos, pero está limitada a volúmenes menores de sedimentos afectados solamente en la vecindad de los planos de rozamiento de las fallas.

Marco Tectónico Continental

La geología y la tectónica del territorio nacional son una continuación directa de la terminación austral del Continente Norteamericano y su transición a la compleja geología de Centroamérica y El Caribe (Figura 4).

El Continente Norteamericano está integrado por tres grandes regiones geológicas: la Cordillera Occidental, el Cratón Central y la Cadena Montañosa Oriental de los Apalaches. El origen y la historia geológica de cada una de estas tres regiones es muy diferentes entre sí. Su continuidad geológica hacia el sur, dentro del territorio mexicano, ha sido motivo de muchas investigaciones recientes implícitas en la interpretación sintética aquí propuesta. La comprensión de la tectónica de nuestro país, así como su terminación y continuidad hacia las regiones de Centroamérica y El Caribe, es fundamental para definir y enmarcar el potencial petrolero de las diversas cuencas sedimentarias de México.

La naturaleza y evolución geológica de esas cuencas está controlada por el origen y naturaleza del basamento donde ocurrió el depósito, así como por la historia y dinámica de deformaciones contemporáneas y posteriores que las han afectado hasta alcanzar la configuración que tienen en el presente.

Para reconstruir la evolución geológica del territorio nacional, es necesario partir de su actual disposición en tres regiones geológico-tectónicas e inferir retrospectivamente la posición relativa que tenían dentro de la reconstrucción más aceptada de la Pangea conjuntamente con el territorio de norteamérica.

Entre la Pangea y la disposición geológica actual (Figuras 4 y 5), existe una gigantesca tarea de interpretación acerca de la compleja evolución paleogeográfica que incluye desplazamientos horizontales, rotacionales y traslacionales que afectaron las cuencas sedimentarias del territorio nacional; en fechas muy recientes han comenzado a estudiarse, por lo cual se tienen algunos modelos con interpretaciones preliminares muy diversas que requieren mayores análisis y reflexiones.

Todavía hay en el territorio nacional regiones inexploradas que están produciendo nuevos descubrimien-

tos en la estratigrafía, como por ejemplo; el Paleozoico de la Sierra Madre del Sur. Ya se tienen los resultados preliminares de la reciente exploración paleomagnética y geocronológica, así como el análisis estructural de las distintas regiones, pero como los procedimientos metodológicos son diversos, aún quedan trabajos de análisis que realizar y revisar, antes de obtener síntesis confiables.

Es por ello, que en este trabajo solamente se plantea la problemática continental que no puede ser soslayada en cualquier análisis y síntesis del territorio nacional. Hoy no se pueden realizar las reconstrucciones paleogeográficas sin dar respuestas precisas al acuerdo con un número de parámetros estratigráficos, sedimentológicos, hidrogeológicos y estructurales.

La regionalización es entonces, el resultado del ordenamiento lógico de los parámetros geológicos que gobiernan la distribución de los yacimientos petroleros.

El reconocimiento de áreas con condiciones favorables para la generación y acumulación de hidrocarburos, permite programar de manera óptima las actividades de exploración futuras.

La regionalización petrolera se basa en los avances del conocimiento geológico del territorio explorado con las herramientas teóricas y tecnológicas de que se dispone en un momento dado; pero como éstas evolucionan constantemente, el reconocimiento del territorio y su regionalización deben ser revisados y actualizados en forma permanente. La regionalización petrolera del territorio nacional presenta dos etapas históricas: la primera, desarrollada principalmente en la planicie costera del Golfo de México hasta los años 60's; la segunda, que desplegó la exploración en todo el territorio nacional y que produjo el mapa de provincias y áreas geológicas que actualmente sirven de marco para las actividades de exploración.

La regionalización que nosotros estamos proponiendo se basa en primer término, en la teoría contemporánea más avanzada, conocida como la tectónica de placas. A la luz de las implicaciones de esta teoría, hemos revisado el conocimiento geológico obtenido en los últimos 19 años de actividad exploratoria en todo el territorio nacional, así como la distribución de acumulaciones potenciales de hidrocarburos generadoras, almacenadoras, sello y estructuras. Ambos criterios metodológicos nos permiten en la actualidad, tener una regionalización más racional del territorio nacional.

Esta regionalización geológica petrolera define con mayor precisión las causas de la distribución de las condiciones naturales de la abundancia potencial de hidrocarburos y por ello, el futuro esperado de riqueza relativa. Las características geológicas y petroleras de las cuencas sedimentarias del país, conocidas hasta hoy como parámetros que gobiernan la distribución geográfica del potencial petrolero histórico y esperado, nos permiten distribuirlas en tres grandes regiones:

I.- Región del Golfo de México. Es una franja longitudinal de 550,000 km², cuya estratigrafía, estructuras y evolución tectónica muestran condiciones óptimas para la generación y acumulación de hidrocarburos. En ella se localiza el 99.9% de la reserva probada original (89,000 MMBHLT) descubierta desde fines del siglo pasado. Su potencial cuantificado (RPO entre área) es del orden de 344 MB/km², cifra similar a las de áreas con potencial rico a nivel mundial.

II.- Región Central. Es otra franja longitudinal de 600,000 km², donde está ausente la potente secuencia cenozoica de terrígenos, cuyas lutitas funcionan como magnífico sello en la Región del Golfo. Además, la deformación estructural que afecta al mesozoico es más intensa y compleja, de manera que hasta la fecha la única provincia productora de esta franja, es la de Sabinas, con una reserva probada original de 75 MMBHLT y un potencial de 0.385 MB/km², cifra comparable con las correspondientes áreas con potencial pobre a nivel mundial, como por ejemplo; la provincia de Rubelsantó, productora en Guatemala.

III. Región del Pacífico. Franja longitudinal de 400,000 km², donde solamente las cuencas cenozoicas se consideran con potencial petrolero, ya que el mesozoico muestra una geología tan compleja y fragmentada (Collage Cordillerano), que hoy en día se considera con potencial petrolero a nivel mundial. A pesar del esfuerzo exploratorio de los últimos años y la perforación de pozos terminados con manifestaciones de gas, ninguna provincia de esta región ha resultado como productora comercial. Su reserva probada original es de 18 MMBHLT y un potencial mucho más pobre, cercano a lo nulo.

Finalmente, se propone publicar un nuevo mapa geológico actualizado escala 1:250,000, base para un nuevo mapa de provincias geopetroleras y reestructurar los planes y programas de exploración, de acuerdo con una estrategia exploratoria basada en la revisión de las áreas productoras terrestres y marinas de la región del Golfo de México, a partir de las nuevas metodologías basadas en programas interdisciplinarios. En otras palabras, es necesario programar gru-

pos de especialistas en geología, sismoestratigrafía, paleosedimentación e ingeniería de yacimientos que reexploren los campos y áreas factibles de extensión desarrollados en arenas deltaicas del Terciario, calizas arrecifales del Cretácico y Barras Oolíticas del Jurásico Tardío, así como las estructuras que las afectan. Esta misma metodología se debe extender a la proposición de localizaciones de pozos exploratorios en las áreas que no han sido probadas.

REFERENCIAS

1. Benavides, G.L.: "Geología Petrolera de México". Congreso Geológico Internacional (1956).
2. Campa, M.F. and Coney, P.J.: "Tectono-Stratigraphic Terranes and Mineral Resource Distributions in Mexico Canadian Journal Earth Sciences". Vol. 20, pp. 1040-1051 (1983).

3. Campa, M.F.: "The Mexican Thrust Belt, in Tectonostratigraphic Terranes of the Circum-Pacific Region, Circum Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Science Series". Number 1, pp. 299-313 (1985).
4. Campa, M.F.: "Some Problems About the Terranes Around the Caribbean Region, Geological Society of Australia". Abstracts No. 14, Sydney pp. 39-42 (1985).
5. Coney, P.J. and Campa, M.F.: "Lithotectonic Terrane Map of Mexico (West of the 19th Meridian)". U.S. Geological Survey, Map Distribution, Federal Center, Denver, U.S.A. (1987).
6. Rodríguez, A.M.; García, R.A.; Guzmán, E. y Mina, F.: "Primera Convención Técnica Petrolera Mexicana" (1950).

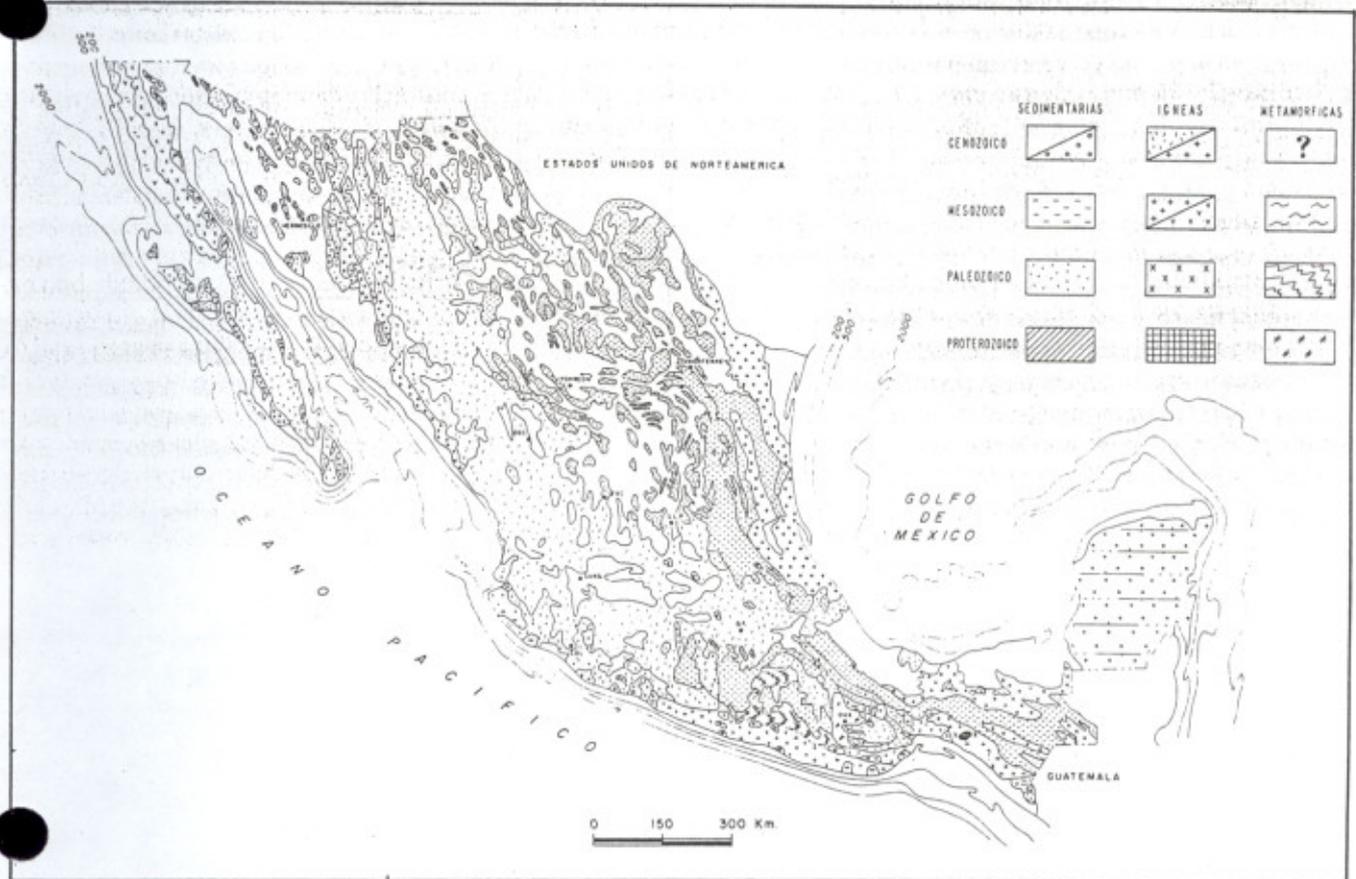


Fig. 1.— Mapa geológico de México.

Junio de 1988

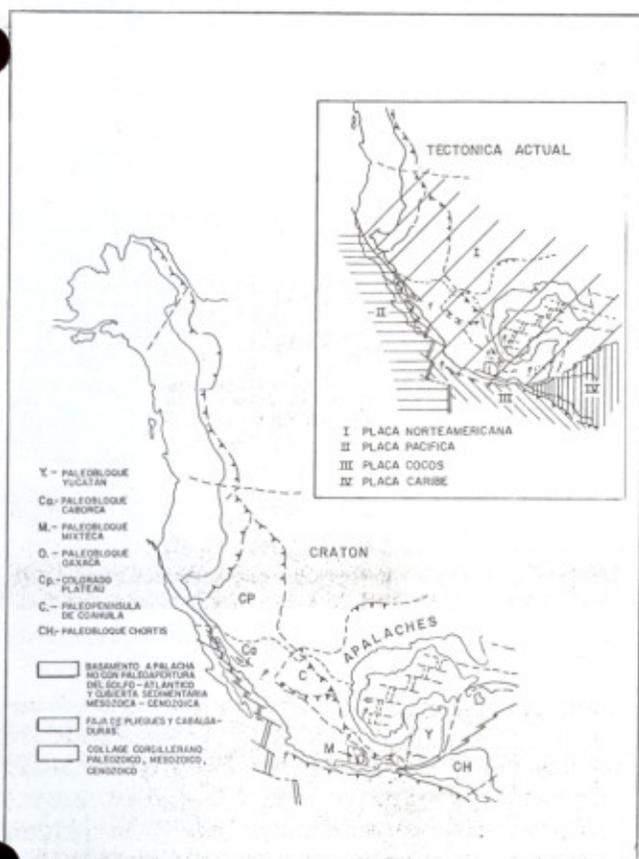


Fig. 4.— Mapa Tectónico de Norteamérica.



Fig. 5.— Modelo de reconstrucción de la Pangea.

CURRICULUM VITAE

María Fernanda Campa Uranga. - *Obtuvo el título de Ingeniero Geólogo con Mención Honorífica en la ESIA-IPN, en noviembre de 1965.*

Realizó estudios de posgrado en la FC-UNAM, obteniendo el grado de Maestro en Ciencias en 1975 y el de Doctor en Ciencias en 1977. Ha publicado 29 artículos, 2 libros y numerosos trabajos profesionales en Pemex.

Ha impartido clases en estudios superiores y de posgrado, así como cursos internacionales a profesionistas de Pemex, CFE, INEGI, Universidades de provincia y extranjeras.

Desde 1980 colabora con proyectos internacionales de tectónica del Circum-Pacífico, El Caribe y Circum-Atlántico, dentro de los cuales ha realizado excursiones geológicas en todo el territorio nacional, Puerto Rico, Trinidad-Tobago, Venezuela, Colombia, Centro América, Estados Unidos, Canadá, Alaska, Siberia, Francia, Italia, España, Suiza, Australia y Norte de África.

Ha realizado labora editorial en diversas revistas y publicaciones científicas y técnicas.

Es miembro de sociedades científicas y técnicas; en la actualidad labora en Planeación de Exploración Petrolera.

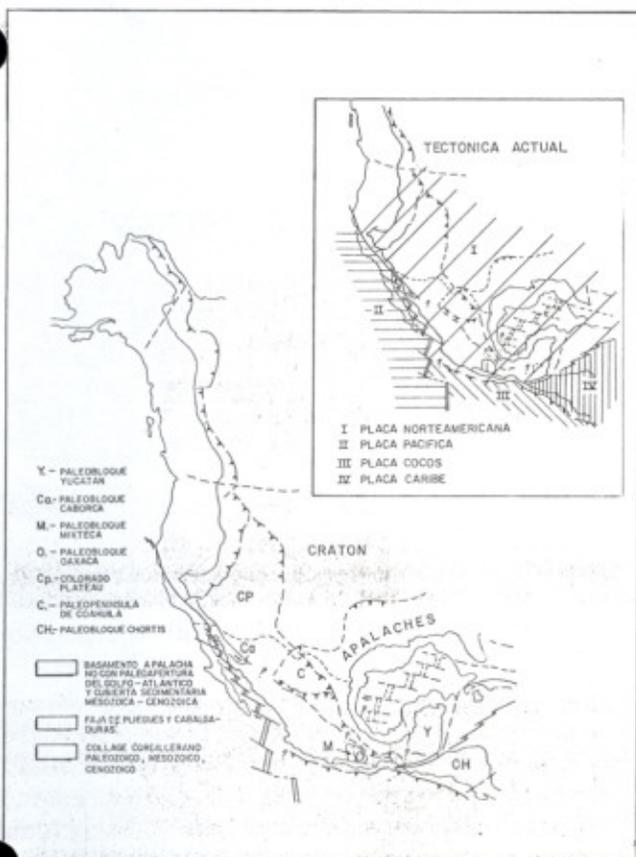


Fig. 4.— Mapa Tectónico de Norteamérica.



Fig. 5.— Modelo de reconstrucción de la Pangea.

CURRICULUM VITAE

María Fernanda Campa Uranga. - *Obtuvo el título de Ingeniero Geólogo con Mención Honorífica en la ESIA-IPN, en noviembre de 1965.*

Realizó estudios de posgrado en la FC-UNAM, obteniendo el grado de Maestro en Ciencias en 1975 y el de Doctor en Ciencias en 1977. Ha publicado 29 artículos, 2 libros y numerosos trabajos profesionales en Pemex.

Ha impartido clases en estudios superiores y de posgrado, así como cursos internacionales a profesionistas de Pemex, CFE, INEGI, Universidades de provincia y extranjeras.

Desde 1980 colabora con proyectos internacionales de tectónica del Circum-Pacífico, El Caribe y Circum-Atlántico, dentro de los cuales ha realizado excursiones geológicas en todo el territorio nacional, Puerto Rico, Trinidad-Tobago, Venezuela, Colombia, Centro América, Estados Unidos, Canadá, Alaska, Siberia, Francia, Italia, España, Suiza, Australia y Norte de África.

Ha realizado labora editorial en diversas revistas y publicaciones científicas y técnicas.

Es miembro de sociedades científicas y técnicas; en la actualidad labora en Planeación de Exploración Petrolera.