



El potencial económico del Bloque de Yucatán en México, Guatemala y Belice

Joshua H. Rosenfeld

Veritas Exploration Services
10300 Town Park
Houston, Texas 77072
joshua_rosenfeld@veritasdgc.com

Resumen

El Bloque de Yucatán es una microplaca continental que cubre 450,000 km² en el sur de México, el norte de Guatemala y el norte de Belice. Su zócalo cristalino está cubierto por una plataforma evaporítica/carbonatada de hasta seis km de espesor depositada desde el Jurásico Tardío hasta el Reciente. El margen sur del bloque se suturó contra la microplaca Chortis en el Cretácico Tardío y siguió siendo afectado por movimientos relativos sinestrales desde el Mioceno hasta el Reciente. El margen oriental de Yucatán se modificó en el Paleoceno por el movimiento transcurrente del Arco Cubano hacia el norte.

Ha habido muy poca sedimentación terrígena en Yucatán desde el Jurásico Medio por la falta de relieve local y el aislamiento de terrenos levantados desde la separación de América del Norte y Suramérica. Haciendo referencia a la geología económica, hay acumulaciones grandes de hidrocarburos al occidente del Bloque de Yucatán en las Tendencias Reforma y Campeche, y en la Cuenca de Macuspana. Se ha encontrado petróleo también al sur-occidente en la Faja Plegada de Chiapas y Guatemala (Sierra de Chiapas). Sin embargo, hasta la fecha se ha descubierto solamente un yacimiento comercial de aceite en el Bloque de Yucatán (el Campo Xan de Guatemala). La exploración para recursos metálicos se ha limitado a una pequeña área del zócalo cristalino expuesto en las Montañas Mayas de Belice.

A pesar del modesto éxito económico logrado hasta la fecha, es la opinión del autor que el potencial del Bloque de Yucatán no debe ser menospreciado porque los esfuerzos exploratorios han sido esporádicos y sin la tecnología idónea. Hay una clara necesidad de adquirir nuevos estudios de sísmica regional de alta calidad para revelar la configuración estructural y la arquitectura sedimentaria del bloque. Entre los numerosos factores geológicos que aun no han sido entendidos se mencionan los siguientes:

- 1) la geometría de las estructuras de *rift* (pilares y fosas) del Triásico-Jurásico.
 - 2) la presencia y las geometrías de las cuencas de plataforma interna, con sus probables rocas generadoras y crecimientos calcáreos.
 - 3) el paleoflujo de calor que afectaba la maduración orgánica.
 - 4) los efectos adentro del bloque de la tectónica en sus márgenes, *e.g.*, basculamiento, compresión, movimientos transcurrentes y movimientos en masa.
 - 5) los efectos del impacto meteorítico "Chicxulub" del límite Cretácico-Terciario.
- Palabras Clave: *Yucatán, Chicxulub, Xan, Petróleo*

Abstract

The Yucatan Block is a rifted continental microplate covering 450,000 km² of southern Mexico, northern Guatemala and Belize. The crystalline basement is mantled by a Late Jurassic through Recent carbonate/evaporite platform up to six km thick. The southern margin of the block was affected by Late Cretaceous suturing to the Chortis microplate followed by Miocene to Recent strike slip faulting. Its eastern margin was modified by Paleogene strike-slip against the Cuban Arc Terrane. The Yucatan Block has received very little terrigenous sedimentation since it was isolated from nearby landmasses by the Jurassic separation of North and South America.

There is major hydrocarbon production in Mexico from the area immediately west of the Yucatan Block in the Reforma Trend, Campeche Sound and the Macuspana Basin. Oil has also been found in the Sierra de Chiapas west and south of the block in Guatemala and Mexico; yet only one commercial oil accumulation has been found to date on the block itself, *i.e.* Xan Field in Guatemala. Mineral exploration has been limited to the small area of exposed basement in the Maya Mountains of Belize.

Based on current knowledge, it is the author's opinion that the economic potential of the Yucatan Block cannot be discounted. Hydrocarbon exploration has been sporadic and generally low-tech, and there is a clear need for high quality regional seismic data to reveal the area's structural configuration and sedimentary architecture. Among the many geological factors to be understood are:

- 1) the geometry of Triassic-Jurassic rift structures (horsts and graben).
- 2) the location and geometries of possible Jurassic and Cretaceous intraplateform hydrocarbon source basins, potential carbonate buildups, and structural traps within the evaporite/carbonate section.
- 3) paleo-heatflow as it affected organic maturation.
- 4) the effects within the block of tectonics along its margins (tilting, mass wasting and foreland bulging)
- 5) the effects of the Chicxulub K/T astrobleme.

Keywords: *Yucatán, Chicxulub, Xan, Petroleum*

1. Introducción

El Bloque de Yucatán cubre aproximadamente 450,000 km² sobre tierra y la plataforma continental de México, Guatemala y Belice (Figura 1). Desde finales del Paleozoico el bloque ha sido un elemento cratónico estable, cuyos márgenes han sido modificados extensamente desde su aislamiento en el Jurásico Temprano como una microplaca entre América del Sur y América del Norte. Desde el Jurásico Tardío, el Bloque de Yucatán ha sido cubierto por un espesor considerable de carbonatos (dolomía/caliza) y evaporitas (yeso/anhidrita) perteneciente a la Plataforma de Yucatán. La plataforma se extendió hacia el occidente hasta la posición actual de la Sierra de Chiapas y la Tendencia de Reforma. El margen sur del bloque fue comprimido contra el Bloque de Chortis en el Cretácico Tardío y algunos segmentos fueron desplazados al oriente entre el Mioceno y el Reciente por movimientos izquierdos en el sistema de fallas Motagua-Polochic. El margen oriental del bloque fue cercenado en el Paleógeno por movimientos izquierdos relacionados al desplazamiento hacia el norte del Arco Cubano y se encuentran fragmentos desplazados de Yucatán en el occidente de Cuba (Iturralde-Vinent, 1994).

Los eventos deformacionales que han tenido influencia sobre los recursos petrolíferos y metálicos de Yucatán incluyen:

- 1) el *rifting* desde el Triásico Tardío hasta el Jurásico Medio.
- 2) la colisión con Chortis en el Cretácico Tardío.
- 3) el impacto del asteroide (o cometa) en el límite cretácico-terciario (K/T).
- 4) el basculamiento de Yucatán hacia el occidente desde el Cretácico hasta el Neógeno.

Los episodios sedimentarios relacionados a estos

eventos tectónicos incluyen:

- 1) el depósito de capas rojas y arenas eólicas en el Jurásico Temprano y Medio.
- 2) la inundación marina en el Jurásico Tardío/Cretácico Temprano y la acumulación de carbonatos y evaporitas (principalmente yeso-anhidrita) desde el Jurásico Tardío hasta el Reciente.
- 3) los movimientos en masa, el fracturamiento y la formación de brechas en el límite K/T debido al impacto de Chicxulub.

A pesar de contar con una sección sedimentaria muy gruesa y la presencia de producción de aceite en Guatemala, la mayor parte del bloque de Yucatán no ha sido cubierta por líneas sísmicas regionales. Hay menos

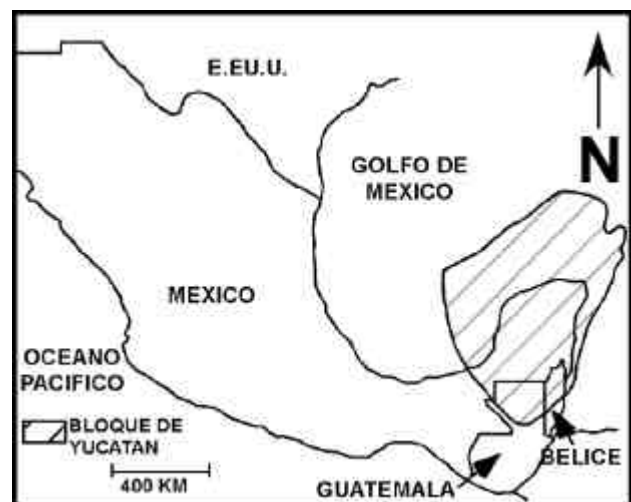


Figura 1. Mapa de localización del Bloque de Yucatán.

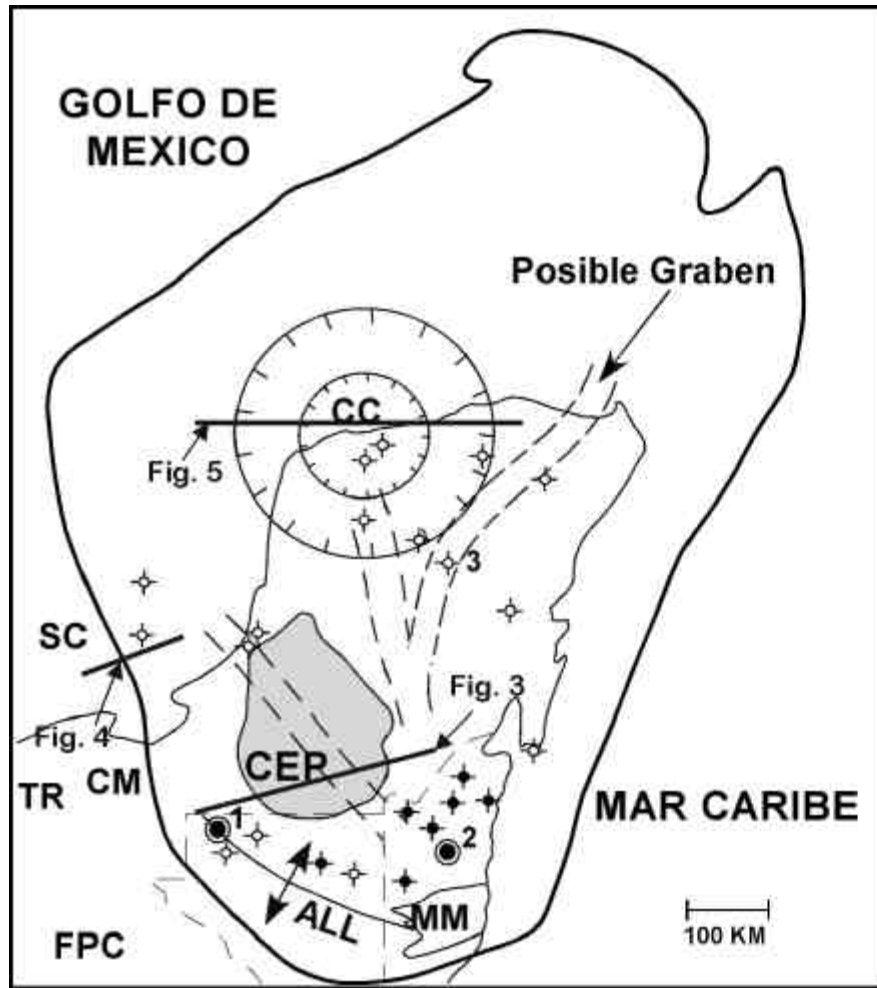


Figura 2. Elementos tectónicos y pozos relevantes a los recursos económicos en el Bloque Yucatán. ALL: Arco de la Libertad; CC: Gáster de Chicxulub; CEP: Cuenca de Entreplataforma; CM: Cuenca de Macuspana; FPC: Faja Plegada (Sierra) de Chiapas; MM: Montañas Mayas; SC: Sonda de Campeche; TR: Tendencia Reforma; 1: Campo Xan; 2: Pozo Eagle-1; 3: Pozo Yucatán-1. Círculo negro cruzado: Pozo con manifestaciones de hidrocarburos; Círculo blanco cruzado: Pozo sin información sobre manifestaciones de hidrocarburos.

de un pozo por cada 20,000 km² y éstos están irregularmente distribuidos y mayormente fueron perforados sin control sísmico (Figura 2). Desde la perspectiva económica, el Bloque de Yucatán es una de las áreas subexploradas más grandes y accesibles del mundo. El área tampoco se presta a la prospección minera debajo de los carbonatos superficiales, aunque algunos trabajos de reconocimiento han descubierto indicios subcomerciales de oro y estaño en el núcleo cristalino de las Montañas Mayas de Belice.

1.1. Hidrocarburos

La presencia de uno o más sistemas de hidrocarburos en el Bloque de Yucatán se conoce por ocurrencias de aceite en Guatemala y Belice. También las manifestaciones de aceite en Cuba occidental (Iturralde-Vinent, 1994) tienen relevancia para la existencia de sistemas petrole-

ros en Yucatán. ¿Cuáles son estos sistemas y cuánta área puedan cubrir? A continuación se mencionan algunas posibilidades.

1.1.1. Sistema petrolífero relacionado al "rifting"

Perforaciones en México y Belice, y afloramientos en las Montañas Mayas indican que la corteza cristalina de Yucatán consiste de rocas graníticas, metasedimentarias y metavolcánicas pre-pensilvánicas. Encima de estas rocas cristalinas hay rocas sedimentarias, ligeramente metamorfoseadas, del Pensilvánico y Pérmico. Este conjunto corresponde a la zona interior de la Faja Plegada de Ouachita del norte de México y de los estados norteamericanos de Arkansas, Oklahoma y Texas denominado "Llanoria" por Flawn *et al.* (1961).

Debido a eventos postorogénicos relacionados a la apertura del Golfo de México y del Proto-Caribe, la corteza de Yucatán fue obviamente extendida, lo que permitió que en algunas áreas, como en el norte de

Guatemala, se acumularan de más de seis kilómetros de rocas sedimentarias.

Anomalías gravimétricas alineadas en Yucatán (López Ramos, 1973) sugieren que el zócalo cristalino fue afectado en la etapa de *rifting* por fallas normales formando así un terreno caracterizado por pilares y fosas. Los pilares erosionados pudieran haber sido fuentes del relleno terrígeno de las fosas (Formación Todos Santos) y de las areniscas eólicas del Oxfordiano en el Campo Ek-Balam y otros sitios de la Sonda de Campeche. Estas fosas también pudieron ser rutas preferidas para la transgresión marina que avanzó sobre Yucatán en el Jurásico Tardío y Cretácico Temprano. Los depósitos marinos “preplataforma” en las fosas deben ser areniscas y margas. Aunque pocos pozos en Yucatán han penetrado rocas jurásicas, una sección dolomítica de 36 metros de espesor, supuestamente jurásica, fue descrita por López Ramos (1973) a 3,140 m en el pozo Yucatán-1, dentro de un posible graben (Figura 2). Esta situación es análoga al contemporáneo y geográficamente cercano depósito de las formaciones Norphlet y Smackover, productoras importantes de petróleo en el Golfo de México adyacente a los Estados Unidos, depositadas durante el *rifting* y apertura del Golfo.

El potencial generador de los depósitos de la transgresión en Yucatán se confirma por el aceite del pozo Eagle-1 de Belice (Figura 2) cuyos biomarcadores

indican derivación de margas del Jurásico Superior o Cretácico Inferior (J. Zumberge, comunicación escrita).

Los objetivos exploratorios de este *play* serían las areniscas *sin-rift* y del *post-rift* temprano sobre los flancos y crestas de los pilares, y los carbonatos depositados durante y después de la inundación (Figura. 3).

1.1.2. Sistema petrolero de la cuenca interna de plataforma

El Campo Xan se localiza en el Arco de La Libertad en la parte norte de Guatemala (Figura 2). Xan, con reservas originales de ~100 millones de barriles de aceite, produce desde una calcarenita dolomitizada del Turoniano a 2,300 m de profundidad. El yacimiento sobreyace a una roca generadora calcárea del Cenomaniano y está sellado por anhidrita. Inmediatamente al norte del Arco de La Libertad hay una anomalía gravimétrica negativa circular de ~200 km en diámetro (Figura 2). Esta amplia anomalía puede representar una cuenca de plataforma interna caracterizada por circulación restringida que pudiera haber permitido la acumulación de rocas generadoras en su parte central, rodeadas y traslapadas por arrecifes o bancos calcareníticos como el Campo Xan (Figura 3). El autor especula que esta cuenca puede ser del tipo “cabeza de res” formada por subsidencia de una zona amplia encima de una fosa mayor o *rift* abortado relacionado a la apertura del Golfo de México.

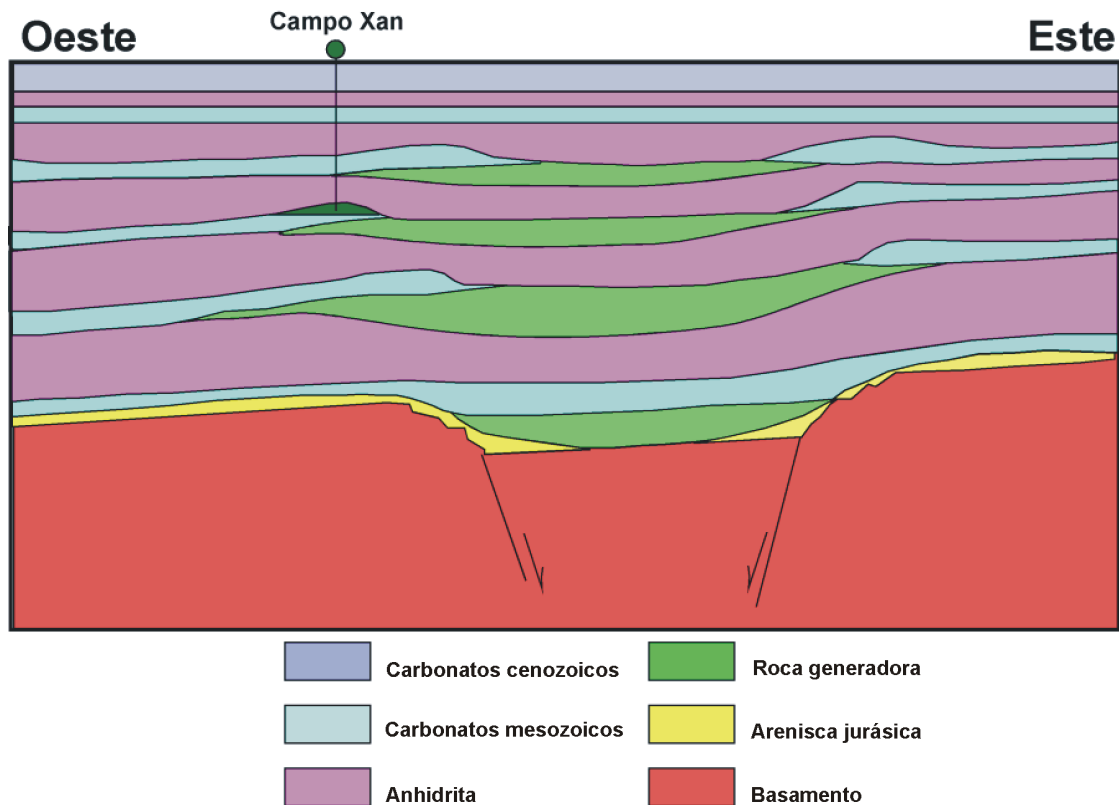


Figura 3. Sección longitudinal esquemática de la Cuenca Entreplataforma al norte del Arco de La Libertad.

La migración de hidrocarburos hubiera radiado desde el centro de esta cuenca a través de capas calcáreas permeables entre los niveles potentes y continuos de anhidrita. El basculamiento del Bloque de Yucatán hacia el occidente hubiera favorecido esta migración al oriente hacia una franja casi inexplorada de México, Guatemala y Belice. Esta migración de petróleo al oriente se confirma en el pozo Eagle-1 de Belice, donde hay aceite de 39° API a 600 m de profundidad en carbonatos del Cretácico Inferior. Otros pozos del norte de Belice también manifestaron aceite (Figura 2). Las rocas mesozoicas de Belice no son generadoras de hidrocarburos por no contar con suficiente soterramiento ni contenido orgánico. Por lo tanto, el aceite del Eagle-1 tuvo que migrar lateralmente desde una cocina localizada al occidente en México y/o Guatemala.

La Plataforma de Yucatán se caracteriza por niveles de carbonatos y anhidritas lateralmente extensos controlados por los cambios relativos del nivel de mar. En este ambiente, el Campo Xan no debe ser el único banco o arrecife carbonatado en la parte interna de la plataforma. El modelo propuesto aquí de una o más cuencas generadoras en la plataforma interna, rodeadas por bancos calcáreos, es similar a la geometría sedimentaria de algunos de los campos supergigantes de la Plataforma Arábica.

1.1.3. Migración lateral de hidrocarburos desde el Golfo de México

La presencia de más de 30 mil millones de barriles de aceite de la Sonda de Campeche, y más de 10 billones de pies cúbicos de gas de la Cuenca de Macuspana, indica la generación de una carga masiva de hidrocarburos a lo largo del borde occidental del Bloque de Yucatán. El basculamiento de Yucatán hacia el occidente ha creado la geometría ideal para capturar los hidrocarburos que han pasado, o han sido vertidos, de las trampas del Pilar de Akal y la Cuenca de Macuspana. Es posible, entonces, que estos hidrocarburos hayan entrado por la orilla de la plataforma y hayan migrado hacia la plataforma interna para quedar atrapados en arrecifes, bancos de calcarenita, o acuíferos de porosidad entre sellos compuestos de gruesas capas de anhidrita (Figura 4).

1.1.4. Sistemas petrolíferos relacionados al impacto K/T

El cráter K/T de Chicxulub (Figura 2), con un diámetro final estimado en hasta 300 km, es uno de los más grandes rasgos de impacto preservado en el mundo (Sharpton *et al.*, 1996). Se ha propuesto en forma convincente, que la brecha dolomítica K/T de la Sonda de Campeche, que almacena la mayor parte de su petróleo, se formó por el impacto (Grajales-Nishimura *et al.*, 2000). La posible presencia de un sistema petrolífero dentro del Bloque de Yucatán relacionado al impacto también debe ser considerada.

Se perforaron varios pozos en el área del cráter antes de 1970 (Lopez-Ramos, 1973). Algunos de ellos

penetraron rocas ígneas y brechas originadas por el impacto de Chicxulub (Sharpton *et al.*, 1996). Los pozos perforados fuera del cráter penetraron las típicas alternancias de carbonatos dolomíticos y anhidritas (Figura 5). Es difícil concebir algún sistema petrolífero en la parte central del cráter, pero las condiciones en sus alrededores pudieran haber sido aptas para la generación y acumulación de hidrocarburos.

1.1.5. Generación de hidrocarburos

El pozo Yucatán-1 penetró rocas paleozoicas a la profundidad de 3,200 m. El bajo gradiente geotérmico en los carbonatos y anhidritas perforados probablemente no hubiera permitido la generación de hidrocarburos. Por eso, la existencia de hidrocarburos en el área dependería del calentamiento producido por el mismo impacto. Los impactos generan calor por los siguientes mecanismos:

- 1) el calor de la roca fundida por el impacto, más el alto gradiente geotérmico relacionado al levantamiento rápido por rebote de los niveles profundos de la litósfera (Figura 5).
- 2) la fricción interna del gran volumen de roca perturbada por el tren de ondas sísmicas de alta amplitud.
- 4) la fricción entre bloques desplazados durante el colapso del cráter inmediatamente después del impacto.
- 5) la redistribución de calor alrededor del cráter por amplios sistemas hidrotermales.

1.1.6. Roca almacén

Las dolomías alrededor del cráter deben estar muy fracturadas sobre un área extensa debido al impacto, aumentando así su porosidad y permeabilidad.

1.1.7. Trampas

El levantamiento del borde del cráter final y la rotación de los bloques fallados componen altos estructurales que conducen a la formación de trampas (Figura 5).

1.1.8. Sellos

Las anhidritas deben constituir sellos internos entre las capas de dolomía fracturada. Los sellos laterales pueden ser fallas selladas por la roca mecánicamente molida, y hasta fundida (pseudotaquilita), por la fricción generada durante el desplazamiento rápido de enormes bloques desprendidos durante el colapso del cráter. Un buen sello encima de toda la sección mesozoica alrededor del cráter debe ser la brecha de impacto por haberse depositado en estado caliente, de manera similar a ignimbritas o tobas soldadas (Figura 5).

2. Minerales Metálicos

Se ha documentado la presencia de mineralización metálica en sitios de impacto. El caso más notable es del cráter precámbrico de Sudbury en Canadá, con 1,65 mil millones de toneladas métricas de mena con un promedio de 1,2% de níquel y 1,05% de cobre (Masaitis y Grieve,

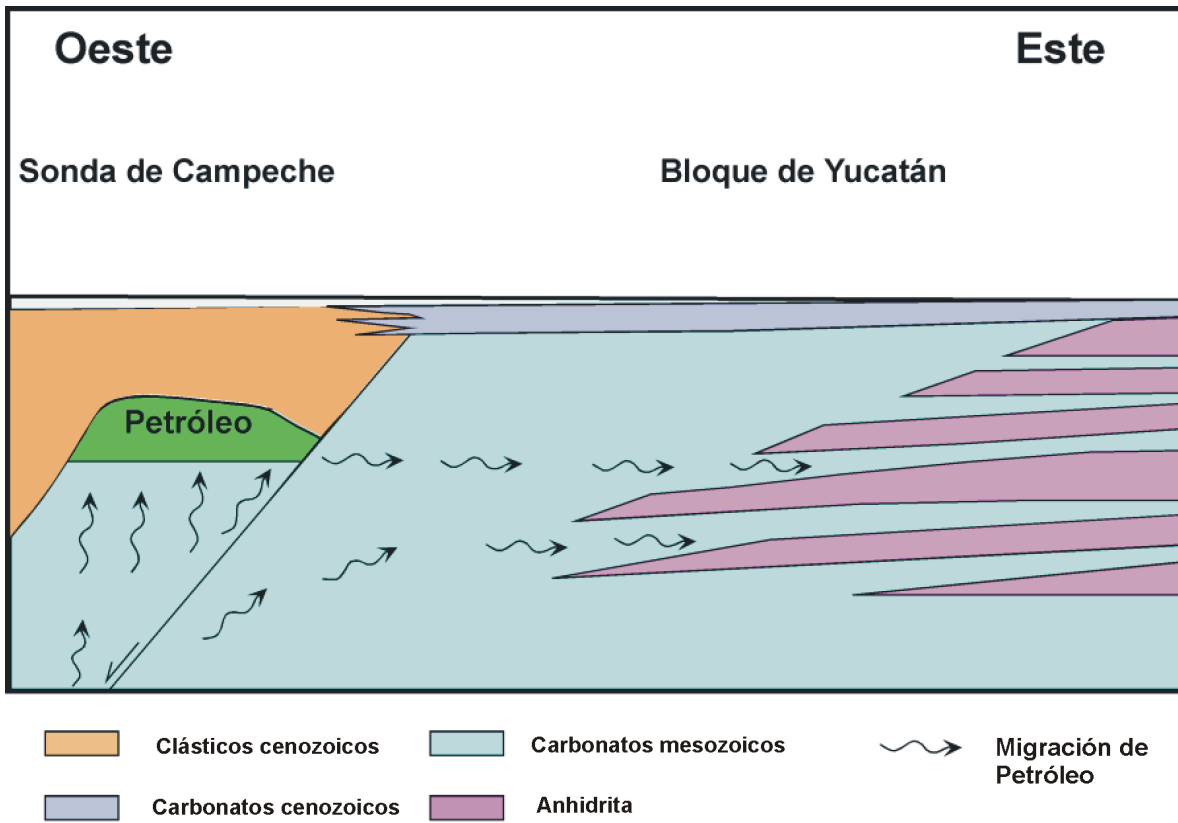


Figura 4. Sección longitudinal esquemática mostrando posibles rutas de migración desde la Sonda de Campeche hacia el Bloque de Yucatán.

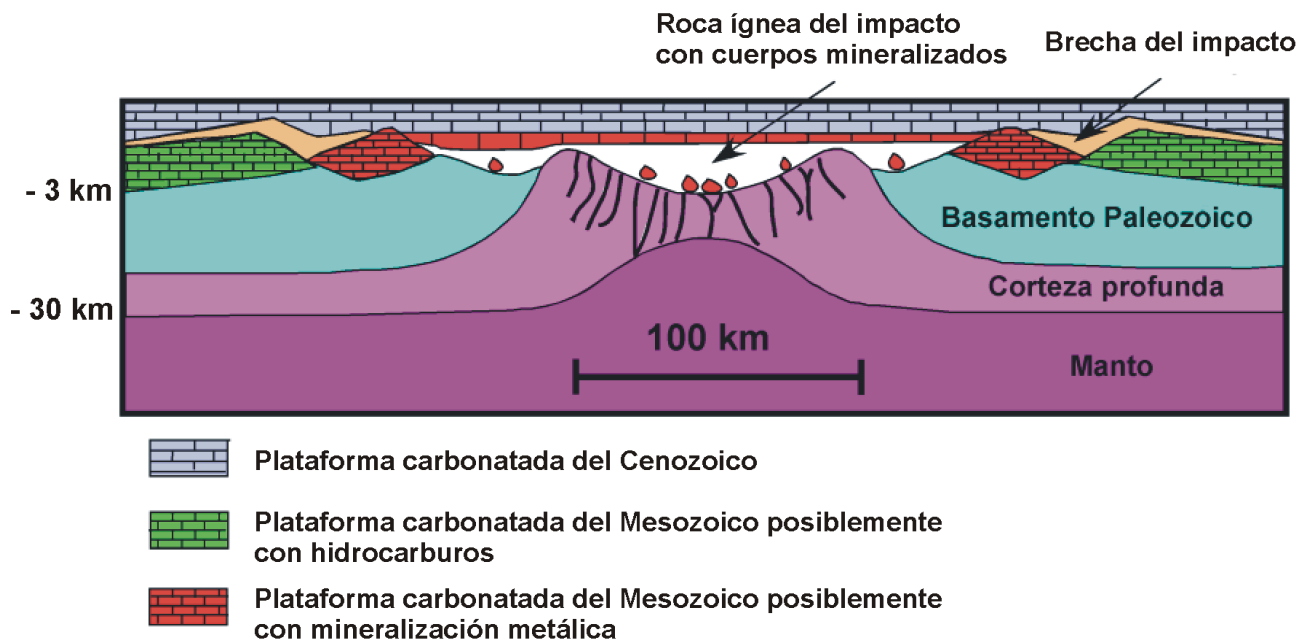


Figura 5. Sección longitudinal esquemática mostrando posibles recursos económicos relacionados al cráter de Chicxulub (adaptado de Sharpton et al., 1994).

1994). Los metales se encuentran en segregaciones de sulfuros que fueron inmiscibles dentro del magma generado por el impacto. De menor importancia en Sudbury es la mena hidrotermal en un carbonato delgado depositado dentro del cráter después del impacto. Este depósito contiene 6 millones de toneladas métricas con un promedio de 4.4% zinc, 1.4% cobre, y 1.2% plomo.

El cráter pre-erosional de Sudbury y el cráter enterrado de Chicxulub tienen tamaños similares y es posible que una cantidad de metal similar a la de Sudbury esté presente al nivel ígneo profundo de Chicxulub (Figura 5). En contraste con Sudbury, un recurso más extenso y somero en Chicxulub puede ser el producto de la mineralización hidrotermal en fracturas y mantos dentro de los gruesos carbonatos alrededor y encima del cráter. Los elementos de este sistema incluirían:

1) el levantamiento central de rocas sobrecalentadas de la corteza profunda (~25 km de profundidad) sobre un área de ~100 km de diámetro.

2) una caldera remanente en la parte central del impacto, llena de magma y roca caliente, sujeta al ingreso constante de agua oceánica desde la orilla marina del cráter.

3) una salmuera hidrotermal con alta concentración de cloruros derivados principalmente del agua marina, y de sulfuros derivados de los sulfatos del agua marina y de la anhídrita.

4) la convección profunda a través de abundantes fracturas formadas por el impacto y por el colapso subsiguiente de las paredes del cráter.

5) la lixiviación de iones metálicos por la salmuera desde las paredes del sistema hidrotermal para formar complejos metálicos solubles de cloruro y sulfuro.

6) la precipitación de sulfuros metálicos desde la salmuera al enfriarse y oxidarse en las partes distales del sistema hidrotermal.

7) la zonación metalogénica durante el enfriamiento del sistema.

El potencial económico de estos cuerpos mineralizados dependería de la profundidad de soterramiento actual y la factibilidad de conducir actividades mineras en este ambiente sujeto a fuertes flujos de agua subterránea.

3. Conclusiones

El Bloque de Yucatán es una provincia geológica compleja enmascarada por una plataforma carbonatada aparentemente sencilla. En realidad, el marco estructural y la arquitectura estratigráfica del Bloque de Yucatán son pobremente entendidos, pero la percepción de "simplicidad" ha llevado a muchos investigadores a concluir que las exploraciones llevadas a cabo hasta ahora son suficientes para revelar las características sobresalientes de la provincia.

En el lado positivo, se han documentado por lo menos dos distintos tipos de aceite generados dentro del

bloque; uno desde rocas generadoras de ambiente marino restringido del Cretácico Medio (Campo Xan), y el otro desde margas del Jurásico Superior a Cretácico Inferior (Eagle-1). Una cantidad mayor de hidrocarburos pudo haber migrado hacia el Bloque de Yucatán desde la Sonda de Campeche y la Cuenca de Macuspana.

El Bloque de Yucatán puede contener recursos importantes de petróleo y metales. Las condiciones superficiales dan poca ayuda al explorador. Al contrario, la superficie crea obstáculos debido a su geología monótona, las altas velocidades sísmicas, las cavernas someras, la topografía kárstica, el ambiente sensible, los abundantes sitios de importancia cultural, y la falta de infraestructura. En estas condiciones, el descubrimiento de recursos económicos requiere la cuidadosa aplicación de los métodos más avanzados de exploración.

4. Recomendaciones

1) Ensamblar, integrar e interpretar toda la información geológica, geofísica y geoquímica disponible sobre el Bloque de Yucatán en México, Guatemala y Belice.

2) Adquirir una malla abierta de información sísmica profunda para integrarla a los datos de campos potenciales y de pozo, con la meta de elaborar un marco regional actualizado.

3) Evaluar las muestras de pozos profundos planeados alrededor de Chicxulub con respecto a su relevancia económica, e incorporar estos datos al marco regional.

4) Conducir levantamientos electromagnéticos o de polarización inducida sobre la parte terrestre del cráter de Chicxulub para determinar la posible existencia de concentraciones metálicas.

5) Hacer estudios sísmicos detallados sobre áreas seleccionadas de potencial exploratorio.

6) Perforar los prospectos de petróleo y de metales.

Agradecimientos

Muchos geocientíficos y empresas han gastado energía y recursos para proveer los datos e interpretaciones que apoyan el entendimiento actual del Bloque de Yucatán. Entre otros individuos, destacan las contribuciones de Ernesto López-Ramos, Francisco Viniegra, Antonio Camargo, Glen Penfield, Virgil Sharpton, Al Weidie y Richard Buffler.

Entre las compañías cuyas inversiones en la exploración de Yucatán han resultado en la adquisición de datos críticos son: Petróleos Mexicanos, Texaco, Amoco, Shell, Gulf, Phillips, Sohio, Esso, Marathon y Anschutz.

Este trabajo se ha beneficiado de las fructíferas discusiones con el Ing. Hector Palafox del Instituto Mexicano del Petróleo. Arthur Berman fue muy generoso con su tiempo y sus conocimientos durante la preparación del presente trabajo.

Referencias Bibliográficas

- Flawn, P.T., Goldstein Jr., A., King, P.B., Weaver, C.E., 1961, The Ouachita System: Austin, Texas, The University of Texas, Publication no. 6120, 401 p.
- Grajales-Nishimura, J.M., Cedillo-Pardo, E., Rosales-Domínguez, C., Morán-Zenteno, D.J., Alvarez, W., Claeys, P., Ruíz-Morales, J., García-Hernández, J., Padilla-Avila, P., Sánchez-Ríos, A., 2000, Chicxulub impact: The origin of reservoir and seal facies in the southeastern Mexico oil fields: *Geology*, 28 (4), 307- 310.
- Iturralde-Vinent, M.A., 1994, Cuban Geology: A new plate tectonic synthesis: *Journal of Petroleum Geology*, 17 (1), 39-70.
- López-Ramos, E., 1973, Estudio Geológico de la Península de Yucatán: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 25 (1-3), 23-75.
- Masaitis, V.L., Grieve, R.A.F., 1994, The economic potential of terrestrial impact craters: *International Geology Review*, 36, 105-151.
- Sharpton, V.L., Marín, L.E., Schuraytz, B.C., 1994, The Chicxulub multiring impact basin: Evaluation of geophysical data, well logs, and drill core samples: Lunar and Planetary Institute, Contribution no. 825, 108-110.
- Sharpton, V.L., Marín, L.E., Carney, J.L., Lee, S., Ryder, G., Schuraytz, B.C., Sikora, P., Spudis, P.D., 1996, A model of the Chicxulub impact basin based on evaluation of geophysical data, well logs, and drill core samples: *Geological Society of America, Special Paper*, 307, 55-74.

Manuscrito recibido: Mayo 31, 2001

Manuscrito corregido recibido: Noviembre 30, 2001

Manuscrito aceptado: Diciembre 12, 2001