

reubicar esta plataforma. Se llevaron a cabo los correspondientes trabajos experimentales para la determinación de los parámetros óptimos del método sísmico en una zona patrón, en la cual existían evidencias no comprobadas de emanaciones gaseosas. En un inicio estas evidencias fueron interpretadas como ruidos no definidos en los registros, pero durante el posprocesamiento se consideró que estos podían estar asociados a algún evento geológico. Con la utilización de un sistema de adquisición de datos se comprobó efectivamente que estos "ruidos" eran emanaciones gaseosas, posiblemente asociadas a zonas de debilidad tectónica en el corte geológico, constituyendo a su vez un indicio para la búsqueda de yacimientos gasopetrolíferos. Esta comprobación aportó criterios para la selección de la zona de ubicación de la plataforma, eliminando de esta forma posibles riesgos geológicos en su emplazamiento.

CONCLUSIONES

En los trabajos de sísmica de alta resolución se manifiestan diversos tipos de ruidos cuya influencia puede ser sensiblemente atenuada utilizando los criterios metodológicos durante la adquisición y procesamiento de los datos expuestos en el presente trabajo. La aplica-

ción combinada del método sísmico con el batimétrico y el sonar de barrido lateral permite reducir el grado de ambigüedad en la interpretación de los cortes de tiempo así como elevar la efectividad informativa y económica de los resultados de estas investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- «Investigaciones geofísicas y batimétricas en los sitios Cayo Blanco y Caracoles para la campaña de perforación», inédito, GEOCUBA Estudios Marinos, Brigada Geofísica y Geología Marina, 1994.
- «Investigaciones geólogo-geofísicas en el río Tarará para la construcción de una marina», inédito, GEOCUBA Estudios Marinos, Departamento de Geofísica y Geología Marina, 1994.
- «Investigaciones geólogo-geofísicas para la búsqueda de fuentes de abasto de arena en el litoral norte de la playa de Varadero», inédito, GEOCUBA Estudios Marinos, Departamento de Geofísica y Geología Marina, 1993.
- «Resultados de los estudios geólogo-geofísicos realizados en la Bahía de Cárdenas con vista a la búsqueda de indicios de minas de gasfalto», inédito, GEOCUBA Estudios Marinos, Departamento de Geofísica y Geología Marina, 1994.
- «Resultados de los estudios geólogo-geofísicos realizados en la Península de Ancón para la construcción de una marina», inédito, GEOCUBA Estudios Marinos, Departamento de Geofísica y Geología Marina, 1995. □



Universidad de Pinar del Río
"Hermanos Saiz Montes de Oca"



Información Científico-Técnica

SERVICIOS

- Asesoramiento para solicitud de patentes.
- Adiestramiento en el uso de nuevas tecnologías de la información.
- Servicio de disco compacto (CD).
- Asesoramiento en confección de bibliografías e informes técnicos.
- Conferencias introductorias sobre el uso de la información.
- Búsquedas de información en Internet.
- Servicio de catálogos Industriales, Normas cubanas y Normas ISO 9000.
- Préstamos interbibliotecarios.
- Solicitud de artículos del Current Contents.
- Servicio de hemeroteca.

Manifestaciones superficiales y someras de hidrocarburos y aguas sulfurosas en Cuba: relaciones con unidades tectonoestratigráficas y yacimientos gasopetrolíferos

Evelio Linares Cala

Ingeniero geofísico. Centro de Investigaciones del Petróleo (CINPET). La Habana, Cuba.

RESUMEN: La cartografía geológica de más del 40 % del territorio nacional a escala detallada, la perforación de pozos someros y profundos y la ubicación de denuncios de salideros superficiales y manifestaciones de hidrocarburos y aguas sulfurosas a poca profundidad, permitieron hacer un mapa generalizado que muestra la estrecha relación entre estos menes, las Unidades Tectono-Estratigráficas (UTE) y los yacimientos de petróleo y gas descubiertos. Estos hechos, unidos al conocimiento de la práctica mundial de varias compañías petroleras que prestan gran atención a tales fenómenos, permitió rectificar criterios antiguos que desalentaban la búsqueda porque se consideraba que, si existían salideros, era porque se habían destruido las trampas y se despreciaban estas evidencias de un sistema activo de surtidores y la posible ocurrencia de acumulaciones de petróleo y gas en las profundidades.

El trabajo demuestra, que en las cercanías de todos los yacimientos petroleros descubiertos en Cuba, existen salideros activos de hidrocarburos y aguas sulfurosas.

Fundamentados en criterios sobre las regularidades de la ocurrencia de salideros y su vínculo con las rocas de las UTE, donde se producen los mayores volúmenes de petróleo en Cuba, se proponen otras áreas perspectivas para ejecutar exploraciones.

Palabras clave: hidrocarburos, aguas sulfurosas, menes, Cuba.

ABSTRACT: There were three factors that helped the authors carry out a generalized map that shows the relationship between oil and gas seeps, Tectonostratigraphic Units (TSU) and the already discovered oil fields. They were the geologic mapping of more than the 40 % of the national territory in detailed scales, the considerable quantity of deep wells drilled for oil exploration almost all over the country, and the localization of hydrocarbons shows at the surface and at shallow depth.

It is very well known that the majority of the oil companies around the world give great attention to those facts. That lets us rectify old ideas, which discouraged oil exploration. It was useful to think that if there were oil and gas seep that means that the traps had been destroyed and for that reason any exploration works in this area would be useless.

The present work demonstrates that oil and gas seeps exist in the surroundings of all oil fields discovered along the country. Based on these regularities and its relationships with the outcrops of the Tectonostratigraphic Units where the major oil fields are located, the authors propose some other new perspective zones.

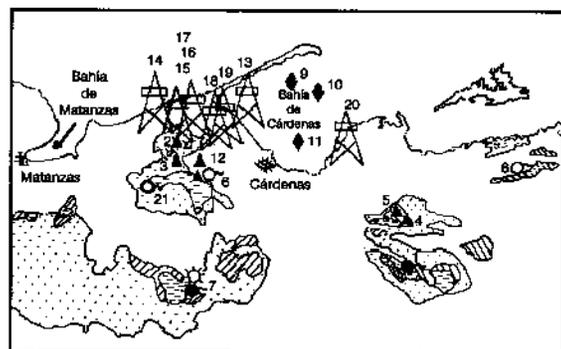
Keywords: hydrocarbons, sulphur waters, seeps, Cuba

INTRODUCCIÓN

Durante años, la mayoría de los geólogos petroleros, no consideraban las manifestaciones superficiales de hidrocarburos en Cuba, como un indicio directo para la búsqueda, por el contrario, estas se relacionaban con la destrucción de trampas y el consiguiente proceso de biodegradación. Por otra parte, a las estructuras de sobrecorrimiento que hace décadas propusieron conocidos investigadores, no se les prestaba la atención requerida, incluso, no faltaban quienes las negaran. Afortunadamente, los últimos datos estratigráficos a partir de decenas de pozos, algunos con profundidades superiores a los 5 km, permitieron comprobar y modelar los cabalgamientos de unas unidades tectonoestratigráficas sobre otras en la porción septentrional del archipiélago cubano.

La cartografía geológica de más del 40 % del país a escalas detalladas y la evaluación del archivo de centenares de reportes que envían pobladores de todas las provincias, permitió hacer un mapa y catastro de las principales manifestaciones superficiales de hidrocarburos y aguas sulfurosas del territorio nacional y mostrar la consiguiente clasificación (Linares y Valdés, 1991).

La comparación de las áreas de distribución de los "menes" con la ubicación de los yacimientos descubiertos, y las UTE muestran una estrecha relación (Figura 1).



UNIDADES GEOLÓGICAS Y UTE

- Uteroserio-Placetas (J₁ox - K₂cp-m)
- Arco volcánico cretácico
- Cubierta del arco volcánico cretácico
- Complejo ofiolítico
- Oligoceno cuaternario

MANIFESTACIONES SOMERAS O SUPERFICIALES

- Asfaltitas
- Asfalto, chapapote
- Gas seep
- Agua sulfurosa
- Oil seep
- Yacimientos de petróleo y gas

FIGURA 1. Mapa con la ubicación de yacimientos de petróleo y gas y manifestaciones superficiales de hidrocarburos y agua sulfurosa en sus inmediaciones en el área de Varadero, Cárdenas.

Este hecho, unido a la práctica mundial de varias compañías petroleras que prestan atención a estos fenómenos, permitió rectificar los criterios anteriores. Considerar las manifestaciones tanto en tierra como mar afuera, es importante, porque muestra la existencia de un sistema activo de surtidores que pueden indicar la ocurrencia en la profundidad de grandes acumulaciones de petróleo y gas. Las manifestaciones activas son un fenómeno bien conocido mundialmente y existen importantes testimonios de que muchas de ellas han conducido a sustanciales descubrimientos en este siglo. Por ejemplo, la industria petrolera colombiana es una de las más antiguas de América Latina. Desde muy temprano en la época colonial, ya se hablaba sobre los frecuentes salideros de petróleo (menes) del Valle del Magdalena, varios de los cuales condujeron al hallazgo de yacimientos.

A pesar de la poca importancia que se daba en Cuba a las chapapoterías, cuatro yacimientos se descubrieron con la ubicación fundamentada en manifestaciones superficiales (Echeverría y otros, 1991). No menos importante es la ubicación de salideros en el mar. Una

rareza en los mares al este de la Isla de la Juventud es la ocurrencia de pequeños volcanes de lodo, causados por las emanaciones gaseosas cuyos análisis mostraron contenidos notables de metano y gas sulfídrico.

Al norte de la provincia de Pinar del Río se han reportado grandes manchas de petróleo y emanaciones gaseosas mantenidas durante muchos años. En 1959, J. S. Bratley realizó un estudio geoquímico de gases a lo largo de las bahías Los Remedios, Buena Vista, Perros, Jigüey y La Gloria, incluyendo la Laguna de la Leche. Aquí se revelaron más de 150 localidades con valores notables de gases de hidrocarburos. Se conocen ejemplos similares en la parte del Mar del Norte donde con equipos modernos de investigación, se detectan eventos acústicos que han coincidido con un gran porcentaje de los yacimientos de petróleo que se han descubierto allí.

En California se reportaron, desde hace muchos años, manifestaciones superficiales. Cerca del yacimiento Hondo, las burbujas aceitosas irrumpen en la superficie produciendo finas manchas bien perceptibles.

Historia de los salideros de hidrocarburos cubanos

En fecha tan remota como el año 1508, el navegante español Sebastián de Ocampo, en el primer bojeo a Cuba, utilizó asfalto de las cercanías de La Habana para calafatear sus naves. En 1515, Oviedo y Vaidés descubrieron los asfaltos de Maniabón en Puerto Padre, que usaron para la conservación de barcos. El sabio alemán Barón de Humboldt, durante sus viajes de estudio en 1803 y 1805 a la isla de Cuba, encontró en abundancia en los alrededores de La Habana las sustancias bituminosas denominadas chapapote, asfalto, piasfalto y petróleo, y dedicó algunos párrafos en la Memoria que más tarde escribió sobre Cuba, allí manifestó que los vio brotar de entre las rocas serpentínicas de los alrededores de Guanabacoa (Humboldt, 1826).

En el año 1872, a unos 11 km al sur de la Playa Varadero, brotó petróleo desde un pozo que se construía para buscar agua. Históricamente este es el primer hallazgo no superficial de petróleo en Cuba. El nivel productor se encontró a 18 m de profundidad y otros más profundos se reportaron cuando una década más tarde se emplearon perforadoras traídas desde Estados Unidos. En los alrededores de esta localidad se han detectado abundantes salideros de asfalto y agua sulfurosa.

Emanaciones de gases de hidrocarburos se conocían desde el siglo pasado en Motembo, actual provincia de Villa Clara. Ellas condujeron al descubrimiento del segundo yacimiento cubano, desde donde se reportó nafta entre 244-304 m el 18 de agosto de 1881 (Del Río, 1944).

Manifestaciones de asfaltitas

Otra forma de manifestarse los hidrocarburos en Cuba, es en estado sólido. Se distinguen asfaltitas, rocas asfaltíferas y rocas asfálticas. Las asfaltitas son bitúmenes sólidos comparativamente duros, no volátiles, de colores oscuros, que tienen incorporadas pequeñas porciones de la roca que ha participado en los procesos de su formación, pero ellas en sí son el caustobiolito predominante. De acuerdo con las propiedades físicas y químicas, en Cuba se aprecian tres tipos: gilsonita, grahamita y glance pitch.

La gilsonita es la variedad más pura y se distingue de las demás asfaltitas por su color pardo, su bajo peso específico, el contenido de carbono fijo y el bajo contenido de azufre. Proviene del metamorfismo de los asfaltos y se diferencian de estos por su estado sólido, mayor dureza y peso específico, mayor cantidad de carbono fijo y se funden a mayor temperatura. En Cuba se acercan a la gilsonita algunas manifestaciones del sur de Mariel y las del yacimiento Crispín en Villa Clara, pero por definición las gilsonitas deben tener menos del 1% de azufre y las mencionadas tienen contenidos más altos.

La grahamita se diferencia de la gilsonita y glance pitch o asfaltitas brillantes de Cuba, por su contenido de carbono fijo que es más alto (30-35%), porque se hincha, pero no se funde, cuando se calienta; el color de la raya es negro, es más dura y pesada (peso espe-

cífico 1.15-1.20) y frágil; su punto de fusión es más alto (176-318 °C). La grahamita es la variedad que más abunda en Cuba.

El glance pitch es una variedad intermedia entre la gilsonita y la grahamita, su color es más oscuro que la gilsonita y más claro que la grahamita. Su peso específico es de 1.10-1.15 y su punto de fusión de 110-177 °C. El carbono fijo es de 20-30%.

Algunas asfaltitas reconocidas en el sur de Mariel y el nordeste de Villa Clara, corresponden a esta variedad. Como veremos más adelante, estas variedades sólidas suelen estar acompañadas de asfaltos semilíquidos o petróleo grueso y muy cerca de donde ellas se emplazan, se han descubierto yacimientos petroleros: Martín Mesa, Guanabo, Boca de Jaruco, Varadero, Cristales, Fina y otros.

Rocas asfaltíferas y asfálticas

El estudio de las zonas muy cercanas a los yacimientos petroleros cubanos señala que los sobrecoimientos, combinados con fallas verticales posteriores, causaron que algunas trampas hayan comunicado los hidrocarburos líquidos más profundos, con otras rocas porosas superiores, lo que origina que estas se impregnen de petróleo y formen yacimientos a menos profundidad, si tienen capas impermeables que eviten su escape a la superficie. Pero no siempre sucede así y entonces el petróleo es biodegradado y, al actuar los agentes de la erosión, puede incluso aflorar en forma de hidrocarburos sólidos mezclados con rocas encajonantes, llenar zonas agrietadas y trituradas en forma semisólida o como petróleo grueso. En estos casos, las rocas asfaltíferas por definición, son aquellas que tienen más impurezas rocosas que la grahamita promedio, son mezclas en distintas proporciones de rocas encajonantes y asfaltitas. Ellas forman las zonas de fallas y grietas, principalmente. Ejemplos notables ocurren en las Vetas Arrempuja, Rodas, Juan Antonio, Cañas Bravas y otras en Mariel. Incluso, según la edad, su calidad se ha catalogado como de tipo A, B y C (Casanova, 1970).

Las rocas asfálticas representan el proceso cuando las capas porosas se impregnan de petróleo y se biodegradan ligeramente, conservando un estado líquido. Es común en Cuba, en estos casos, que las zonas afectadas cubran grandes áreas y no se restrinjan, como las rocas asfaltíferas, a zonas falladas y agrietadas.

Existen ejemplos de rocas cuaternarias impregnadas en Dimas, Pinar del Río, calcarenitas del Eoceno en las localidades Peñón y Angelita en la provincia de Matanzas, y calcarenitas del Maestrichtiano en Mina Carmen, Santa María del Rosario. En estas últimas localidades, las rocas afloran o tienen cubiertas de 35-55 m, el contenido de bitumen puede alcanzar hasta 20%. Otro ejemplo de rocas asfálticas son las llamadas "Secuencias Bituminosas Terciarias" de la región gasopetrolífera Habana-Matanzas. Aquí se han comprobado secuencias bituminosas en rocas carbonatadas, terrígenas y even-

tualmente en rocas vulcanógeno-sedimentarias. Existen ocho intervalos estratigráficos desde el Paleoceno hasta el Mioceno Inferior a profundidades entre 400 y 960 m en el área del yacimiento Boca de Jaruco (Dominguez y Leiva, 1990). El espesor promedio de la secuencia bituminosa es de 170.4 m y los mayores espesores y frecuencias se localizan en el Oligoceno, siendo menores en el Paleoceno.

El hecho de detectar las rocas asfálticas en 80 pozos perforados en el área demuestra que estamos en presencia de una impregnación de considerable extensión, debido a buena porosidad y permeabilidad de las rocas. Las reservas geológicas que se calculan son cuantiosas. El volumen calculado permite considerar su extracción mediante alguna tecnología moderna y económica para su destilación.

Vínculo entre manifestaciones superficiales, yacimientos y unidades tectonoestratigráficas

Los primeros geólogos regionales que trabajaron en Cuba distinguieron de inmediato cierta zonación que de sur a norte denominaron diferentemente: Facies Sur o Serie Tóbas, Facies Norte o Calizas con Aptychus; Eugeneooclinal; Miogeoclinal y Plataforma con diferentes cinturones (belts); Unidades Tectónicas (Ejemplo Unidad Zaza), Zonas (Ejemplo Zona Las Villas) y últimamente se emplea la Unidad Tectonoestratigráfica (UTE), término empleado por varios geólogos (Hatten *et al.*, 1987, Howell, 1985) para diferenciar "un conjunto de rocas limitadas por fallas de extensión regional caracterizada por una historia geológica, que difiere de las unidades vecinas".

En efecto, en dirección transversal a la isla, de sur a norte, existen diferencias en cuanto a la génesis de las rocas, grado de metamorfismo, profundidad de las zonas de depósito, contenido de sustancia orgánica y tipos de yacimientos de minerales útiles. Se han establecido las siguientes Unidades Tectonoestratigráficas: Zaza, Placetas, Camajuani, Remedios y Cayo Coco, (últimamente se incluyen Colorados y otras).

La UTE Zaza ocupó una parte considerable del territorio de la Isla de Cuba. El complejo vulcanógeno-sedimentario que la conforma, y en cuya composición predominan las volcánicas básicas y medias, se observa desde el occidente de Cuba hasta las elevaciones de la Sierra del Purial, en el extremo oriental de nuestro territorio nacional. Con las formaciones vulcanógenas, se asociaban los cuerpos de ultramafitas, gabroides y ocasionalmente plagiogranitos. El ancho de esta estructura alcanza de 60-80 km en los límites meridionales de la Isla de Cuba y continúa decenas de kilómetros hacia el sur por el mar Caribe.

La UTE Zaza está sobrecorrida en grandes áreas sobre las UTE Placetas y Camajuani y en algunas localidades sobre la UTE Remedios (región al sur de

Mayajigua). Los pliegues asociados a los frentes de sobrecorrimientos, tienen en la actualidad mucho interés, debido a que se ha comprobado que contienen reservas de petróleo a pesar de su complejidad geométrica, lo cual ha sido resuelto en los últimos años con un mayor volumen de perforaciones de exploración y los estudios geofísicos.

El petróleo de la UTE Zaza, procede de las UTE subyacentes, principalmente de Placetas y Camajuani; es por ello que los indicios superficiales de petróleo, en ocasiones ligeros, así como el gas, sugieren con mucha probabilidad la presencia, bajo los mantos vulcanógenos y de las ofiolitas, del conjunto generador de las UTE Placetas y Camajuani que se ha comprobado en los yacimientos Boca de Jaruco, Varadero y otros.

La UTE Placetas agrupa formaciones esencialmente carbonatadas, en menor proporción terrígenas y silíceas de edades desde el Kimmeridgiense hasta el Maestrichtiano. Estudios geoquímicos catalogan varios horizontes como buenas rocas madre. También varias capas son excelentes colectoras. La UTE Placetas ha sido plegada y sobrecorrida por eventos tectónicos. Ahora muy bien desde el norte de Matanzas hasta la región de Florencia, en Ciego de Ávila. Se expone en la Sierra de Camaján en Camagüey y se registra por numerosos pozos en los yacimientos Varadero y Boca de Jaruco. El autor opina, que esta unidad tectónica se continúa hacia el norte y este de Holguín en la profundidad, estando cubierta tectónica y estratigráficamente por la UTE Zaza y rocas más jóvenes. Se ha comprobado que rocas similares afloran al sudeste y alrededores de Esmeralda.

La UTE Camajuani, al igual que la anterior, está principalmente formada por rocas carbonatadas y en menor proporción terrígenas y silíceas. Ocupa grandes áreas de afloramientos en Cuba Central y se detecta en los pozos de Varadero y Cuba Central. Sus rocas más antiguas conforman el Grupo Trocha del Kimmeridgiense-Tithoniano, continúa con las formaciones Margarita y Mata y las rocas de la Fm. Lutgarda coronan el conjunto en el tiempo Maestrichtiano. Han sido también plegadas y sobrecorridas.

La UTE Remedios es eminentemente dolomítica; con calizas de varios tipos, de edades desde el Berriasiense hasta el Maestrichtiano.

La UTE Coco en su base tiene evaporitas y en su parte superior dolomitas y calizas. Estas dos unidades tienen rocas muy pobres en sustancia orgánica, por lo cual no se espera que sean rocas generadoras de hidrocarburos. En los últimos tiempos, los geólogos petroleros han subdividido la UTE Coco y han propuesto la UTE Colorados.

Cuando en la búsqueda petrolera no se prestaba atención o se negaban los sobrecorrimientos, y por otra parte, la esencia vulcanógena primordial de la UTE Zaza no favorecía pensar en sus bordadas generadoras, grandes áreas cubiertas por esta Unidad Tectonoestratigráfica se descartaban para la búsqueda.

La potencialidad petrolera debajo de las zonas de mantos sobrecorridos ha sido tratada por diferentes investigadores (Ellwood *et al.*, 1980; Friedman y Reekman, 1980), así como la influencia de los mantos en el proceso de generación (Angevine y Turcotte, 1982). Por ser la generación de petróleo un proceso térmico activo, los sedimentos relacionados con los cinturones sobrecorridos han complicado su historia termal. Así, las rocas del Jurásico Superior-Cretácico Inferior del norte de Cuba, con altos contenidos de sustancia orgánica (Fm. Margarita: valores de 2.26-7.48 %, Fm. Morena: hasta 10.7 %) pudieron ser calentadas cuando los mantos de la UTE Zaza se superpusieron a ellas durante un largo período, entonces se generó petróleo y gas.

Los últimos análisis geoquímicos, micro paleontológicos y sedimentológicos de muestras de las UTE Placetas y Camajuani han permitido concluir que las margas y calcilitas de las Fms. Margarita, Morena y Cifuentes (Tithoniano-Neocomiano) son ricas en materia orgánica (Tipo II kerógeno) y pueden ser consideradas como rocas madre, capaces de generar hidrocarburos líquidos y gaseosos (José O. López, comunicación personal).

Muchas veces, estas unidades litoestratigráficas están cubiertas por la UTE Zaza y las ofiolitas, pero por procesos tectónicos posteriores se formaron las manifestaciones superficiales y someras. La mayoría de los salideros de petróleo, asfalto, gas o la presencia a poca profundidad de asfalta en la UTE Zaza, tuvieron su fuente original en rocas de las UTE Placetas y Camajuani. De occidente hacia la región oriental de Cuba se destacan las siguientes zonas de distribución de las manifestaciones:

Sierra del Rosario y zona norte de Pinar del Río

Por la zona de Sorra hasta las cercanías del poblado Cayajabos se cuentan decenas de manifestaciones superficiales de petróleo en las fracturas de las rocas del Tithoniano-Neocomiano principalmente. Aquí, se realizaron extracciones de asfálticas en la Mina Santa Julia en Cacarájicara. Se conocen algunos pozos petroleros que produjeron algunos barriles de petróleo: Pácheo, Cayajabos y otros. En el área también se conocen las fuentes de aguas sulfurosas de San Vicente, San Diego de los Baños, Charco Azul, Los Cayos y otras.

Cayajabos-Martín Mesa

En esta región, ocurren los mayores depósitos de asfálticas de Cuba: Minas Manuela, San Juan Bautista, Arrempuja, Magdalena, Ana Teresa, Esperanza, manifestaciones en las cercanías de Banes, y otras. En el área se ubica el yacimiento Martín Mesa, que produce petróleo y gas. También son numerosas las manifestaciones de petróleo y gas, entre ellas: Tomasita, Regalado, Verdún y Coroneja. Existen dos manantiales de aguas sulfurosas en las localidades de Martín Mesa y Verdún.

Martín Mesa-Guanabo

Se han reconocido manifestaciones de petróleo en las fracturas de las rocas, chapapoterás por los alrededores de Guanabacoa y Jaruco así como depósitos de asfálticas en Campo Florido, rocas asfálticas en Santa María del Rosario (Mina Carmen), Santa Teresa (Minas), Minas Abeja y otros. En el año 1914 se descubrió el yacimiento Becuranao, tomándose como base los salideros de asfalto. Muy cerca hacia el norte, en 1956, se descubrió el yacimiento Santa María del Mar. En ese propio año, se reveló el yacimiento de Peñas Altas, y años más tarde en 1968, se conoció el campo petrolífero de Guanabo. En la región se conocen los manantiales de aguas sulfurosas de Santa María del Rosario y este de Guanabacoa.

Guanabo-Matanzas

Son numerosas las manifestaciones superficiales de hidrocarburos. Incluso, se destacan singulares muestras en el Mioceno, como en Las Escaleras de Jaruco y El Fraile. Son notables las chapapoterás Clavellinas, Esqueleta, Tres Palmas, Guacanamar y El Arenal. También se conocen las minas antiguas de asfálticas: Máximo Gómez, Alejandrina, Via Crucis, Hay y otras manifestaciones.

A esta región pertenece el segundo yacimiento gasopetrolífero de Cuba por su volumen de producción: Boca de Jaruco, descubierta en 1969. Un año antes se descubrió el campo petrolífero Via Blanca. Muy cerca de los salideros de petróleo pesado de tres Palmas y Clavellinas, se revelaron los yacimientos Yumurí (1971) y Puerto Escondido (1973-1992).

Matanzas-Cárdenas

Grandes manifestaciones de hidrocarburos ocurren al sur de Varadero por San Juan de Wilson y Buena Vista. Se han conocido colosales extracciones de asfalto del fondo de la Bahía de Cárdenas, según la literatura antigua sobrepasa las 10 000 toneladas de asfalto (Cayo Diana, Cupey y otros). Son salideros activos. El 30 de Mayo de 1994, Shearit Inc y Fortuna Petroleum Inc., compañías canadienses que exploran en conjunto con CUBAPETROLEO, anunciaron al mundo el hallazgo de petróleo en el pozo Cupey-1X en la Bahía de Cárdenas.

Muchos años pasaron, desde el descubrimiento del Ingenio Nueva Felicia hasta el de los yacimientos Camanoca y Varadero en 1971, los dos a corta distancia de las chapapoterás de la Bahía de Cárdenas y Buena Vista. A ellos siguieron Varadero Sur (1974), Guasimás (1974), Marbella (1975), Cantel (1976), Marbella Mar (1989), Litoral Piedra (1990) y otros. En las serpentinitas de Siberia, al sur de Cantel, se manifiesta agua sulfurosa en unos potentes manantiales, y en otras zonas, petróleo ligero con agua sulfurosa.

Cárdenas-Rancho Veloz

Abundan chapapoterás en las serpentinitas y rocas de la UTE Placetas. Son dignas de mención las ma-

nifestaciones de Sabanilla de la Palma y Norte de Martí. Grandes reservas de rocas asfálticas se han estudiado en Angelita, Concepción, Pañón y Río La Palma a partir de areniscas y calizas del Eoceno Medio. El segundo descubrimiento de un campo petrolífero (en este caso nafta y petróleo), ocurrió en Motembo en 1881. El hallazgo se hizo con base a salideros superficiales de gas en la región.

Fantásticos manantiales de agua sulfurosa y termal, ocurren en Elguea al norte de Corralillo y en Menéndez. Allí todos los pozos de estudio hidrogeológico, manifestaron petróleo en las fracturas de las rocas de la UTE Camajuani. Por último, se conocen salideros superficiales de asfalto en el río Bijaacas al este de Rancho Veloz, así como manifestaciones en las fracturas de las rocas del Eoceno al norte de la zona.

Sagua La Grande-Yaguajay y Santa Clara-Placetes

Los "menes" ocurren en tres UTE diferentes: Zaza, Placetes y Camajuani. Además, se manifiestan en rocas del Paleógeno en menor cuantía. Son dignos de mención: Canteras Calientes, Loma Bonachea, Loma Sin Nombre y el salidero superficial al suroeste de Mata.

Una gran franja de ofiolitas con dirección NW-SE, es portadora de asfalto o asfaltita desde Santa Clara hasta Placetes. Se han explotado las minas de grahamita, Esperanza, cerca de Placetes y Eloísa al nordeste de Santa Clara.

En 1903 se descubrió al oeste de la ciudad de Santa Clara un campo petrolífero, perforado en salideros superficiales de gases que son activos. Este yacimiento produjo petróleo ligero similar al del yacimiento Jarahuca y hoy produce gas para el uso doméstico. Se extrajeron cerca de 1 000 barriles de petróleo y fue abandonado. En las serpentinitas entre Santa Clara y Placetes, se manifiesta asfalto y gas en los arroyos. Cerca de Camajuani se perforaron algunos pozos que produjeron pequeños volúmenes de petróleo.

En la zona Santa Clara, en las rocas de la UTE Placetes, hay importantes localidades con petróleo extrapesado. Los pozos petroleros de poca profundidad reportaron algunos barriles de petróleo de diferentes densidades y gas en la zona. Dentro de la ciudad de Placetes algunos pozos someros produjeron petróleo.

En la UTE Camajuani, por las zonas de Zulueta y Enrucijada, abunda el petróleo en las fracturas de las calizas y se ven esporádicos salideros de petróleo extrapesado. Entre 1942-1943 se descubrió el yacimiento Jarahuca que ha producido importantes volúmenes de petróleo de 38 ° API y todavía produce en algunos pozos petróleo y gas. Son notables en esta área, las gaseras de Jíquima de Gómez y Jarahuca. Por el nordeste hay gaseras en las cercanías de Tres Guanos. El yacimiento Jarahuca precisamente fue descubierto por salideros de petróleo y gas superficiales en los arroyos de esta zona. En la localidad Buenavista, se ubica la Mina Crispín que está en explotación. La calidad de su asfaltita, per-

mite casi clasificarla como gilsonita. Se emplaza en rocas de la UTE Camajuani, Fm. Mata.

Yaguajay-Esméralda

Los afloramientos más comunes de hidrocarburos son en la UTE Camajuani y en la asociación ofiolítica. Al primer caso se refieren las manifestaciones en las calizas de la Fm. Alunado, por la zona de Mayajigua; al segundo caso pertenecen las asfaltitas de Iguará, Perea y Bellanota. Muy cerca de estas manifestaciones están los manantiales de agua termal y mineral de San José del Lago, en Mayajigua y los sulfurosos de la zona de Tamarindo-Florencia. Al sur de esta zona se descubrieron en 1954 dos yacimientos gasopetrolíferos: Cristales y Jetibonico.

En 1956 se reveló el yacimiento Catalina y hace muy pocos años al oeste-suroeste el prometedor yacimiento Pina (1989) con petróleo de alta calidad (28 ° API). Antes del descubrimiento de Pina, en el Central "Ciro Redondo" (Antes Morón) se reportó gas en un pozo somero del batey del central azucarero. Al norte del poblado Jicotea, está el manantial de agua sulfurosa conocido como El Azufre. Por la zona del central Primero de Enero se ha reportado petróleo en pozos someros de mapeo geológico y existe un pequeño balneario de agua sulfurosa nombrado Veracruz.

Esméralda-Nuevitás

No abundan las manifestaciones superficiales ya que las UTE Placetes y Camajuani, están ocultas por los mantos de la UTE Zaza, las ofiolitas y rocas del Mioceno. Existen versiones de salideros de hidrocarburos por Chepelro y Río Caonao en Esmeralda. Un gran pozo criollo produjo asfalto desde el siglo pasado en la Sierra de Camaján al nordeste de Minas en Camagüey. Otras manifestaciones en pozos someros se han reportado en la zona, incluso en rocas del Paleógeno que yacen sobre la UTE Remedios. En los Cangilones del Río Máximo y en las Canteras El Infierno ocurre petróleo en las fracturas de las brechas carbonatadas.

En el área cerca de la Sierra de Cubitas se perforaron tres pozos (Pozos Camagüey 1, Camagüey 2 y Camagüey 3) para buscar petróleo, uno de ellos dio importantes indicios de este hidrocarburo.

Nuevitás-Manatí

Se conocen manifestaciones de hidrocarburos a poca profundidad en pozos de prospección geológica en la Cuenca California (localidad Camalote).

Puerto Padre-Banes

Afloran algunas rocas muy parecidas a las de la UTE Placetes, pero aquí solo se reconoce claramente las de las UTE Remedios y Zaza, incluyendo la Asociación Ofiolítica.

Se conocen las grandes y numerosas chapapoterías de Maniabón, Anguila y San Antonio.

Varios pozos someros de prospección geológica y para agua reportan petróleo en las fracturas de las rocas. Dos pozos petroleros antiguos, produjeron pequeños volúmenes de petróleo y gas. En las rocas del Paleógeno se manifiesta petróleo por la zona de Velasco. En los poblados de Floro Pérez y Santa Lucía hay manifestaciones superficiales y someras de hidrocarburos. En Macabí en la Bahía de Banes existe agua sulfurosa y gas en un pozo somero que ha alimentado mecheros del laboratorio del central azucarero desde comienzos del actual siglo.

En la Loma Morena hay un potente manantial de agua sulfurosa. En general, estas son áreas de manifestaciones de la mitad norte de Cuba. Por el sur, de Occidente a Oriente son menos pero existen.

Sur de la Isla de Cuba

Un gran coto minero para asfaltitas se explotó en Bejucal. Por los arroyos de la zona de Menocal, se detecta petróleo ligero sobre sus aguas. En Madruga se manifiesta superficialmente el petróleo y cerca del salidero se extraen pequeñas cantidades de petróleo ligero del pozo Madruga 3A. En San Miguel de los Baños, además del conocido balneario, se ha reportado gas, petróleo y aguas sulfurosas superficialmente o en pozos someros. Un importante pozo gasífero se conoce en Agüica, al SE de Colón. En el territorio de San Juan de los Yeras hay cuatro manifestaciones superficiales de hidrocarburos y recientemente se han encontrado manifestaciones superficiales de gas (Linares, 1995). Al sur de Camagüey se reportó asfaltita en San José de Palomares y cerca de Jagua Tres por Santa Cruz de Sur. En 1996, en las fracturas de rocas de la Fm. Durán en la localidad San Carritos, al sur de Camagüey, el autor detectó petróleo seco. Entre Manzanillo y Buey Arriba se han reportado hidrocarburos superficiales. El denuncia Los Moscones parece ser el más notable.

CONCLUSIONES

1. Los indicios estructurales y estratigráficos para buscar yacimientos en Cuba son los siguientes:
 - Se asocian a las rocas de la UTE Placetes y Camajuani que son excelentes rocas madre y colectoras.

- Se encuentran en las ofiolitas trituradas que yacen alóctamente sobre las UTE Placetes y Camajuani.
 - Se relacionan con calizas biohémicas y con rocas vulcanógenas redepositadas en cuencas de tipo Pyggy-Back.
2. Cerca de los yacimientos gasopetrolíferos cubanos hay manifestaciones superficiales de chapapote, gases de hidrocarburos y aguas sulfurosas.
 3. Sobre la UTE Remedios solo existen manifestaciones cuando esta, con toda probabilidad, retrocabalgó sobre las UTE Camajuani y Placetes.
 4. Las manifestaciones en la mitad sur de Cuba pueden marcar la extensión de las UTE Placetes y Camajuani en la profundidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGEVINE C.L. y D.L. TURCOTTE: «La generación de petróleo dentro de los cinturones sobrecorridos», en *A.A.P.G. Bull.*, 1982.
- BRADLEY, J.S.: Punta Alegre SEEP Survey Cuba Fall, 1958. Inv. 729 ONRM, La Habana.
- CASANOVA, E.: Informe final del mineral Grahamita de la Mina Manuela, Mariel prov. de La Habana Inv. 923 ONRM La Habana, 1970.
- DOMÍNGUEZ, A. y E. LEIVA: «Estrategia de exploración y posterior explotación de las margas bituminosas», Archivo CEINPET, La Habana, 1990.
- DEL RÍO, ABEL: *Motembo 1880-1944*, Ediciones Maza Caso y Cía., La Habana, 1944.
- ECHEBARRÍA, G. y otros: «Oil and Gas Exploration in Cuba», en *Journal of Petroleum Geology*, 14 (3): 259-274, 1991.
- ELLIWOOD B.B. y otros: «Discussion of the hidrocarbon potential of rocks underlying the southern Appalachian Piedmont Allochthon», en *Geology*, 8: 205-206, 1980.
- FRIEDMAN G.M. y S.A. REEBKAMM: «Discussion of the Hidrocarbon Potential Beneath the Southern Appalachian Piedmont. Commento», en *Geology*, 8: 404, 1980.
- HATTEN Ch.W. y otros: «Tectonostratigraphic Units of Central Cuba», Transactions of the 11 th Caribbean Geol. Conf. Leslie Baiker ed. Barbados, pp. 381, 1987.
- HOWELL, D. y otros: Tectonostratigraphic Terranes of the Circum Pacific Region: in D. Howell, ed. Tectonostratigraphic Terranes, of the Circum Pacific Region Council for Energy and Mineral Resources, Houston pp. 3-30, 1985.
- HUMBOLDT, A.: *Essai politique sur l'île de Cuba*, Tomo I, Paris, 1826.
- LINARES, E. y P. VALDÉS: «Mapa de yacimientos y manifestaciones de asfaltitas, petróleo, gas y aguas sulfurosas de la República de Cuba», Archivo CEINPET, La Habana, 1998. □