

## Estratigrafía de la Formación Santa Teresa: Dominio paleogeográfico del margen continental norteamericano. Unidad Tectono-Estratigráfica Placetas. Cuba

**Evelio Linares Cala<sup>1</sup>, Yeniley Fajardo Fernández<sup>2</sup>, Osmany Pérez-Machado Milán<sup>3</sup> / Pavel M. Blanco Amador<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> *Ingeniero Geólogo, Doctor en Ciencias Geológicas, Investigador Auxiliar, Centro de Investigación del Petróleo, Churrucá No 481, El Cerro, La Habana, Cuba C.P. 12000. ORCID ID 0000-0003-1246-602X. Correo Electrónico: bello@ceinpet.cupet.cu*

<sup>2</sup> *Licenciada en Geografía, Master en Negocios de Petróleo y Gas, Investigador Agregado, Centro de Investigación del Petróleo, Churrucá No 481, El Cerro, La Habana, Cuba C.P. 12000. ORCID ID 0000-0002-5686-6490. Correo Electrónico: yeniley@ceinpet.cupet.cu*

<sup>3</sup> *Ingeniero Geólogo. Máster en Geología Petrolera. Investigador Agregado. Centro de Investigación del Petróleo, Cuba, CP 10200, Cuba. ORCID ID 000-0003-2326-5469. Correo Electrónico.: milan@ceinpet.cupet.cu*

<sup>4</sup> *Ingeniero Geólogo, Master en Negocios de Petróleo y Gas, Especialista en Innovación y Desarrollo, Centro de Investigación del Petróleo, Churrucá No 481, El Cerro, La Habana, Cuba C.P. 12000. ORCID ID 0000-0001-8230-429. Correo Electrónico: pmblanco@ceinpet.cupet.cu*

### RESUMEN

En Cuba, la Formación Santa Teresa, posee una amplia distribución regional. Es una de las unidades litoestratigráficas que mejor caracteriza al Paleomargen Continental Norteamericano en la República de Cuba. Es específica por sus rasgos petrológicos y paleontológicos, representa el Conjunto Petrotectónico de la batimetría más profunda de este paleomargen, superior a los 3 000 metros. El amplio desarrollo de esta formación, su asociación a otras unidades carbonatadas de aguas profundas, agrupadas en la Unidad Tectono-Estratigráfica Placetas, la hacen un buen indicador para la búsqueda regional de hidrocarburos. Se considera que intercaladas entre sus pedernales radioláricos, ocurren rocas arcillosas carbonatadas, ricas en materia orgánica que, en condiciones favorables de yacencia, resultan potenciales generadoras de hidrocarburos. El

objetivo de esta investigación, es ilustrar la distribución de la Formación Santa Teresa en toda la mitad norte del territorio nacional y describir sus rasgos petrológicos y paleontológicos, los que identifican el Dominio Paleogeográfico del Margen Continental Norteamericano; se aportan datos de la existencia de esta unidad litoestratigráfica aflorando, por el norte, desde Arroyos de Mantua hasta La Esperanza en la provincia de Pinar del Río y en el subsuelo, desde Soroa, provincia de Artemisa, hasta Varadero, provincia de Matanzas. Además, se informa sobre determinaciones de Carbono Orgánico Total (COT) en la misma, lo que la hacen de interés como rocas madre. Adicionalmente, se ilustra con resultados de algunas determinaciones de palinomorfos, la precisión de su edad al emplear fauna fósil de rocas que afloran en el Valle de Pons, en Pinar del Río y en otras áreas de Cuba. Se re-

conocen varias exposiciones de la Formación Santa Teresa en Cuba Central, Esmeralda en la provincia de Camagüey y en el norte de la provincia de Holguín.

**Palabras clave:** Formación Santa Teresa, pedernales radioláricos, carbono orgánico, hidrocarburos, palinomorfos, rocas madre.

#### **ABSTRACT**

In Cuba, the Santa Teresa Formation has a wide regional distribution. It is one of the lithostratigraphic units that best characterizes the North American Continental Paleomargin in the Republic of Cuba. It is particular, due to its petrological and paleontological features, it represents the Petrotectonic Set of the deepest bathymetry of this paleomargin. The extensive development of this formation, its association with other deep-sea carbonated units grouped in the Placetas Tectono-Stratigraphic Unit (TSU), make it a good indicator for the regional search for hydrocarbons. It is considered that intercalated between its radiolaric chert, carbonated clay rocks occur, rich in organic matter that, under favorable conditions of lying, are potential hydrocarbon generating. The objective of this research is to illustrate the distribution of the Santa Teresa Formation throughout the northern half of the national territory and describe its petrological and paleontological features, which identify the DP of the North American Continental Margin. This investigation provides data on the existence of this formation on the surface, from the north, from Arroyo de Mantua to La Esperanza and, in the subsoil, from Soroa to Varadero. In addition, information on Total Organic Carbon (TOC) determinations is reported therein. Additionally, the accuracy of its dating is illustrated with the results of some palinomorphic determinations, using, in addition, fossil rock fauna that emerge in the Pons Valley, in Pinar del Río and in other areas of Cuba. Other outcrops of the Santa Teresa Formation are recognized in Central Cuba, the province of Camagüey and northern Holguín.

**Key words:** Santa Teresa Formation, organic matter, hydrocarbons, radiolar flint, palinomorphs, sources rocks.

#### **RESUMO**

Em Cuba, a Formação Santa Teresa tem ampla distribuição regional. É uma das unidades litoestratigráficas que melhor caracterizam a Paleomargem Continental da América do Norte na República de Cuba. É particular por suas características petrológicas e paleontológicas; representa o conjunto petrotectônico da batimetria mais profunda dessa paleomargem. O amplo desenvolvimento dessa formação, sua associação com outras unidades de carbonato de águas profundas agrupadas na Unidade Tectono-Estratigráfica Placetas, fazem dela um bom indicador para a busca regional de hidrocarbonetos. Considera-se que rochas de argila carbonatada ensanduichada, ricas em matéria orgânica, ocorrem entre suas pedreiras radiolares, que, em condições favoráveis de repouso, são potenciais geradores de hidrocarbonetos. O objetivo da presente investigação é ilustrar a distribuição da Formação Santa Teresa pela metade norte do território nacional e descrever suas características petrológicas e paleontológicas, que identificam o Domínio Paleogeográfico da Margem Continental da América do Norte. Esta pesquisa fornece dados sobre a existência dessa formação na superfície, do norte, de Arroyos de Mantua a La Esperanza e no subsolo, de Soroa a Varadero. Além disso, ele informa sobre determinações de carbono orgânico total nele. Além disso, a precisão de sua datação é ilustrada com os resultados de algumas determinações palinomórficas, também usando a fauna fóssil de rochas que emergem no vale de Pons, em Pinar del Río e em outras áreas de Cuba. Outros afloramentos da Formação Santa Teresa são reconhecidos no centro de Cuba, Esmeralda, na província de Camagüey e no norte de Holguín.

**Palavras chave:** Formação Santa Teresa, matéria orgânica, hidrocarbonetos, sílex radiolar, palinomorfos, rochas parentais.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los estudios de microfacies para la exploración petrolera (Valladares y otros, 1997), así como por levantamientos geológicos de superficie (Kantchev y otros, 1978; Linares y otros, 1985, Martínez y otros, 1988, Pentelenyi y otros, 1988, Vázquez y otros, 1993), dentro del elemento estructural principal denominado Cinturón Plegado y Sobrecorrido de Cuba, resalta un conjunto de mantos tectónicos de rocas carbonatadas y en menor proporción siliciclásticas y silíceas del Paleomargen Continental Norteamericano, las que afloran o se registran en la profundidad de varios yacimientos petroleros a lo largo de la mitad norteña del territorio nacional, desde la provincia de Pinar del Río hasta Cuba Central (**Figura 1**).



**Figura 1.** Afloramientos de la Formación Santa Teresa al norte de Cuba

Es característica distintiva de estos mantos, estar compuestos por una secuencia que de forma original tuvo entre 1 500-2 000 metros de espesor, depositada entre el Oxfordiano y Maestrichtiano Temprano. La cubierta de la misma, fueron rocas que se depositaron en otros escenarios, tras un receso en la sedimentación y tienen edad Maestrichtiano y Paleógeno. El substrato del conjunto tratado, fueron las rocas siliciclásticas y en menor proporción, calcáreas del Dominio Paleogeográfico (DP) del Synrift de edad Jurásico Inferior- Jurásico Superior Oxfordiano (Dueñas y Linares-Cala, 2001, 2003).

Estos mantos tectónicos agrupados, se han llamado en la literatura geológica Unidad Tectono-Estratigráfica (UTE) Placetas (Ducloz y Vaugnat, 1962), bien reconocidos al norte de Cuba Central. En Cuba Occidental rocas similares ocurren en la UTE Rosario, de forma parcial en la UTE Los Órganos y en la UTE La Esperanza. Hasta el presente uno de los criterios rectores para la búsqueda de yacimientos de hidrocarburos en Cuba, es su asociación principal con rocas del Margen Continental Norteamericano (yacimientos del norte de La Habana, Mayabeque y Matanzas) de modo especial los conjuntos agrupados en la Unidad Tectono-Estratigráfica Placetas y en menor cuantía en la UTE Camajuani.

En el subsuelo, las unidades litoestratigráficas que conforman la UTE Placetas, son las formaciones Cifuentes (Kantchev y otros, 1978); Morena (Shopov, 1978), Ronda (Wasall y Truitt, en Truitt y Pardo, 1955), Santa Teresa (Wassal y Pardo, 1952), Carmita (Dodekova y Zlatarki, en Kantchev y otros, 19789) y Bacunayagua, (Ducloz, 1960). Ellas forman mantos que se repiten, que no suelen estar tal y como se depositaron originalmente. En ocasiones en conjunto alcanzan 4 000 metros de espesor aparente. Con frecuencia, los ángulos de inclinación de las capas, tanto en superficie como en los pozos petroleros, tienen valores desde 60 grados hasta verticales.

La UTE Placetas contiene los sedimentos de paleo batimetría más profunda del DP del Margen Continental Norteamericano de hasta 3 000 metros o de pendiente continental, aquí entre otras, se incluye la Formación Santa Teresa donde imperan los pedernales y arcillas.

Los Conjuntos Petrotectónicos (CPT) de este dominio en todo el norte de Cuba, son muy similares. A pesar de ello, algunos investigadores en lugar de resaltar los rasgos que los acercan, observan variaciones muy particulares de microfacies, rasgos exclusivos de una u otra cualidad, que a veces los llevan a proponer delimitaciones de otra cuenca con condiciones desiguales.

«El Conjunto Petrotectónico (CPT), es una unidad física objetiva que se identifica en el campo. Un CPT puede contener una o más secuencias estra-

tigráficas que son unidades coherentes dentro de él y lo define» (Longoria, 1993).

La presencia de rocas madre, atractivas para la búsqueda en el DP del Margen Continental Norteamericano, está más que probada por numerosos análisis de Carbono Orgánico Total (COT) en cada formación y la presencia de más de veinte yacimientos gasopetrolíferos en sus rocas y centenares de manifestaciones superficiales de asfaltos, asfaltitas y petróleos gruesos, en el territorio donde se desarrollan.

El objetivo de esta investigación, es ilustrar con diferentes gráficos, fotografías y tablas, la distribución de la Formación Santa Teresa en toda la mitad norte de la República de Cuba y mediante su descripción, insistir que es inconfundible por sus rasgos petrológicos y paleontológicos, los que identifican el Dominio Paleogeográfico (DP) del Margen Continental Norteamericano. De acuerdo con Longoria (1993) un DP:

«...es una región de la superficie terrestre de dimensiones considerables en el presente o pasado geológico, individualizada por un asentamiento geodinámico de una tectónica de placas...»

Las rocas de la formación que se trata, se conceptúan como rocas madre, de modo preferente los sedimentos arcillosos y arcilloso-carbonatados, que se intercalan con los pedernales. La presencia de calizas en su contenido, se ha resaltado por los geólogos petroleros (Valladares y otros, 1997; Linares-Cala y otros, 1985, 1986, 1987, 2011; 2020). Aunque en pocos afloramientos se muestran íntegramente, tal disposición de los carbonatos y silicitas, anuncian su transición a las calizas de la Formación Carmita.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las informaciones e ideas reflejadas en esta investigación, provienen en su mayoría, de los trabajos de cartografía geológica e itinerarios geológicos realizados por los autores en la República de Cuba y publicaciones e informes geológicos entre los años 1985 y 2020 (Linares y otros, 1985, 1986, 1987, 2003, 2020). Parte de esta información se refleja en la bibliografía utilizada. Los

fundamentos se encuentran registrados como reportes inéditos en la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM) y en el Archivo Técnico del Centro de Investigación del Petróleo (CEINPET). Consta también, en tarjetas de determinaciones paleontológicas y petrográficas de miles de secciones delgadas o lavados de rocas colectadas en afloramientos en varias provincias cubanas.

Proceden de mapas de los autores, como son los de escala 1:500 000 de la República de Cuba (Linares y colectivo de autores, 1985), 1:100 000 de la provincia de Pinar del Río (Mormill y otros, 1980) y varios de escalas 1:50 000 y 1:20 000 de las zonas del norte de las provincias La Habana, Matanzas y Sancti Spíritus (Linares y otros, 1986 y 1987). La mayoría de estos mapas geológicos, se hicieron en conjunto con pesquisas geoquímicas enfocadas hacia la prospección de hidrocarburos. Se emplearon los informes de distintos colectivos de investigadores del CEINPET sobre Sistemas Petroleros, Geoquímica para Petróleo y Reservorios Carbonatados de las Unidades Tectono-Estratigráficas Placetas, Camajuaní y Remedios.

Fueron útiles como guía documental, tesis de doctorado sobre temas estratigráficos, informes multidisciplinarios de levantamientos geológicos a escala 1:50 000 y 1:250 000 de las provincias de Pinar del Río, La Habana, Matanzas, Villa Clara y Sancti Spíritus, así como de los bloques petroleros.

Se revisó un voluminoso archivo de tarjetas de determinaciones paleontológicas y petrográficas a partir de secciones delgadas y lavados de cortes y núcleos de cientos de sondeos de las áreas septentrionales de Cuba Central, Occidental y Oriental.

Otro material empleado fue la «Guía Práctica para el estudio sobre el terreno, de localidades de interés gas petrolífero». Esta guía culminó con la presentación de toda la información en un CD-ROM titulado *Oil and Geosite* (Linares-Cala y otros, 2000). Tal soporte, contiene detalles geológicos visibles en las 750 localidades reseñadas, un mapa de unidades tectono-estratigráficas y geológicas a escala 1:500 000 donde están ubicadas mediante símbolos convencionales y números, las novedades de la base de datos. Esta premisa fundamentó la ejecución de la presente investigación.



Desde el punto de vista metodológico, se tuvo en cuenta que en Cuba, durante un largo período existió divorcio entre las correlaciones estratigráficas que hacían los geólogos de los yacimientos petroleros y las unidades litoestratigráficas y tectónicas reconocidas en la superficie por las brigadas de levantamiento. De manera, que la orientación metodológica de esta comunicación, reconoce la estrecha relación entre los fenómenos tectónicos y los estratigráficos. Esta interrelación ha sido bien expresada por el famoso geólogo francés Maurice Gignoux (1950) quien expresó:

La Estratigrafía y la Tectónica son dos ramas inseparables de las ciencias geológicas. Un geólogo, estructuralista que no sea estratígrafo, es sólo un geómetra, porque él razona sobre superficies abstractas y volúmenes, olvidándose de la historia geológica y por otro lado, un estratígrafo que nunca por sí mismo ha trabajado la tectónica, sólo producirá una Estratigrafía muerta.

### **Se estudiaron todos los afloramientos de la Formación Santa Teresa en Cuba.**

Aunque algunos geólogos la reconocieron en las provincias de Pinar del Río y Artemisa, los autores exponen datos recientes, resultado de sus investigaciones en las sierras de Los Órganos y Rosario y en la franja norteña en las zonas Mantua-La Esperanza. Se quiere, divulgar la extensión de esta unidad litoestratigráfica en la profundidad, desde la ubicación del pozo Pinar 2 al norte de Soroa, hasta el yacimiento de Varadero. Es un testimonio más, de la extensión del DP del Margen Continental Norteamericano y sus Conjuntos Petrotectónicos, al partir del occidente de Cuba hasta la región oriental, lo que resulta importante para la exploración petrolera.

Los autores, lejos de desmotivar la búsqueda al pensar en distintos «Terrenos», pretenden motivarla, al indicar la ampliación hacia aquellas zonas poco exploradas, donde existen condiciones geológicas y tectónicas similares, que difieren poco de las áreas exitosas conocidas en los yacimientos gasopetrolíferos de la Franja Noroccidental de Hidrocarburos de Cuba (FNHC).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La Formación Santa Teresa (Wassall y Pardo, 1952), es una unidad litoestratigráfica conocida, que se observa al norte de Cuba Central y testimonia por sus cualidades distintivas, la presencia del Dominio Paleogeográfico del Margen Continental Norteamericano y la UTE Placetas, incluso en lugares donde aflora exclusivamente.

De occidente hacia oriente, se reconoce por afloramientos desde Mantua (**Figura 2**) hasta Consolación del Norte (La Palma) en la UTE La Esperanza (muy similar a la UTE Placetas) (**Figuras 3 y 4**); por afloramientos y en el pozo Pinar 2, en las UTE Los Órganos y Rosario (**Figuras 5, 6, 7 y 8**). En singulares exposiciones en el bloque Martín Mesa y en el Valle de Yumurí en las provincias de Artemisa y Matanzas y en la profundidad por pozos de los yacimientos de la FNHC. Excelentes afloramientos se describen al norte de las provincias de Matanzas (sur de Varadero) y Villa Clara (**Figura 10**). En la provincia de Camagüey aflora solo por la zona de Esmeralda (**Figura 11**) y en la Sierra de Camaján. Por último, silicitas radioláricas de esta unidad, se observan por la Escondida en Rafael Freyre, provincia de Holguín (**Figura 12**).



**Figura 2.** Afloramiento más occidental de la Formación Santa Teresa, sureste de Arroyos de Mantua, Pinar del Río.

La Formación Santa Teresa aflora en varias zonas de la UTE La Esperanza. Las principales exposiciones ocurren al norte y noroeste de Consolación del Norte, con forma de pequeños cuerpos alargados que se destacan en el relieve como colinas, sobre la For-

mación Esperanza, con un contacto transicional. Hay excelentes afloramientos en antiguas canteras como El Tres por Ciento, Sitio Morales (**Figura 4**) y Malas Aguas, por la región de Puerto Esperanza, en el poblado de Santa Lucía y en la cantera El Cocuyo al suroeste de Santa Lucía. También ocurre en varias áreas en la zona entre Dimas y Santa Lucía (**Figura 3**). Otros afloramientos se observan en las UTE Sierra del Rosario (**Figuras 5, 6, 7, 8**), de modo principal en la zona de Soroa, alrededores de Rancho Mundito, Sabanilla, Valdés, Mango Bonito y Mameyal, entre otros.

Existe un gran bloque incluido dentro de la secuencia caótica de la Formación Manacas en el Valle de Pons, donde la unidad conserva todas sus características e incluso, la asociación fosilífera encontrada en algunas capas de calizas intercaladas, confirman la edad de la formación.



**Figura 3.** Contacto entre las rocas del Grupo Esperanza y la Formación Santa Teresa, oeste de Santa Lucía, Pinar del Río.



**Figura. 4.** Formación Santa Teresa en Sitio Morales, provincia de Pinar del Río.

En la región de Pinar del Río, en el Mapa a escala 1:250 000 de las Academias de Ciencia de Cuba y Polonia (Pszczolkowski *et al.*, 1986a), esta secuencia fue cartografiada dentro de la Formación Buenavista, como su Miembro Sabanilla. La Formación Santa Teresa fue propuesta en sus inicios por Wassall y Pardo (1952), en la región central de Cuba y con posterioridad, se ampliaron los estudios por Kantchev *et al.* (1978), Linares-Cala (2003), Pszczolkowski (1986a, 1994), Cobiella (2000). La denominación de estos depósitos como Formación Santa Teresa, en la provincia de Pinar del Río, tanto en la Cordillera de Guaniguanico como en la franja norteña de la provincia, ha sido utilizada por Linares-Cala *et al.* (1985; 2020), Martínez (1991) y Pszczolkowski, (1994).



**Figura 5.** Silicita radiolárica y tufita de la Fm. Santa Teresa, en la Loma Benzoní, carretera hacia Bahía Honda al norte de Luis Carrasco, provincia de Artemisa.

En la Hoja 10 (F-17-5) del Mapa Geológico de Cuba 1:250 000 de la Academia de Ciencias de Cuba (Albear *et al.*, 1988), de la región de Cuba Central, se observa la mayor área de distribución de la Formación Santa Teresa y que en la leyenda se atribuye al Albiano-Cenomaniano. Se trata de pedernales y radiolaritas de colores gris claro y carmelita, estratificados en capas finas e intercaladas por rocas arcillosas rojizas, violáceas y blancas, algo esquistasas.

Uno de los primeros geólogos que distinguió estas silicitas y arcillas en Pinar del Río fue Hatten (1957), bajo el apelativo de *Cherts Canalete*. Dani-

lewski (1972), situó sobre las secuencias de calizas y areniscas de la Formación Santa Lucía, un conjunto de pedernales radioláricos, con rocas arenosas y arcillosas, que denominó Formación Panchita, al señalar el estratotipo en Villa Panchita, dos km al sur del Puerto Esperanza. De acuerdo con su descripción, en una cantera cerca de Villa Panchita, afloran pedernales y radiolaritas de colores gris claro y carmelita, estratificados en capas finas e intercaladas por rocas arcillosas rojizas, violáceas y blancas, algo esquistosas. En muestras de rocas similares, tomadas en los alrededores de Sitio Morales, se observaron radiolarios bien conservados, así como material tufogénico en las intercalaciones arcillosas. Danilewski reconoce la Formación Panchita en otras zonas de Pinar del Río, en la carretera de La Palma a Bahía Honda.

Varvarov, Linares-Cala y Smolentsev (en Mormill *et al.*, 1980), presentaron un mapa geológico de la provincia de Pinar del Río escala 1:100 000, donde se formula el rango de formación para el conjunto de silicitas, tufitas y rocas arcillosas de la unidad informal *Cherts Canalete*, al proponer su edad como Cretácico Albiano–Turoniano, a juzgar por los fósiles colectados en un corte de la carretera entre Luis Carrasco y Bahía Honda (**Figura 5**). Los autores conservaron el nombre Formación Canalete para esta unidad litoestratigráfica.

En el mapa Geológico de Cuba, escala 1:500 000 (Linares-Cala y colectivo de autores, 1985), los autores reconocieron y cartografiaron la Formación Santa Teresa, en la provincia de Pinar del Río, al reseñar las mismas características y edad que los conjuntos expuestos en Cuba Central y en la Sierra de Camaján de Camagüey: Aptiano-Cenomaniano.

Pszczolkowski (1994) extendió la edad de la unidad, desde el Valanginiano Superior hasta el Aptiano Inferior, en el cinturón meridional de la Sierra del Rosario, al suprayacer la parte superior de la Formación Artemisa y al miembro Sumidero desde del Hauteriviano.

En el cinturón septentrional de la Sierra del Rosario, situó las silicitas de esta unidad sobre la Formación Polier, al restringir la edad desde el techo del Barremiano al Aptiano Inferior. Cobiella y colaboradores (1990; 2000), han reconocido las formaciones Santa

Teresa y Carmita en la Sierra del Rosario, incluso los investigadores van más allá, al estar de acuerdo con Pszczolkowski (1986a), en que «los nappes de las Alturas de Pizarras del Norte» y la «Zona La Esperanza», son la prolongación hacia el oeste de las estructuras de la Sierra del Rosario.

Linares-Cala y Sosa-Meisozo del Centro de Investigación del Petróleo (CEINPET), han reportado la Formación Santa Teresa con fósiles de edad Aptiano-Albiano, en las rocas carbonatadas y silicitas de la localidad Pozos de Agua, Valle de Pons en la Sierra de Los Órganos. La estación EL-118-20 fue descrita como *wackestone* bioclástico con abundante materia orgánica, que tiñe la roca dándole una coloración negra. Respecto a su fauna: *Ticinella* sp., *Ticinella* aff. *T. primula*, *Rotalipora* sp., *Rotalipora* aff. *R. baleinaensis*, *Rotalipora* cf. *R. ticinensis*, *Rotalipora* aff. *R. apenninica*, *Praeglobotruncana* sp., *Muricohedbergella* sp., *Macroglobigerinelloides* sp., *Pithonella* sp., moldes de radiolarios. Se atribuyen a la parte alta del Albiano.

En las muestras EL-115-20, 206-20, 206-1-20, EL-116-2-20, de una caliza negra silicificada con pedernales intercalados y de un *wackestone* bioclástico, se determinó *Ticinella roberti*, *Ticinella* aff. *T. primula*, *Rotalipora subticinensis*, *Rotalipora* cf. *R. ticinensis*, *Rotalipora* aff. *R. apenninica*, *Praeglobotruncana* sp., *Muricohedbergella* spp., *Macroglobigerinelloides* spp., abundantes radiolarios, *Pithonella* sp. (pared gruesa); *Nannoconus* sp.; *Nannoconus* cf. *N. truiti*; *Globochaeta alpina*. Este conjunto también se atribuye a la parte alta del Albiano.

En la muestra EL-117-20, muy cerca de las anteriores, afloran *wackestones* bioclásticos donde un 20 % son bioclastos, conservados en una matriz micrítica impregnada por materia orgánica. Blanco determinó los fósiles *Ticinella primula*, *Schackoia cabri*, *Biticinella breggiensis*, *Ticinella roberti*, *Ticinella* sp., *Hedbergella* spp., *Globigerinelloides* spp., *Colomisphaera* aff. *C. heliosphaera*. La edad también es Albiano (parte inferior). Lo que corresponderá con la parte alta de la formación.

A partir de la muestra EL-206-1-20, en un *wackestone* bioclástico, se determinaron los fósiles *Globigerinelloides* cf. *Globigerinelloides prairiellensis*;



abundantes moldes de radiolarios; abundantes especies de *Globigerinelloides* sp.; *Globigerinelloides alvarezii*; fechándola como la parte alta de edad Albiano-Cenomaniano.



**Figura 6.** Formación Santa Teresa en Arroyo Seco al noroeste de Sabanilla, provincia de Artemisa.

#### Palinomorfos en la Formación Santa Teresa

Dueñas y Linares-Cala (2001), reportaron por determinaciones palinológicas de una muestra de la Formación Santa Teresa (EL-114-20), los palinomorfos: *Cicatricosisporites* sp., *Cyathidites* spp., *Inaperturopollenites* sp., *Exesipollenites* sp., *Cycadopites* sp., *Retitriletes* sp., *Leptolepidites* spp., *Callialasporites* sp., *Marattisporites* sp., *Criboperidinium* sp. Este conjunto de palinomorfos sólo permite determinarlos como Jurásico al Cretácico Medio, depositados con probabilidad, en un ambiente marino.

En la Sierra del Rosario en la carretera de Las Terrazas a Soroa (Mango Bonito), en un afloramiento muy fresco, se reportaron en calizas silicificadas *Ticinella* spp., *Hedbergella* spp., radiolarios, espículas de esponjas, que datan este corte como Aptiano-Albiano.

En la región de Cuba Central se reportaron al noroeste de Villa Clara, la presencia de *Schackoia* sp., *Muricohedbergella* spp., *Globigerinelloides* spp., en calizas intercaladas en la secuencia silíceas, de igual manera que en Sierra del Rosario, restringen la edad de la formación a no más vieja que el Aptiano, por la biozona

de la Leupoldina cabrique que se encontró en las capas más altas de la infrayacente Formación Veloz. Por lo que, la edad para esta formación se restringe tanto en la región de Pinar del Río-Artemisa como para Cuba central, al Cretácico Inferior Aptiano-Albiano, con probabilidad la base del Cenomaniano, Vraconiano.



**Figura 7.** Silicitas, arcillas y tufitas de la Formación Santa Teresa, Mango Bonito, provincia de Artemisa.



**Figura 8.** Formación Santa Teresa en Mameyal, Artemisa. A lo lejos el Pan de Guajaibón, provincia de Pinar del Río.

Franja noroccidental de hidrocarburos de Cuba (FNHC) La Formación Santa Teresa se caracteriza muy bien en la FNHC por numerosas perforaciones petroleras realizadas en este territorio. Posee las mismas características petrográficas y paleontológicas que en el norte de Pinar del Río, Artemisa y Cuba Central. Linares y colabora-



dores (1986), reportaron al sur del Valle de Yumurí (caserío La Carioca) y por las zonas de Cantel y Camarioca (sur de Varadero), singulares afloramientos de esta unidad. Por los pozos petroleros se destaca muy bien la presencia de pedernales, arcillas y calizas con determinaciones de *Nannoconus* s.l. y foraminíferos planctónicos, como: *Globigerina infracretácea*, *Ticinella* sp. y *Muricohedbergella* sp. de edad Aptiano-Albiano.

Como regla general, en las áreas estudiadas por los pozos, las escamas de la UTE Placetas muestran un nivel de despegue de los cabalgamientos por la base de la Formación Santa Teresa. A los estratígrafos petroleros no les resulta fácil dividir las formaciones Santa Teresa y Carmita, por lo que, informalmente, les han llamado a sus horizontes Santa Teresa-Carmita. Estos mantos imbricados, se notan en muchos esquemas estratigráficos de los yacimientos Cantel, Varadero, Varadero Sur y Guásimas, donde se repiten las rocas de estas dos formaciones. A veces han sido separadas como formaciones Carmita y Santa Teresa y en ocasiones unidas como Santa Teresa-Carmita (Sánchez-Arango, 1996).

Hacia el este ocurren en los pozos Martí 5 y Bolaños 1. Al norte de la región Habana-Matanzas, donde mejor se conoce la Formación Santa Teresa es en la profundidad del yacimiento Yumurí. Allí abundan las silicitas radioláricas y rocas silicio-arcillosas. Los pozos más representativos son Yumurí 1, 7-A, 8, 12, 18 y 20.

También se han podido diferenciar en el pozo Boca de Jaruco 3 (núcleo 5). Como en toda Cuba yace de forma alóctona, se observan frecuentes estrías de desplazamiento y superficies de despegue. Se han medido en los pozos espesores del orden de 100 metros.

La Formación Santa Teresa se evidencia entre otros, en los pozos Varadero 201 de 1 853-1 500 m, junto con la Formación Carmita en el Varadero 41 entre 1 525-700 m; Varadero 31 entre 1 284-910 m; Martí 5 intervalo 3 092-2 616 m; Bolaños 1 entre 2 647-2 562 metros.

En esta región consta de forma esencial de turbiditas siliciclásticas, que se disponen como una alternancia rítmica de silicitas radioláricas, arcillas y limonitas de forma subordinada, margas y *mudstone*.

De vez en cuando, ocurren areniscas cuarzosas de grano fino y cemento silíceo. Una característica de esta unidad, es el plegamiento pronunciado de sus capas, al formar pliegues tumbados, así como fallas pequeñas que provocan desplazamientos y fracturación de las rocas. Esto se observa, tanto en Cuba Central como en la provincia de Pinar del Río. El fechado de esta unidad mediante radiolarios resulta difícil. Los fósiles diagnósticos como *Nannoconus* s.l., *Ticinella*, *Muricohedbergella*, *Schackoina*, *Macroglobigerinelloides*, proceden de *mudstones* que se intercalan. Los foraminíferos planctónicos mencionados, permiten asignar edad Aptiano-Albiano para la Formación Santa Teresa.

#### Formación Santa Teresa en Cuba central

Los afloramientos de esta unidad fueron reconocidos por Wassall (1952), cerca del poblado de Sitecito, en la actual provincia de Villa Clara y su nombre es debido al antiguo central azucarero Santa Teresa. Aflora en franjas alargadas con dirección NO-SE en las inmediaciones del caserío San Pedro, localidad Córdova en la zona sur de Corralillo, por el pobladito La Sierra (**Figura 10**). En los inicios, el descriptor de esta unidad informó sobre un conjunto bien estratificado de capas finas de silicitas radioláricas, disgregables de forma fácil, con calizas fragmentarias como lentes.

Truitt (Truitt y Pardo, 1953), señaló que las calizas no son intercalaciones o lentes, sino que estaban intercaladas y pertenecían a la formación, separándola en tres miembros: Santa Teresa «Superior», formado por calizas laminares grises con pedernales; Santa Teresa «Medio», representado en su totalidad por silicitas y arcillas y Santa Teresa «Inferior», de calizas con inclusiones de pedernales, muy parecidas a las de la Formación Ronda (hoy perteneciente al Grupo Veloz). Posteriormente, el propio Truitt (Brönnimann y Pardo, 1954), excluyó su miembro Santa Teresa «Superior», asignándolo a la Formación Carmita.

Wassall (Brönnimann y Pardo, 1954) caracterizó a la Formación Carmita litológicamente al señalar su estratotipo y opinar que este conjunto estratigráfico responde al miembro Santa Teresa «Medio» de la Forma-

ción Santa Teresa, en el sentido dado por Truitt (Truitt y Pardo, 1953), aspecto que no está acorde con la litología que en su totalidad son pedernales y arcillas.

Wassall (1952), complementó la información, al precisar que las silicitas de la Formación Santa Teresa, están saturadas por óxido de manganeso y la unidad yace sobre la Formación Ronda (en la actualidad se establece que lo hace sobre la Formación Morena de edad Hauteriviano-Barremiano) y está cubierta de forma discordante por la Formación Amaro. En los últimos estudios se reconoce una transición entre la Formación Santa Teresa y la Formación Carmita y sobre ella yacen las formaciones Bacunayagua y Amaro con carácter discordante. Wassall (1952), opinaba que la Formación Santa Teresa era el equivalente meridional de la Formación Carmita.

Brönnimann (Truitt y Brönnimann, 1956), consideró que la edad de las silicitas y arcillas de la Formación Santa Teresa era el Cretácico Superior y podrían bajar al Cretácico Tardío. En su esquema de correlación la sitúan en el Aptiano-Turoniano. Por aquellos tiempos, la litología que se describía constaba de modo simple de pedernales primarios, de colores negros y carmelitas, esquistos calcáreos oscuros y a veces esquistos carbonosos, con un espesor de 150 metros.

Kantchev y colaboradores (1978), reportaron silicitas cuarzo-calcedónicas y calcedónicas en capas de 0.1 hasta 10 centímetros, silicitas laminares de colores negros, grises-oscuros, grises-verdosos, grises-carmelitosos, herrumbrosos pigmentados por óxidos de hierro y manganeso, compactas y de forma ocasional porosas. A veces, la presencia de manifestaciones de minerales de manganeso en las silicitas, ha llamado la atención de los metalogenistas y existen viejos centros mineros en varias localidades donde aflora. Las silicitas alternan con finas intercalaciones, desde milímetros hasta de 1-6 centímetros de espesor, de arcillas bentoníticas y tufitas.

Las arcillas son de colores grises, verdosas y verdes, las tufitas son grises claras o blancuzcas. Con frecuencia se observan arcillas amarillas, pardas, herrumbrosas, con muchos óxidos de hierro. En oca-

siones se observan lentes de calcedonia. En algunas áreas alternan argilitas, pedernales, margas, limolitas, calizas y areniscas cuarzosas. Estudios petrográficos a partir de muestras de los autores, han revelado la presencia de pedernales de varios colores, entre ellos violáceos, a veces amarillentos, formados por sílice cristalina, con grietas rellenas por óxidos de hierro o cuarzo. En las muestras de toda Cuba, abundan moldes recristalizados de radiolarios, formados por sílice cristalina.

Esporádicamente, se observa un mosaico muy fino de calcedonia, impregnada por materia orgánica y relictos de minerales arcillosos, donde abundan los radiolarios como esferulitas de calcedonia. Los pedernales radioláricos carbonatizados suelen ser de color negro. Se trata de una roca compuesta por calcedonia y cuarzo de grano muy fino, con materia orgánica finamente dispersa. Los radiolarios de forma eventual, están deprimidos en forma elipsoidal. Las venillas de calcita secundaria se entrelazan por las rocas. En algunos de estos pedernales radioláricos, la materia orgánica está acompañada por minerales arcillosos en la masa principal, que suele ser de cuarzo muy fino y calcedonia.

Las calizas son fragmentarias más o menos organógenas, que han sido silicificadas de modo intenso, pero conservan la impronta de las rocas primarias, con venillas de calcedonia y metálicos. Las calizas fragmentarias representan un volumen insignificante de la unidad y aumentan hasta ser calizas, cuando ocurre la transición hacia las calizas de la Formación Carmita, aspecto que también se observa en el occidente de Cuba, en el valle de Pons en Pinar del Río, donde llegan a ser micritas radioláricas.

En la zona de Corralillo, se describieron micritas organógenas radioláricas dentro de la Formación Santa Teresa (Linares-Cala *et al.*, 1987). Adicionalmente, calizas algo organógenas, fragmentarias y grumosas, micritas finamente recristalizadas y calizas organógenas grumosas con matriz arcillosa. Este estudio resultó importante para relacionar los horizontes de rocas carbonatadas del Aptiano-Albiano que se reportaban en las perforaciones petroleras de la Franja

Noroccidental de Hidrocarburos de Cuba, con la unidad litoestratigráfica que se está tratando.

Las micritas radioláricas son rocas constituidas por calcita, con moldes de radiolarios, carbonatizados, recristalizados y algunos deprimidos y orientados, que a veces se conservan silíceos. La fracción micrítica fina es escasa y en lo esencial de cuarzo y plagioclasas. Las calizas fragmentarias y algo grumosas, constan de fragmentos de diferentes tipos de micritas y calizas y calizas relicto-organógenas. Los fósiles no abundan excepto los radiolarios y están mal conservados. Los grumos son calcáreos-arcillosos. La fracción arenosa es de cuarzo, glauconita y pedernales.

Como se expresó, una característica de la Formación Santa Teresa en todo el norte de Cuba, es que sus capas de pedernales, arcillas, tufitas y calizas, están muy plegadas de forma complicada, lo cual dificulta la medición de sus elementos de yacencia y las interpretaciones de los perfiles sísmicos (**Figuras 6, 7 y 10**). Los fósiles descritos en las perforaciones petroleras del Cinturón Noroccidental de Hidrocarburos de Cuba (CNHC) son los mismos que en los afloramientos de toda Cuba.

Linares-Cala *et al.*, (1987, 2003, 2011), relacionaron en la zona Motembo-Corralillo, el siguiente conjunto fósil: Abundancia de radiolarios *Sethocapsa* sp., *Stichocapsa* sp. cf. *S. asymbatos*, *Cryptamphorella* sp., *Crucella* sp., *Conosphaera* sp., *Conosphaera sphaeroconus*, *Dictyomitra* sp., *Eucyrtidium* sp., la mayoría imposible de ser determinados a nivel específico por la fuerte recristalización. Todas estas taxa pertenecen a las familias *Williriedellidae*, *Hagiastridae*, *Conosphaeridae*, *Eucyrtidiidae* y *Sethoperidae*. Dado el predominio de radiolarios del orden Nassellaria, se está en presencia de especies de aguas bien profundas, por debajo de los 3000 metros de profundidad, bajas latitudes, ambiente anóxico y en una zona batial superior.

La Familia *Sethoperidae*, a pesar de que su distribución estratigráfica, es desde el Jurásico Inferior Pliensbachiano al Cenozoico, posee un predominio en estratos del Cretácico Inferior Albiano Medio hasta el Cretácico Superior Turoniano Inferior.

También se reportan foraminíferos, tales como

*Macroglobigerinelloides* sp., *Heterohelicidae* (formas sin estrías), *Muricohedbergella* sp., *Biticinella breggiensis*; *Praeglobotruncana stephani*, *Rotalipora appenninica*, *Rotalipora subticinensis*, *Rotalipora* cf. *R. greenhornensis*, *Rotalipora* spp., *Rotalipora subtinicensis*; *Rotalipota greenhornensis*, así como *Nannoconus* si además, se observan foraminíferos bentónicos pequeños.

En la mayoría de los afloramientos, es difícil determinar las relaciones estratigráficas superiores de la Formación Santa Teresa, por ser mantos plegados y sobrecorridos en evidente aloctonía. Algunas observaciones locales en Cuba Central, sugieren su transición hacia la Formación Carmita. Un aumento de las calizas con edad Cenomaniano, especialmente de su horizonte Vraconiano, testimonian a favor de esta propuesta.

Por la carretera del aeropuerto de Santa Clara y en el norte del antiguo Central Benito Juárez, se han reconocido rocas de esta edad sobre las silicitas de la Formación Santa Teresa. Fueron descritos singulares afloramientos similares en el Valle de Pons, Pinar del Río.

El área tipo de la Formación Santa Teresa está precisamente en esta región. Se exponen en las cercanías de Sitiecito y en amplias franjas con dirección noroeste-sureste en las inmediaciones de los poblados de San Pedro, hasta la localidad de Córdoba en la zona sur de Corralillo, por los caseríos La Sierra (**Figura 9**), hasta la desaparecida localidad Socorro y por Guillermo Llabré, en la provincia de Villa Clara. Aquí Kantchev y colaboradores (1978), reportaron silicitas cuarzo-calcédónicas y calcedónicas en capas de 0.1 hasta 10 cm, silicitas laminares de colores negros, grises-oscuras, grises-verdosas, grises carmelitosas, herrumbrosas, pigmentadas por óxidos de hierro y manganeso, son compactas y de forma ocasional, porosas.

Los estudios de esta unidad, realizados por Linares-Cala y colaboradores, por la zona de Corralillo, indican que las micritas radioláricas, son rocas constituidas por calcita, con moldes de radiolarios carbonatizados, recristalizados, algunos deprimidos y orientados que a veces se conservan silíceos. La frac-





**Figura 9.** Pedernales, arcillas y tufitas de la Formación Santa Teresa. Localidad la Sierra, Corralillo, provincia Villa Clara.

ción aleurítica fina, es escasa y en esencia, de cuarzo y plagioclasas.

#### Región de Esmeralda y Sierra de Camaján

Pedernales radioláricos, rocas arcillosas y tufitas intercaladas, se observan en áreas aisladas en Santa Rita, al este de Esmeralda (**Figura 10**) y en la Sierra de Camaján, en la provincia de Camagüey. Allí la Formación Santa Teresa se asocia con rocas del Neocomiano del Grupo Veloz, UTE Placetas, al yacer ambos conjuntos en forma de mantos tectónicos sobrecorridos y



**Figura 10.** Afloramientos de la Formación. Santa Teresa al este de Esmeralda, provincia de Camagüey.

plegados. En Santa Rita, se han descrito calizas con abundantes *Nannoconus* y en la Sierra de Camaján, con diferentes ammonites del Neocomiano.

#### Región del norte de la provincia de Holguín

En la localidad La Escondida y por los alrededores del poblado de Santa Lucía, en la provincia de Holguín, se han descrito pedernales con abundantes radiolarios, muy parecidos a los que afloran en Cuba Central. Pentelenyi y Garcés (1988), reportaron estas silicitas con el apelativo Formación Santa Lucía, asociándolas con las ofiolitas. Pero la presencia de rocas carbonatadas de aguas profundas, descritas por los autores en la Loma La Morena cerca del lugar, permite asociarlas con mayor propiedad con singulares afloramientos de rocas de cuenca del Dominio Paleogeográfico del Margen Continental Norteamericano.

#### Investigaciones palinológicas en la Formación Santa Teresa

De una localidad al sur de Candelaria del Aguacate, en la carretera del poblado de Ciro Redondo a Niceto Pérez, provincia de Artemisa, se estudió por métodos palinológicos la muestra EL-114-1-20. Se describieron: *Cicatricosporites* sp., *Cyathidites* spp., *Inaperturopollenites* sp., *Exesipollenites* sp., *Cycadopites* sp., *Retitriletes* sp., *Leptolepidites* spp., *Callialasporites* sp., *Marattisporites* sp. y *Criboperidinium* sp. De acuerdo con Dueñas y Linares-Cala (2001), estos fósiles indican edad desde el Jurásico al Cretácico Medio y consideran que las arcillas de la Formación Santa Teresa se depositaron en un paleoambiente marino.

#### Carbono Orgánico Total (COT)

Varias determinaciones muestran valores notables de COT en la Formación Santa Teresa, en diferentes localidades. Para ejemplificar, la estación del sur de Candelaria del Aguacate, provincia de Artemisa y la Cantera El Cocuyo, Santa Lucía, en la provincia de Pinar del Río. El COT de ocho muestras de la Formación Santa Teresa arrojó valores máximos de 3.1, mínimo de 0.14 y promedio de 1.16, lo que permiten catalogar la unidad como rocas madre.

## CONCLUSIONES

La Formación Santa Teresa pertenece al Dominio Paleogeográfico del Margen Continental Norteamericano y se relaciona con el Conjunto Petrotectónico (CPT) de Rocas Pelágicas, de la UTE Placetas que pueden tener batimetría de hasta 3 000 metros. La presencia de esta unidad en el norte de Cuba, tanto por afloramientos como en la profundidad, desde Mantua en Pinar del Río, hasta La Escondida en la provincia de Holguín, indican una amplia franja con perspectivas petroleras.

Consta en esencia de pedernales radioláricos y arcillas, en menor proporción tufitas y calizas de edad Aptiano-Albiano, pero algunos horizontes superiores carbonatados pueden ser la base del Vraconiano del Cenomaniano. Si se separan las formaciones Santa Teresa y Carmita, no resulta favorable para las correlaciones estratigráficas, el término Santa Teresa-Carmita. Muchas de las capas que se describen macroscópicamente como pedernales, resultan al microscopio calizas silicificadas, ricas en radiolarios. Los tanteos geoquímicos por *Rock-Eval* del Carbono Orgánico Total, revelan los componentes de la formación como rocas madre, capaces de generar hidrocarburos. Los análisis de polen y esporas en las arcillas de la Formación Santa Teresa, indican edad Cretácico Medio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albear, J.; Boyanov, I.; Brezsnyszky, K.; Cabrera, R.; Chejovich, V.; Echevarría, B.; Flores, R.; Formell, F.; Franco, G.; Haydutov, I.; Iturralde-Vinent, M.; Kantchev, I.; Kartashov, I.; Kostadinov, V.; Millán, G.; Myczynski, R.; Nagy, E.; Oro, J.; Peñalver, L.; Piotrowska, K.; Pszczolkowski, A.; Radocz, J.; Rudnicki, J.; Somin, M. L.**, 1988. Mapa Geológico de Cuba. Escala 1:250 000.
- Brönnimann, P. y Pardo, G.**, 1954, Annotation to the correlation chart and catalogue of Formations (Las Villas province) ONRM MINEM. La Habana (Inédito).
- Cobiella, J. L. y Hernández, A.**, 1990. Estudio geológico de la Sierra del Rosario entre Soroa y Cayajabos, Provincias de Pinar de Río y La Habana. Archivo del CEINPET, La Habana (Inédito).
- Cobiella, J. L.**, 2000, Jurassic and Cretaceous Geological History of Cuba. *International Geological Review*, 42(7): 594-616.
- Danilewski, D.**, 1972, Esquema general de la composición tectónico-estructural de la zona Los Mogotes en el área de Pons-San Vicente (Sierra de Los Órganos). *Actas Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología*. 2(42-44). La Habana.
- Ducloz, Ch. y Vuagnat, M.**, 1962, A propos de l'âge des serpentinites de Cuba. *Arch. Sc. Geneve*, 15 (2): 309-332. 1962.
- Dueñas, Hernando y Linares-Cala, E.**, 2001, Proyecto Synrift Cuba. Determinaciones Palinológicas de muestras de superficie correspondientes varias formaciones. O-1674. Archivo del CEINPET. La Habana. Inédito.
- Dueñas, Hernando, Linares-Cala, E. y García-Sánchez, R.**, 2003, Palinomorfos en rocas de la Formación San Cayetano. Pinar del Río Cuba. *Revista Minería y Geología* 19 (1-2): 59-70.
- Gignoux, M.**, 1950, *Stratigraphic Geology*: W.H. Freeman and Co., San Francisco, 682 p. English Translation from the Fourth French Edition (1950) by Gwendolyn G. Woodford.
- Hatten, Ch. W.**, 1957, *Geology of the Central Sierra de Los Órganos*, Pinar del Río province, Cuba. ONRM, MINEM, La Habana. Inédito.
- Kantchev, Il; Y. Boyanov, N. Popov, R. Cabrera, A. Goranov, N. Iolkichv, M. Kanazirski, M. Stancheva.**, 1978, *Geología de la provincia de Las Villas. Resultados de las investigaciones geológicas y levantamiento geológico a escala 1: 250 000 (1969-1975)*. Brigada Cubano-Búlgara. ONRM. MINEM. La Habana. Inédito.
- Linares-Cala, E., Sosa Meisozo, C. García-Sánchez, R.; Valdés Pino P.**, 2002, *Formación Santa Teresa. Unidad Tectonoestratigráfica*

- Placetos. Importancia para la búsqueda del petróleo. *Revista Minería y Geología* (en prensa).
- Linares-Cala, E., García, D. E. Delgado, O.; López, J. G. Strazhevich, V.**, 2011, Yacimientos y manifestaciones de hidrocarburos de la República de Cuba. Centro Nacional de Información Geológica. IGP- CEINPET. Imprenta Palcograf. 480 pp. ISBN 978-959-7117-33-9. La Habana.
- Linares-Cala, E., Gómez, J.; García, R.; Yero, M.; Valdés Pino, P. Blanco, S. I. Hernández; Fariñas, C.**, 2000, *Oil and Geosite: Guía Práctica de Localidades de Interés Gasopetrífero*. ISBN 959-7160-03-X.
- Linares-Cala, E. López, J. O. y Valdés Pino, P.**, 1986, Informe del levantamiento geológico Cantel-Camarioca escala 1:20 000. Código 448. Archivo del CEINPET. La Habana. Inédito.
- Linares-Cala, E.**, 2003, Comparación entre las secuencias mesozoicas de aguas profunda y someras de Cuba central y occidental, significado para la exploración petrolera. Tesis de doctorado en Ciencias Técnicas, Departamento de Estratigrafía y Geología Regional, Centro de Investigación del Petróleo. Archivos CEINPET y ISPJAE. La Habana.
- Linares-Cala, E.; García-Delgado, D.; Blanco, S.; Fajardo-Fernández, Y.; Gil-González, S.**, 2020, Estratigrafía de las zonas petroleras de la República de Cuba. Archivo CEINPET. La Habana. Inédito.
- Linares-Cala, E.; Osadchiy, P. G.; Dovbnia, A. V.; Gil, S.; García, D. E.; García, L. M.; Zuazo, A.; González, R.; Bello, V.; Brito, A.; Bush, W. A.; Cabrera, M.; Capote, C.; Cobiella, J. L.; Díaz de Villalvilla, L.; Eguipko, O.; Evdokimov, J. V.; Fonseca, E.; Furrázola, G.; Hernández, J.; Judoley, C. M.; Kondakov, L. A.; Markovskiy, B. A.; Pérez, M.; Peñalver, L.; Tijomirov, Y. N.; Vtulochkin, A. N.; Vergara, F.; Zagoskin, A. M.; Zelepuguin, V. N.**, 1985, Mapa Geológico de la República de Cuba a escala 1:500 000. Ministerio Industria Básica. Fábrica Cartográfica, Instituto de Investigaciones Geológicas A. P. Karpinski, Leningrado. URSS. 4 Hojas.
- Linares-Cala, E.; P. Valdés Pino; Betancourt, M. y Galbán, M.**, 1987, Informe de los trabajos de levantamiento geológico en la región Motembo-Corralillo. Archivo del CEINPET. La Habana. Inédito.
- Longoria, J. F.**, 1993, La Terrenoestratigrafía: Un Ensayo de Metodología para el Análisis de los Terrenos con un ejemplo de México: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros Vol. XLVIII, N0.2, Julio-Diciembre, 1993, pp. 30-48.
- Martínez, D. y Fernández, R.**, 1988, Informe sobre los Resultados del Levantamiento Geológico y de Búsqueda Acompañante a escala 1:50 000 en la parte central de la Provincia de Pinar del Río. O.N.R.M-MINBAS, La Habana (Inédito).
- Martínez, D.; Fernández, R.; Peláez, R.; Vázquez, M.; Barrios, E.; Valido, A.; Reinoso, R.; Chang, J. C.; Fernández, O.; Denis, R.; Gómez, L.; García, D.; Gil, S.; Pérez, D.; Reyes, R.; Valdivia, M.; Núñez, R.; Pérez, R.; J. Langs, J.**, 1991, Informe sobre los Resultados del Levantamiento Geológico y Prospección Preliminar a escala 1:50 000 Pinar-Habana: ONRM-MINEM, La Habana (Inédito).
- Moretti, I.; Tenreyro, R.; Linares, E.; López, J. G.; Letousey, J.; Magnier, C.; Gaumet, F.; Lecomte, J. C.; López, J. O.; Zimine, S.**, 2002, Petroleum system of the Cuban North-West Offshore: Gulf of México-A.A.P.G.-memoir.
- Mormill, S.; Norman, A. Varvarov, A.; Skosiriev, V.; Linares-Cala, E. y F. Vergara**, 1980, Geología y Metalogenia de la Provincia de Pinar del Río: Instituto Geol. Paleontología, MINEM, La Habana. Inédito.



- Pentelenny, L. y Garcés-Leyva**, 1988, Sobre los resultados del levantamiento geológico y búsqueda acompañante a escala 1: 50 000 en el polígono Cuba-Hungría. ONRM. MINEM. Inédito.
- Pszczolkowski, A.**, 1986a, Composition of the clastic material from the arenites of the San Cayetano Formation in Sierra de los Órganos (Pinar del Río province, Cuba) (in Spanish): *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, v. 11.
- Pszczolkowski, A.**, 1994, Geological cross-section through the Sierra del Rosario thrust belt, western of Cuba, *Studia Geologica Polonica* 105.
- Sánchez-Arango, J. R. y Tenreiro, R.**, 1996, Stratigraphy and Geological Evolution of the Continental Margins in Cuba. *SAMC NEWS*, 5, August, ISSN 1413-6813M, Río de Janeiro, pp. 54-57.
- Sánchez-Arango, J.; Castro, O.; García, R. y Rodríguez, M.**, 1996, Correlación Estratigráfica Preciosa-Varadero. Archivo del CEINPET. La Habana
- Shopov, V.**, 1982, Estratigrafía y Subdivisión de las Zonas de Placetas y Camajuaní en la antigua provincia Las Villas (Cuba Central): *Ciencias de la Tierra y El Espacio*. No. 4 pp. 39-46.
- Truitt, P. y Pardo G.**, 1953, Reconnaissance of Santa Clara-Calabazar-Camajuaní-Placetas Área. ONRM. MINEM. La Habana. Inédito.
- Truitt, P. y P. Brönnimann**, 1956, Geological Memorandum PT-47. Stratigraphic dates of Las Villas and Camagüey provinces. ONRM. MINEM. La Habana. Inédito.
- Valladares, S.; D. Brey; B. Villavicencio; O. Castro; M. Rodríguez; C. Núñez; R. Segura; J. Álvarez; J. Hernández**, 1997, Informe reservorios carbonatados pertenecientes a la UTE Placetas, Etapa 1. Proyecto 6-95. Reservorios carbonatados de Cuba. E-251. Archivo del CEINPET. La Habana. Inédito.
- Valladares, Silvia, Brey, D., Villavicencio, B. Castro, O., Rodríguez, M. Núñez, C., Segura, R., Álvarez, J., Hernández, J.**, 1998, Reservorios de rocas carbonatadas del Margen Continental pertenecientes al Dominio Las Villas y en las bioconstrucciones del Cretácico. *Geología y Minería '98. Memorias I*. pp. 717-720 CNDIG, La Habana.
- Vázquez, C.; Prieto, R.; Rodríguez M.; Milian, E.**, 1993, Informe al levantamiento geológico 1:50 000 y búsqueda norte las Villas III. Oficina Nacional de Recursos Minerales. MINEM. La Habana. Inédito.
- Wassall, H. y Pardo, G.**, 1952, Geological Memorandum HW-11, Sagua-Calabazar área, ONRM, La Habana (Inédito).

Fecha de recepción: 01 de diciembre de 2021

Fecha de arbitraje: 01 de diciembre de 2021

Fecha de aprobación: 03 de diciembre de 2021