

Ambiente de sedimentación de la Formación Cojímar (provincia La Habana) basado en foraminíferos bentónicos

Sedimentation environment of the Cojímar Formation (Havana province) based on benthic foraminifera

Yaima Domínguez-Samalea^{1*}, Lourdes María Pérez-Estrada², Reinaldo
Rojas-Consuegra²

¹Instituto de Geología y Paleontología, La Habana, Cuba

²Centro de Investigaciones del Petróleo, La Habana, Cuba

*Autor para la correspondencia: ydominguez@igp.minem.cu

Resumen

La Formación Cojímar, del Mioceno Inferior (parte alta) al Mioceno Medio (parte baja), es una unidad muy conocida de Cuba Occidental por su amplio desarrollo y exposición en afloramientos. Ha sido objeto de numerosos estudios bioestratigráficos, sin embargo, se consideran insuficientes los estudios paleoecológicos con especies de foraminíferos, tanto planctónicos como bentónicos. Su gran riqueza y variedad de estos microfósiles ha permitido abordar el aspecto paleoecológico. En este trabajo se establece el ambiente de sedimentación, se actualiza la sistemática y clasificación de dichas especies y se reevalúa la biozonación con foraminíferos planctónicos. Se analizó material tomado cada 15 metros, para un muestreo detallado, y se realizó una compilación de todas las especies de foraminíferos reportadas por diferentes autores para esta unidad. El análisis micropaleontológico permitió determinar 40 taxa de foraminíferos planctónicos agrupados en 12 géneros, siendo los más representativos *Globigerina*, *Globigerinoides*, *Orbulina* y *Globorotalia*. Los foraminíferos bentónicos, pertenecen a 102 géneros y 226 taxones incluidos en los subórdenes Lituolida, Loftusiida, Textulariida, Lagenida, Rotaliida y Miliolida. Los principales géneros representados son *Cibicides*, *Cibicoides*, *Cibicobis*, *Uvigerina*, *Angulogerina*, *Anomalinoidea*, *Planulina*, *Bolivina*, *Amphistegina*, *Lenticulina*, *Nodosaria* y *Textularia*. La Formación Cojímar corresponde a una plataforma profunda, al

identificarse foraminíferos bentónicos específicos (*Uvigerina*, *Lenticulina*, *Marginulina*). Las tanatocenosis se desarrollaron en profundidades neríticas batiales superiores, entre 100 m - 500 m de profundidad. Se valoran nuevos reportes de especies de foraminíferos para la unidad, *Anomalinoidea flintii*, *Planulina* cf. *P. mantaensis*, *Catapsydrax* cf. *C. dissimilis*, *Globigerinoidea* cf. *G. obliquus*, *Globigerinoidea primordius* y *Hastigerina praesiphonifera*. Como nuevo reporte para Cuba se encuentra el taxón *Gyroidinoidea cibaensis*.

Palabras clave: paleoecología; foraminíferos; Mioceno; Formación Cojímar, Cuba.

Abstract

Cojímar Formation, —Lower Miocene (upper part) to Middle Miocene (lower part)—, is a unit in Western Cuba well known for its extensive development and exposure outcrops. It has been widely used in biostratigraphic studies. However, paleoecological studies on this unit through foraminifera, both planktonic and benthic species, are considered insufficient. The richness and variety of microfossils, especially foraminifera, has allowed us to address the paleoecological aspect. In this paper, the sedimentary environment is established. Besides the systematic classification of these species was updated and the biozonation re-evaluated from planktonic foraminifera. A detailed sampling, from material taken every 15 meters was fulfilled along with a compilation of all species of foraminifera reported for the studied unit. The micropalaeontological analysis allowed the identification of 40 taxa of planktonic foraminifera grouped into 12 genera, being the most representative *Globigerina*, *Globigerinoidea*, *Orbulina*, and *Globorotalia*. Moreover, 226 taxa of benthic foraminifera belonging to 102 genera were determined. These included: Lituolida, Loftusiida, Textulariida, Lagenida, Rotaliida and Miliolida suborders. The main genres represented were *Cibicides*, *Cibicoides*, *Cibicobis*, *Uvigerina*, *Angulogerina*, *Anomalinoidea*, *Planulina*, *Bolivina*, *Amphistegina*, *Lenticulina*, *Nodosaria*, and *Textularia*. Cojímar Formation corresponds to a deep platform, which was determined from the benthic microforaminifera (*Uvigerina*, *Lenticulina*, *Marginulina*) analyzed. Thanatocenoses developed in outer neritic to upper bathyal depths between 100 m - 500m. New reports of both planktonic foraminifera species for that unit as small benthic, such as *Anomalinoidea flintii*, *A. trinitatensis*, *Planulina* valued cf. *P. mantaensis*, *Catapsydrax* cf. *C. dissimilis*, *Globigerinoidea* cf. *G. obliquus*, *Globigerinoidea primordius*, and *Hastigerina praesiphonifera* were evaluated. As a contribution *Gyroidinoidea cibaensis* taxon is here first reported to Cuba.

Keywords: paleoecology; foraminifera; Miocene; Cojímar Formation; Cuba.

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente, el estudio del Neógeno en Cuba ha sido de gran importancia para las Geociencias. Las rocas de la cobertura del Neógeno ocupan una extensión considerable en el archipiélago cubano, prácticamente desde el extremo occidental hasta el oriental, cubriendo alrededor de la tercera parte de la superficie del territorio nacional. Estas rocas se caracterizan por un total predominio del origen sedimentario y la abundancia de macro y microfósiles, especialmente de foraminíferos.

Geográficamente, la localidad cotipo de la Formación Cojímar, designada por Brönnimann y Rigassi (1963) se ubica en un corte de 5 m x 70 m en el lado occidental de la carretera Casa Blanca-reparto Camilo Cienfuegos, en el lado oriental del Hospital Naval, provincia La Habana. Posee coordenadas Lambert $x=363\ 450$, $y=369\ 700$, en la hoja topográfica La Habana, 3785 III (Albear & Iturralde-Vinent 1985).

Desde el punto de vista geológico, la Formación Cojímar descansa concordantemente sobre las formaciones Colón (parte indiferenciada y su Miembro Coliseo) y Jaruco, y discordantemente sobre las formaciones Consuelo, Encrucijada, Guanajay, Jabaco, Grupo Nazareno (parte indiferenciada), Peñalver, Punta Brava, Tinguaro, Vía Blanca, y los grupos Mariel (formaciones Madruga y Capdevila) y Universidad (formaciones Príncipe y Toledo), y las ultramafitas. Está cubierta concordantemente por la Formación Güines y discordantemente por Vedado y Villaroja. Transiciona lateralmente a las formaciones Caobas, Güines y Paso Real (Iturralde-Vinent 2011).

Esta unidad está compuesta por dos tipos litológicos. Presenta margas calcáreas a margas arcillosas que transicionan hasta gredas de color gris, las cuales se alteran al amarillo crema oscuro hasta el amarillo blancuzco. Su textura es comúnmente gruesa, granular en las gredas, producto de la presencia de arena fina. El otro tipo de roca común son las calizas biógenas de grano fino a medio, entre casi puras y arcillosas, sin transición con las margas. Su color es blanco a blanco crema y su textura es fina a media (Iturralde-Vinent 2011).

Entre los estudios dedicados a la Formación Cojímar se destaca el de Palmer (1934) en el que se describe originalmente la formación, y se ofrece su ubicación geográfica, así como la descripción litológica y geológica. Años más tarde, el propio autor (Palmer 1940, 1941) redescubre muy detalladamente la litología de la formación y por primera vez reporta los foraminíferos

bentónicos y el ambiente de deposición. Con posterioridad otros autores aportan nuevos datos, ejemplo Bermúdez (1950) es el primero que correlaciona esta formación con otras unidades litoestratigráficas en Centroamérica, Haití y Florida, y establece su localidad tipo y cotipos.

Brönnimann & Rigassi (1963) e Iturralde (1969a, 1969b) describen los foraminíferos planctónicos en la formación; este último autor además caracteriza con mayor nivel de detalle el ambiente de deposición y establece por primera vez las biozonaciones a partir de foraminíferos planctónicos. Linares & Zuazo (1985) reportan por vez primera la presencia de ostrácodos en la formación.

Como se puede apreciar, la mayoría de los trabajos relacionados con la Formación Cojímar estuvieron encaminados a definir y esclarecer la litología y su posición geológica. Solo dos estudios, realizados por Palmer e Iturralde, se enfocan hacia su ambiente de deposición.

Según plantean Molina (2004), Smart, Thomas & Ramsay (2007) y Ravichandran *et al.* (2020), la Paleoecología intenta deducir las características ambientales a partir de las asociaciones de microfósiles, los cuales son considerados como excelentes marcadores de las condiciones paleoambientales del medio en que habitan. Los foraminíferos bentónicos son indicadores fiables de los cambios en las condiciones paleoecológicas (Gebhardt 1999; Drinia *et al.* 2007; Holcová & Zágorský 2008; Hohenegger *et al.* 2009; Zágorský *et al.* 2009; Gupa, Singh & Verma 2013; Nouradini *et al.* 2015).

Por considerar que los estudios paleoecológicos existentes sobre la Formación Cojímar a partir de géneros o especies de foraminíferos son insuficientes para mostrar la evolución paleoambiental de esa unidad en el intervalo de deposición, se plantea como objetivos de este estudio actualizar la taxonomía y sistemática de los taxa de foraminíferos planctónicos y bentónicos, reevaluar la biozonación con foraminíferos planctónicos y aportar datos sobre el ambiente de sedimentación en la Formación Cojímar

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un muestreo detallado en el hipoestratotipo 1 el cual se encuentra situado en el lado oriental del Hospital Naval (Figura 1). Cada 15 m se tomaron tres muestras y se identificaron debidamente para su posterior determinación. En el laboratorio, el material fue sumergido en agua corriente durante 24 h para su disgregación. Transcurrido ese tiempo, se procedió a introducir las en peróxido de hidrógeno, para la eliminación de arcilla. Las muestras se prepararon mediante la técnica de lavado con tamices

de malla de luz decreciente (1; 0,125; 0,8 y 0,063 mm). Luego fueron secadas en una estufa, a 80°C. Finalmente, se realizó la separación de los microfósiles, que fueron adheridos a los porta-objetivos con pegamento de tipo tragacanto, para su posterior determinación. El estudio cuantitativo se realizó en la segunda y tercera fracciones. Las muestras fueron analizadas en un microscopio estereoscópico Discovery V8 ZEISS®, con aumentos de 10x a 80x.

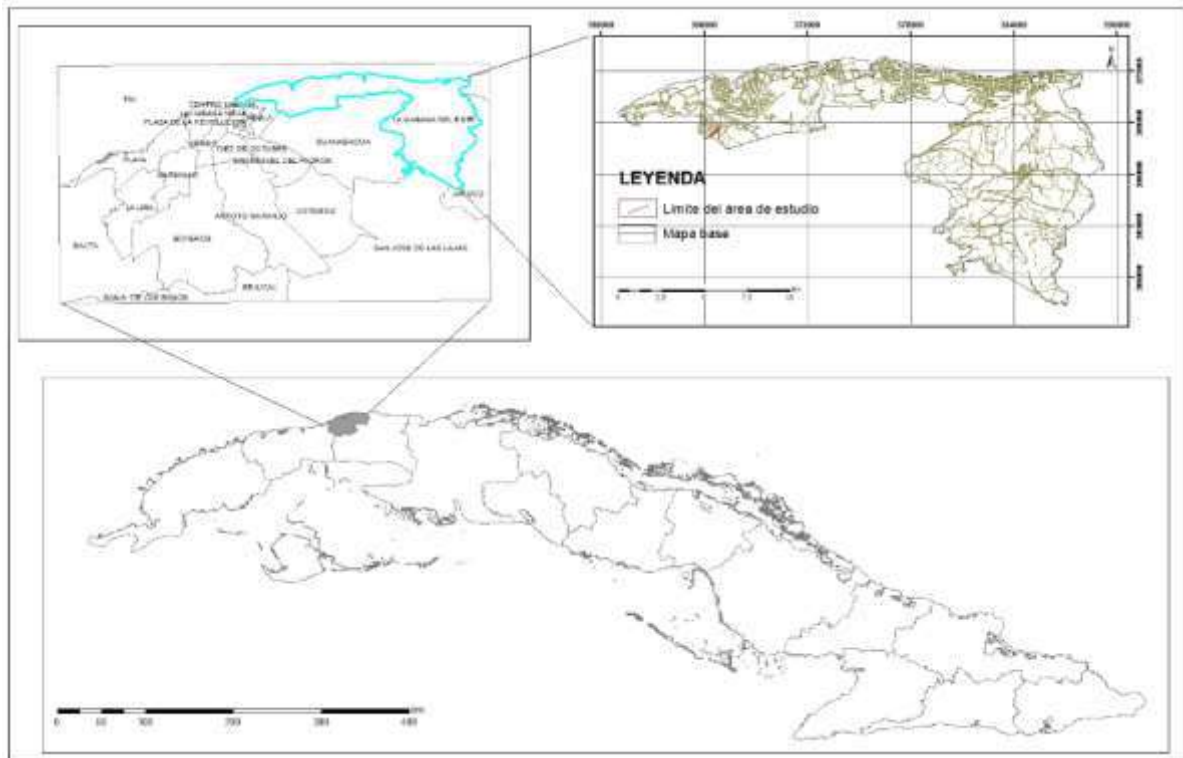


Figura 1. Ubicación geográfica del hipoestratotipo 1 de la Formación Cojímar.

Como parte del trabajo de gabinete se procedió a realizar una exhaustiva revisión de la literatura disponible relacionada con el tema (Palmer 1934, 1940a, 1940b, 1941a y 1941b; Bermúdez 1950; Brönnimann & Rigassi 1963; Iturralde 1969a y 1969b, Piotrowska et al. 1981; Albear & Iturralde-Vinent 1985; Linares & Zuazo 1985, Franco & Delgado 1998). Además, se consultó literatura especializada como Ellis & Messina (1940); Bermúdez (1949, 1961), el Léxico Estratigráfico de Cuba (Franco et al. 1992; De Huelbes 2013); Sansores & Flores-Covarrubias (1972); Stainforth et al. (1975); Bolli, Beckmann & Saunders (1994); Molina (1996); Boersma (1998); Franco & Delgado (1998); Murray (2006), Compendio de Geología de Cuba y del Caribe (Iturralde Vinent 2011); Jones (2014); Domínguez-Samalea, Pérez & Rojas (2015), así como la obra inédita *Características del Neógeno en el archipiélago cubano*, de Gutiérrez, Furrázola & Díaz.

La organización sistemática de las especies de foraminíferos planctónicos ha estado sustentada por la sistemática de Loeblich & Tappan (1988) y otras fuentes bibliográficas como Bolli, Saunders & Perch-Nielsen (1985); Iaccarino *et al.* (2007) y Boudagher-Fadel (2013). En este trabajo se ha asumido el esquema bioestratigráfico de Wade *et al.* (2011), que adopta biozonaciones y bioeventos calibrados contra la escala de tiempo de polaridad geomagnética y astronómica. La organización sistemática de las especies de foraminíferos bentónicos queda establecida según la clasificación de Pawlowski, Holzmann & Tyszka (2013). Para todas las especies de foraminíferos, tanto planctónicos como bentónicos, se consultaron bases de datos especializadas disponibles en internet, tales como:

<https://www.eol.org>;

<http://gni.globalnames.org/>;

<https://www.marinespecies.org/>;

<http://www.fossilworks.org>;

<http://www.ecosis.cu/>

<https://foraminifera.eu/>;

<http://www.biodiversitylibrary.org/>;

<https://www.mikrotax.org>

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Sistemática y Clasificación

De acuerdo con la sistemática de Bolli *et al.* (1985); Loeblich & Tappan (1988); Iaccarino *et al.* (2007) y Boudagher-Fadel (2013), se determinaron 40 taxa de foraminíferos planctónicos agrupados en tres superfamilias, cinco familias, dos subfamilias y 12 géneros (Información Complementar, A1). Según la clasificación establecida por Pawlowski *et al.* (2013) para foraminíferos bentónicos, se reportan 226 taxa, agrupados en seis órdenes, 26 superfamilias, 54 familias, 48 subfamilias y 102 géneros (Información Complementar, A2). En negrita se destacan los nuevos reportes micropaleontológicos para la formación estudiada. Se constataron que 39 taxa sufrieron cambios de nomenclatura y clasificación (Tabla 1).

Tabla 1. Cambios de nomenclatura y clasificación en los foraminíferos de la Formación Cojímar

NOMENCLATURA ORIGINAL	AUTOR	TIPO DE CAMBIO	NUEVA NOMENCLATURA O UBICACIÓN (SEGÚN CORRESPONDA)	AUTOR	REFERENCIAS
<i>Cibicides americana</i>	(Cushman 1918)	Sinonimia	<i>Hanzawaia americana</i>	(Cushman 1918)	Bolli et al. 1994, Sansores & Flores-Covarrubias 1972
<i>Cibicides carstensi</i>	Cushman & Ellisor 1939	Sinonimia	<i>Hanzawaia carstensi</i>	(Cushman & Ellisor 1939)	Bolli et al. 1994
<i>Cibicides concentricus</i>	(Cushman 1918)	Sinonimia	<i>Cibicorbis concentricus</i>	(Cushman 1918)	Bolli et al. 1994
<i>Cibicides matanzasensis</i>	(Hadley 1934)	Sinonimia	<i>Cibicoides matanzasensis</i>	(Hadley 1934)	van Morkhoven et al. 1986 en Holbourn et al. 2013
<i>Cibicides mexicana</i>	Nuttall 1932	Sinonimia	<i>Cibicoides mexicanus</i>	(Nuttall 1932)	Holbourn et al. 2013
<i>Cibicides pseudoungerianus</i>	(Cushman 1931)	Sinonimia	<i>Cibicoides pachyderma</i>	(Rzehak 1886)	Holbourn et al. 2013
<i>Cibicides trinitatensis</i>	(Nuttall 1928)	Sinonimia	<i>Anomalinoidea trinitatensis</i>	(Nuttall 1928)	Bolli et al. 1994, Sansores & Flores-Covarrubias 1972
<i>Cibicorbis herricki</i>	Hadley 1934	Sinonimia	<i>Cibicorbis hitchcockae</i>	(Galloway & Wissler 1927)	Holbourn et al. 2013
<i>Chilostomella ovoidea</i>	Reuss 1850	Sinonimia	<i>Chilostomella czizeki</i>	(Reuss 1850)	Bolli et al. 1994
<i>Dentalina</i> aff. <i>D. communis</i>	d'Orbigny 1826	Sinonimia	<i>Laevidentalina</i> aff. <i>D. communis</i>	(d'Orbigny 1826)	Bolli et al. 1994
<i>Ellipsonodosaria</i> cf. <i>E. annulifera</i>	Cushman & Bermúdez 1936	Sinonimia	<i>Stilostomella</i> cf. <i>E. annulifera</i>	(Cushman & Bermúdez 1936)	Holbourn et al. 2013
<i>Ellipsonodosaria</i> cf. <i>E. matanzasa</i>	Palmer & Bermúdez 1936	Cambio de género	<i>Stilostomella matanzana</i>	(Palmer & Bermúdez 1936)	Bolli et al. 1994
<i>Ellipsonodosaria recta</i>	Palmer & Bermúdez 1936	Cambio de género	<i>Siphonodosaria recta</i>	(Palmer & Bermúdez 1936)	Bolli et al. 1994
<i>Ellipsonodosaria verneuili</i>	(d'Orbigny 1846)	Cambio de género	<i>Siphonodosaria verneuili</i>	(d'Orbigny 1846)	Bolli et al. 1994
<i>Eponides byramensis</i> var. <i>campester</i>	Palmer & Bermúdez 1941	Cambio de género	<i>Gyroidinoides byramensis</i> var. <i>campester</i>	(Palmer & Bermúdez 1941)	Bolli et al. 1994
<i>Globigerina altispira</i>	Cushman & Jarvis 1936	Cambio de género Sinonimia	<i>Dentoglobigerina altispira</i> <i>Dentoglobigerina altispira altispira</i> y <i>Globoquadrina altispira conica</i>	(Cushman & Jarvis 1936) (Cushman & Jarvis 1936) y Brönnimann & Resig (1971)	Bolli et al. 1985 Kennett & Srinivasan 1983
<i>Globigerina sacculifera</i>	Brady 1877	Sinonimia	<i>Globigerinoides sacculifer</i>	(Brady 1877)	Bermúdez 1961, Stainforth et al. 1975, Iaccarino et al. 2007
<i>Globigerinella aequilateralis</i>	Brady 1879	Sinonimia	<i>Hastigerina aequilateralis</i>	(Brady 1879)	Bolli et al. 1985

<i>Globigerinoides quadrilobatus quadrilobatus</i>	d'Orbigny 1846	Sinonimia	<i>Globigerinoides quadrilobatus</i>	(d'Orbigny 1846)	Iaccarino <i>et al.</i> 2007
<i>Globigerinoides quadrilobatus trilobus</i>	(Reuss 1850)	Sinonimia	<i>Globigerinoides trilobus</i>	(Reuss 1850)	Iaccarino <i>et al.</i> 2007
<i>Globoquadrina altispira</i>	(Cushman & Jarvis 1936)	Sinonimia	<i>Dentoglobigerina altispira</i>	(Cushman & Jarvis 1936)	Iaccarino <i>et al.</i> 2007
<i>Globorotalia cultrata</i>	(d'Orbigny 1839a)	Sinonimia	<i>Globorotalia menardii</i>	(d'Orbigny in Parker, Jones & Brady, 1865)	Hayward <i>et al.</i> 2019
<i>Globorotalia fohsi peripheroacuta</i>	Blow & Banner 1966	Sinonimia	<i>Globorotalia peripheroacuta</i>	Blow & Banner 1966	Iaccarino <i>et al.</i> 2007
<i>Guembelina cubensis</i>	Palmer 1934	Cambio de género	<i>Chiloguembelina cubensis</i>	(Palmer 1934)	Loeblich & Tappan 1988
<i>Gyroidina girardana</i>	Reuss 1851	Sinonimia	<i>Gyroidinoides girardanus</i>	(Reuss 1851)	Bolli <i>et al.</i> 1994
<i>Gyroidina soldanii</i> var. <i>altiformis</i>	Stewart & Stewart 1930	Cambio de género	<i>Gyroidinoides soldanii</i> var. <i>altiformis</i>	(Stewart & Stewart 1930)	Bolli <i>et al.</i> 1994
<i>Loxostomum mayori</i>	(Cushman 1922)	Sinonimia	<i>Loxostomina mayori</i>	(Cushman 1922)	Loeblich & Tappan 1988
<i>Nodosaria raphanistrum</i> var. <i>caribbeana</i>	Hedberg 1937a	Sinonimia	<i>Pyramidulina raphanistrum</i> var. <i>caribbeana</i>	(Hedberg 1937a)	Bolli <i>et al.</i> 1994
<i>Operculinoides cojimarensis</i>	Palmer 1934	Sinonimia	<i>Nummulites cojimarensis</i>	(Palmer 1934)	Loeblich & Tappan 1988
<i>Schenckiella petrosa</i>	(Cushman & Bermúdez 1937)	Sinonimia	<i>Martinottiella petrosa</i>	(Cushman y Bermúdez, 1937)	Bolli <i>et al.</i> 1994
<i>Sphaeroidinella seminulina</i>	(Schwager 1866)	Cambio de género	<i>Sphaeroidinellopsis seminulina</i>	(Schwager 1866)	Bolli <i>et al.</i> 1985
<i>Sigmoilina schlumbergeri</i>	Silvestri 1904	Sinonimia	<i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i>	(Silvestri 1904)	Loeblich & Tappan 1988
<i>Sigmoilina tenuis</i>	Czjzek 1848	Sinonimia	<i>Sigmoilinita tenuis</i>	(Czjzek 1848)	Loeblich & Tappan 1988
<i>Siphogerina senni</i>	Cushman & Renz 1941	Error ortográfico	<i>Siphogenerina senni</i>	Cushman & Renz 1941	Bolli <i>et al.</i> 1994
<i>Textularia concava</i>	Karrer 1868	Sinonimia	<i>Siphotextularia concava</i>	(Karrer 1868)	Holbourn <i>et al.</i> 2013, Sansores & Flores-Covarrubias 1972
<i>Turborotalia obesa</i>	Bolli 1957	Sinonimia	<i>Globorotalia obesa</i>	Bolli 1957	Stainforth <i>et al.</i> 1975
<i>Uvigerina compressa</i>	Palmer 1941	Sinonimia	<i>Compressigerina coartata</i>	Palmer 1941	Loeblich & Tappan 1988
<i>Uvigerina gardnerae</i> var. <i>cubana</i>	Hadley 1934	Sinonimia	<i>Uvigerina adelinensis</i>	Palmer & Bermúdez 1949	Bermúdez 1949, Holbourn <i>et al.</i> 2013
<i>Uvigerina pigmaea</i> var. <i>capayana</i>	Hedberg 1937a	Sinonimia	<i>Uvigerina carapitana</i>	Hedberg 1937a	Bermúdez 1949

Se reportan taxones de foraminíferos que no habían sido descritos anteriormente para la formación. Dentro de los planctónicos, se encuentran *Catapsydrax* cf. *C. dissimilis*, *Globigerinoides* cf. *G. obliquus*, *G. primordius* y *Hastigerina praesiphonifera*. En los bentónicos se reportan, *Planulina* cf. *P. mantaensis*, *Anomalinoides flintii*, *Amphistegina tuberculata*, *Dentalinoides*

sp. Como nuevo reporte para Cuba se encuentra el taxón *Gyroidinoides cibaoensis* (Figura 2).

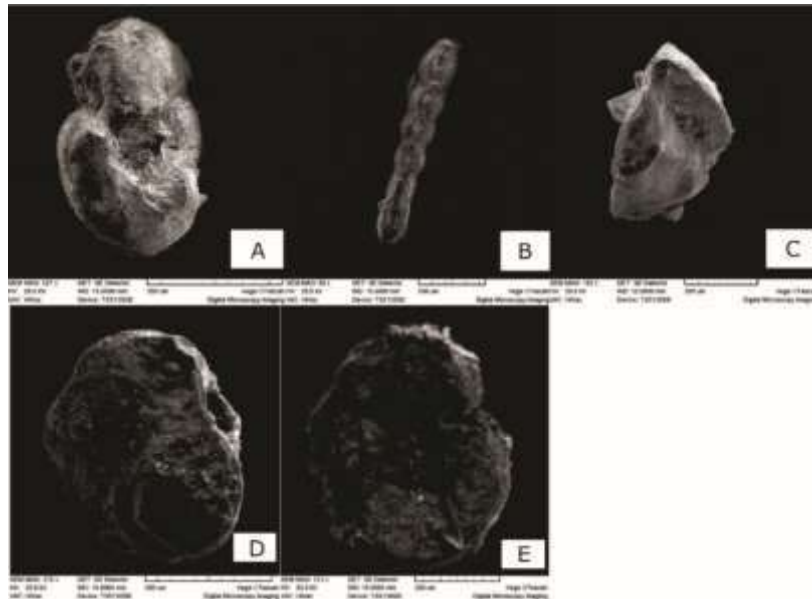


Figura 2. Fotomicrografías de foraminíferos de la Formación Cojímar: A) *Anomalinoidea flintii* Escala 200 μ . B) *Dentalinoidea* sp. Escala 500 μ . C) *Gyroidinoides cibaoensis* Escala 200 μ . D) y E) *Planulina* cf. *P. ariminensis* (Vista espiral y umbilical respectivamente). Escala 200 μ .

3.2. Descripción de la especie *Gyroidinoides cibaoensis*

Gyroidinoides cibaoensis (Bermúdez 1949) (Sarkar & Gupta 2009, Lám. 5, Figura. 6)

Gyroidina cibaoensis (Bermúdez 1949)

Referencia tipo: Bermúdez 1949. (Pág. 252, Lám. 17, Figuras. 61-63).

Descripción: Testa plano-convexa, lado dorsal plano, lado ventral moderadamente convexo, margen periférico redondeado; unas 15 cámaras forman toda la testis, las primeras son indistintas, 10 cámaras en la última vuelta, la superficie de la cámara casi plana dorsalmente; suturas estrechas, ligeramente oblicuas, al ras con la superficie, claramente visible tanto en la superficie dorsal como en la ventral; ombligo muy pequeño; pared gruesa, lisa, pulida y brillante, no visiblemente perforada; apertura alargada, en la base de la cara septal de la última cámara. Tamaño: Diámetro 0,62 mm. Altura 0,37 mm (Bermúdez 1949).

Distribución Estratigráfica y Paleoambiental: Mioceno Superior. Frecuente en los sedimentos de las formaciones Gurabo y Mao de República Dominicana (Bermúdez 1949). Bhaumik et al. (2007) plantea que esta especie se encuentra presente en bajas concentraciones de oxígeno (Gupta &

Thomas 1999; Gupta et al. 2008), suministro de alimentos limitado o en pulsos (Mackensen et al. 1995; De Rijk, Troelstra & Rohling 1999) y oligotrófica (Singh & Gupta 2004)

3.3. Biozonación

El análisis bioestratigráfico llevado a cabo en este trabajo ha permitido examinar la mayoría de las biozonas de foraminíferos planctónicos del Mioceno Inferior parte alta - Mioceno Medio parte baja, que figuran en el cuadro bioestratigráfico de Wade et al. (2011).

En las muestras estudiadas de la Formación Cojímar fueron reconocidas las biozonas siguientes que corresponden al Mioceno Medio:

- M4a *C. dissimilis* (17,62 Ma), marcada por la última aparición de *C. dissimilis* y *Dentoglobigerina venezuelana* como marcador de zona de rango parcial dentro de la biozona M4a, las cuales corresponden al Mioceno Inferior parte alta.
- M6 *Orbulina suturalis* (15,10 Ma)
- M7 *Fohsella peripheroacuta* (14,23 Ma), marcada por la primera aparición de *F. peripheroacuta*.
- M8 *Fohsella praefohsi* (13,74 Ma)
- Biozona *Fohsella fohsi*, que coincide con lo reportado por Albear & Iturralde-Vinent (1985) y Linares & Zuazo (1985).

Debido a que no se pudo seguir el registro bioestratigráfico continuo de *F. fohsi*, no fue posible definir el tope y la base de dicha biozona. No fueron registradas las biozonas M5a *Praeorbulina sicana* y M5b *Praeorbulina glomerosa*. Esto pudiera deberse a que el muestreo fue realizado en un solo afloramiento, por lo que no se descarta la posibilidad de que estas especies estén presentes en otros afloramientos de la formación.

3.4. Paleoambiente

Los ambientes marinos se clasifican tanto por su profundidad y distancia a la costa como las comunidades biológicas (biocenosis) que los ocupan (Corbí 2010).

En las últimas décadas, algunos autores han sugerido que existe una relación directa entre la forma de la concha de los foraminíferos bentónicos y el microhábitat en que estos se desarrollan, es decir, su modo de vida (Corbí 2010). De acuerdo con estos criterios, las especies trocoespiraladas

redondeadas, biconvexas o planoconvexas son características de un modo de vida epifaunal, mientras que las planiespiraladas redondeadas, esféricas, aplanadas ovoides, ahusadas-cilíndricas y aplanadas-ahusadas tienen modo de vida infaunal. Bernard (1986) -citado en Corbí 2010- plantea que la distribución de los morfogrupos infaunales y epifaunales puede ser indicativa de las condiciones de oxigenación del fondo, de modo que la abundancia de foraminíferos infaunales dentro de una asociación puede ser un indicador de condiciones de baja oxigenación sobre el fondo marino.

En las Tablas 2 y 3 se muestran los foraminíferos bentónicos de la Formación Cojímar, agrupados según el morfogrupo y microhábitat al que pertenecen.

Tabla 2. Foraminíferos bentónicos registrados en la Formación Cojímar correspondientes a los morfogrupos que pertenecen al microhábitat (modo de vida) epifaunal – infaunal somero

Trocoespiralado planoconvexo	<i>Cancris nuttalli</i> , <i>Cancris cubensis</i> , <i>Carpenteria</i> sp., <i>Cibicorbis herricki</i> , <i>Discorbinella floridensis</i> , <i>Discorbis corrugata</i> , <i>Hanzawaia americana</i> , <i>Gyroidinoides byramensis</i> var. <i>campester</i> , <i>Planulina</i> cf. <i>P. mantaensis</i> , <i>Planulina mexicana</i>
Trocoespiralado biconvexo	<i>Amphistegina angulata</i> , <i>Amphistegina lessonii</i> , <i>Amphistegina tuberculata</i> , <i>Cibicides candei</i> , <i>Cibicides carstensi</i> , <i>Cibicides</i> cf. <i>C. lobatula</i> , <i>Cibicides nucleatus</i> , <i>Cibicides pseudoungerianus</i> , <i>Cibicides subtenuissimus</i> , <i>Eponides antillarum</i> , <i>Eponides crebbsi</i> , <i>Eponides jucundus</i> , <i>Eponides nanus</i> , <i>Eponides praecintus</i> , <i>Eponides umbonatus</i> var. <i>ecuadorensis</i> , <i>Eponides umbonatus</i> var. <i>multisepta</i> , <i>Lenticulina arcuatostrata</i> , <i>Lenticulina arcuatostrata</i> var. <i>caroliniana</i> , <i>Lenticulina</i> cf. <i>L. articulata</i> , <i>Lenticulina calcar</i> , <i>Lenticulina clericii</i> , <i>Lenticulina convergens</i> , <i>Lenticulina crepidula</i> , <i>Lenticulina cultrata</i> , <i>Lenticulina</i> cf. <i>L. cushmani</i> , <i>Lenticulina dicampyla</i> , <i>Lenticulina formosa</i> , <i>Lenticulina helena</i> , <i>Lenticulina inornata</i> , <i>Lenticulina peregrina</i> var. <i>matanzana</i> , <i>Lenticulina schwageri</i> , <i>Lenticulina subaculeata</i> var. <i>glabrata</i> , <i>Lenticulina subaculeata</i> var. <i>yumuriana</i> , <i>Lenticulina sublituus</i> , <i>Lenticulina</i> cf. <i>L. submamilligera</i> , <i>Siphonina cojimarensis</i> , <i>Siphonina pulchra</i> , <i>Siphoninella soluta</i>
Trocoespiralado redondeado	<i>Baggina cojimarensis</i> , <i>Epistomaria?</i> <i>cubana</i> , <i>Gyroidinoides cibaoensis</i> , <i>Gyroidina girardana</i> , <i>Gyroidina soldanii</i> var. <i>altiformis</i> , <i>Valvulineria araucana</i> , <i>Valvulineria inaequalis</i> , <i>Tretomphalus atlanticus</i>
Miliólido	<i>Sigmoilinita tenuis</i> , <i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i>
Planiespiralado redondeado	<i>Anomalinoidea flintii</i> , <i>Anomalinoidea trinitatensis</i> , <i>Elphidium</i> cf. <i>E. articulatum</i> , <i>Elphidium</i> cf. <i>E. fimbriatulum</i> , <i>Elphidium sagrum</i> , <i>Melonis</i> sp., <i>Nonion grateloupi</i> , <i>Nonion pompilioides</i>

Tabla 3. Foraminíferos bentónicos registrados en la Formación Cojímar correspondientes a los morfogrupos que pertenecen al microhábitat (modo de vida) infaunal profundo

Esférico	<i>Gypsina discus</i> , <i>Pullenia quinqueloba</i> , <i>Sphaeroidina bulloides</i> , <i>Sphaerogypsina globulus</i>
Ovoide aplanado	<i>Cassidulina carapitana</i> , <i>Cassidulina crassa</i> , <i>Cassidulina laevigata</i> var. <i>carinata</i> , <i>Cassidulina palmerae</i> var. <i>intermedia</i> , <i>Cassidulina subglobosa</i> , <i>Chilostomella ovoidea</i> , <i>Planorbulinella larvata</i> var. <i>cojimarensis</i>
Ahusado y cilíndrico	<i>Angulogerina cojimarensis</i> , <i>Angulogerina eximia</i> , <i>Angulogerina ilingi</i> , <i>Angulogerina porrecta</i> var. <i>fimbriata</i> , <i>Angulogerina selseyensis</i> , <i>Angulogerina yumuriana</i> , <i>Barbourinella atlántica</i> , <i>Barbourinella nipeensis</i> , <i>Bermudezina pariana</i> , <i>Bigenerina dominicana</i> , <i>Bigenerina floridana</i> , <i>Bulimina affinis</i> , <i>Bulimina bleeckeri</i> , <i>Bulimina</i> cf. <i>B. inflata</i> , <i>Buliminella</i> cf. <i>B. elegantissima</i> , <i>Cassidulinoides bradyi</i> , <i>Chrysalidinella cubensis</i> , <i>Chrysalidinella dimorpha</i> , <i>Chrysalogonium breviloculum</i> , <i>Clavulina bradyi</i> , <i>Clavulinoides jarvisi</i> , <i>Compressigerina coartata</i> , <i>Cuneolina cojimarensis</i> , <i>Dentalina</i> aff. <i>D. communis</i> , <i>Dentalina quadrulata</i> , <i>Dorothia cylindrica</i> , <i>Ehrenbergina bermudezi</i> , <i>Ehrenbergina navalis</i> , <i>Ehrenbergina spinea</i> , <i>Gaudryina atlantica</i> , <i>Gaudryina jarvisi</i> , <i>Globobulimina pacifica</i> , <i>Karrerella bradyi</i> , <i>Karrerella mexicana</i> , <i>Liebusella intermedia</i> , <i>Liebusella soldanii</i> , <i>Marginulina aculeata</i> , <i>Marginulina</i> aff. <i>M. hirsuta</i> , <i>Marginulina alazanensis</i> , <i>Marginulina cubana</i> , <i>Marginulina dubia</i> , <i>Marginulina mexicana</i> var. <i>vaginata</i> , <i>Marginulina subbullata</i> , <i>Matanzia bermudezi</i> , <i>Nodosaria</i> cf. <i>N. japonica</i> , <i>Nodosaria hadleyi</i> , <i>Nodosaria longiscata</i> , <i>Nodosaria nuttalli</i> , <i>Nodosaria pyrula</i> , <i>Nodosaria vertebralis</i> , <i>Pleurostomella alternans</i> , <i>Pseudoclavulina alazanensis</i> , <i>Pseudoclavulina mexicana</i> , <i>Pseudoglandulina comatula</i> , <i>Pseudoglandulina conica</i> , <i>Pyramidulina raphanistrum</i> var. <i>caribbeana</i> , <i>Ramulina</i> sp., <i>Rectobolivina mexicana</i> , <i>Reusella spinulosa</i> , <i>Reusella yumuriana</i> , <i>Saracenaria</i> cf. <i>S. schencki</i> , <i>Saracenaria italica</i> , <i>Schenckiella cojimarensis</i> , <i>Schenckiella petrosa</i> , <i>Sigmomorphina</i> sp., <i>Siphogenerina senni</i> , <i>Siphogenerina transversa</i> , <i>Siphogenerina transversa</i> , <i>Siphotextularia concava</i> , <i>Sporadotrema</i> sp., <i>Textularia calva</i> var. <i>cojimarensis</i> , <i>Textularia</i> cf. <i>T. dentimarginata</i> , <i>Textularia</i> cf. <i>T. grenadana</i> , <i>Textularia lallickeri</i> , <i>Textularia lateralis</i> , <i>Textularia mississippiensis</i> var. <i>alazanensis</i> , <i>Textularia nipeensis</i> , <i>Textularia yumuriana</i> , <i>Trifarina bradyi</i> , <i>Uvigerina capayana</i> , <i>Uvigerina carapitana</i> , <i>Uvigerina coartata</i> , <i>Uvigerina cubana</i> , <i>Uvigerina gardnerae</i> var. <i>cubana</i> , <i>Uvigerina pigmaea</i> var. <i>capayana</i> , <i>Uvigerina pigmea</i> , <i>Uvigerina porrecta</i> var. <i>fimbriata</i> , <i>Uvigerina rustica</i> , <i>Vulvulina pachyheilus</i>
Ahusado y aplanado	<i>Bolivina acerosa</i> , <i>Bolivina alazanensis</i> , <i>Bolivina alazanensis</i> var. <i>hadleyi</i> , <i>Bolivina</i> cf. <i>B. beyrichi</i> , <i>Bolivina</i> cf. <i>B. imbricata</i> , <i>Bolivina floridana</i> , <i>Bolivina imporcata</i> , <i>Bolivina mexicana</i> , <i>Bolivina tongi</i> , <i>Bolivina tortuosa</i> , <i>Bolivinella</i> cf. <i>B. elegans</i> , <i>Bolivinella</i> cf. <i>B. subpectinata</i> , <i>Frondicularia sagittula</i> var. <i>cojimarensis</i> , <i>Frondicularia sagittula</i> var. <i>yumuriana</i> , <i>Loxostomum limbatum</i> var. <i>costulatum</i> , <i>Loxostomum mayori</i> , <i>Palmula caribbeana</i> , <i>Palmula cubana</i> , <i>Planularia cushmani</i> , <i>Planularia cushmani</i> var. <i>ornata</i> , <i>Planularia danvillensis</i> , <i>Planularia torrei</i> , <i>Plectofrondicularia californica</i> , <i>Plectofrondicularia morreyae</i> , <i>Plectofrondicularia trinitatensis</i> , <i>Plectofrondicularia yumuriana</i> , <i>Polymorphina frondea</i> var. <i>yumuriana</i> , <i>Vaginulina alazanensis</i> , <i>Vaginulina elegans</i> var. <i>mexicana</i> , <i>Vertebralina</i> sp., <i>Virgulina</i> cf. <i>V. pontoni</i> , <i>Virgulina fusiformis</i> var. <i>yumuriana</i>

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos en la Formación Cojímar están constituidas por morfogrupos mixtos infaunales y epifaunales, en los que predominan los morfogrupos infaunales, indicando esto condiciones de baja oxigenación sobre el fondo, tal como se mencionó anteriormente. Asimismo, dichas asociaciones, están dominadas por especies típicas de ambientes

nerítico externo a batial superior, como *Bolivina floridana*, *Cancris nuttalli*, *Cibicidoides matanzasensis*, *Cibicidoides* sp., *Cibicorbis herricki*, *Gyroidinoides byramensis* var. *campester*, *Planulina mantaensis*, *P. mexicana*, *Pullenia quinqueloba*, *Sigmoilopsis schlumbergeri*, *Trifarina bradyi*, *Cibicidoides mexicanus*, *Karreriella bradyi*, *Sphaeroidina bulloides* y *Uvigerina pigmea*. Además, se encuentran reportadas las especies *Eponides antillarum* y *Nonion grateloupi*, características de ambientes nerítico interno.

Las asociaciones de *Amphistegina lessonii*, *Bolivina imporcata*, *Cassidulina crassa*, *C. laevigata* y *C. subglobosa*, presentes en zonas nerítica media y, por último, los taxa *G. byramensis* var. *campester*, *P. mantaensis* y *Rectuvigerina transversa* son exclusivos de ambiente batial superior (van Morkhoven, Berggren & Edwards 1986; Holbourn, Henderson & Macleod 2013; Aubry & Berggren 2011).

Estos datos indican que los sedimentos del Mioceno Inferior parte alta - Mioceno Medio parte baja de la Formación Cojímar fueron depositados en dos ambientes: nerítico y batial superior, entre profundidades de 100 m–500 m (Tabla 4).

Tabla 4. Distribución batimétrica de los foraminíferos bentónicos de la Formación Cojímar

Taxa	Nerítico interno	Nerítico medio	Nerítico externo	Batial superior	Batial medio	Batial inferior	Abisal	Referencias
<i>Amphistegina lessonii</i>		██████████						Aubry y Berggren 2011
<i>Bolivina floridana</i>			██████████					Aubry y Berggren 2011
<i>Bolivina imporcata</i>		██████████						Aubry y Berggren 2011
<i>Cancris nuttalli</i>				██████████				Aubry y Berggren 2011
<i>Cassidulina crassa</i>		██████████						Aubry y Berggren 2011
<i>Cassidulina laevigata</i>		██████████						Aubry y Berggren 2011
<i>Cassidulina subglobosa</i>		██████████						Aubry y Berggren 2011
<i>Cibicides lobatulus</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	Holbourn et al. 2013
<i>Cibicidoides matanzasensis</i>		██████████	██████████	██████████	██████████			van Morkhoven et al. 1986
<i>Cibicidoides mexicanus</i>					██████████	██████████		Holbourn et al. 2013
<i>Cibicidoides sp.</i>			██████████	██████████				van Morkhoven et al. 1986
<i>Cibicorbis herricki</i>			██████████	██████████				van Morkhoven et al. 1986
<i>Eponides antillarum</i>	██████████							Aubry y Berggren 2011
<i>Karrieniella bradyi</i>				██████████	██████████	██████████	██████████	Holbourn et al. 2013
<i>Matanzia bermudezi</i>				██████████	██████████	██████████		van Morkhoven et al. 1986
<i>Gyroidinoides byramensis</i> var. <i>campester</i>				██████████	██████████			van Morkhoven et al. 1986
<i>Nonion grateloupi</i>	██████████							Aubry y Berggren 2011
<i>Planulina mantaensis</i>				██████████	██████████			Aubry y Berggren 2011
<i>Planulina mexicana</i>			██████████	██████████				van Morkhoven et al. 1986
<i>Pullenia quinqueloba</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	Holbourn et al. 2013
<i>Rectuvigerina transversa</i>				██████████	██████████			van Morkhoven et al. 1986
<i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	Holbourn et al. 2013
<i>Sphaeroidina bulloides</i>				██████████	██████████			van Morkhoven et al. 1986
<i>Trifarina bradyi</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	Holbourn et al. 2013
<i>Uvigerina carapitana</i>				██████████	██████████	██████████		Holbourn et al. 2013
<i>Uvigerina pigmea</i>				██████████	██████████			Holbourn et al. 2013

Estos resultados corroboran los reportes de Piotrowska *et al.* (1981), Albear & Iturralde-Vinent (1985) e Iturralde-Vinent (2011). Los citados autores refieren el ambiente de sedimentación entre los 100 m y 300 m de profundidad; sin embargo, en el presente trabajo las asociaciones de foraminíferos bentónicos extienden el ambiente de sedimentación hasta los 500 m de profundidad.

De forma general, las testas de los foraminíferos analizadas presentan un buen estado de conservación, sin signos de abrasión o rotura, de modo que gran parte de las asociaciones registradas se pueden considerar como acumuladas.

4. CONCLUSIONES

- Se actualizó la clasificación y sistemática de las especies y categorías básicas superiores de foraminíferos planctónicos y bentónicos. Se obtuvo un listado de 40 especies de foraminíferos planctónicos y 226 especies de foraminíferos bentónicos.
- Se reportaron nuevas especies para la formación, tales como *C. cf. C. dissimilis*, *G. cf. G. obliquus*, *G. primordius*, *H. praesiphonifera*, *P. cf. P. mantaensis*, *A. flintii*, *A. tuberculata*, *Dentalinoides* sp. Se obtiene *G. cibaoensis* como nuevo reporte para Cuba.
- Se reconocieron las biozonas de foraminíferos planctónicos siguientes: M4a *C. dissimilis*, M6 *O. suturalis*, M7 *F. peripheroacuta*, M8 *F. praefohsi* y por último la biozona correspondiente a *F. fohsi*.
- Se determinó la profundidad del ambiente de sedimentación para esta unidad entre 100 m – 500 m de profundidad.
- Las asociaciones de foraminíferos bentónicos están compuestas por morfogrupos mixtos infaunales y epifaunales, en las que dominan las formas infaunales, lo que indica condiciones de baja oxigenación sobre el fondo.
- Estos resultados contribuyen a la actualización del Léxico Estratigráfico de Cuba.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Lic. Carlos Toledo por la ayuda brindada en la toma de las fotomicrografías en el Microscopio Electrónico de Barrido. Y a las Lic. Silvia Blanco Bustamante y Lic. Maria Teresa Coppola por sus sabios y oportunos consejos en la edición temprana de este trabajo.

6. REFERENCIAS

- Aubry, M.P. & Berggren, W.A. 2011: Course presented at PDVSA, El Chaure, on Applied Micropaleontology, 31 October to 4 November.
- Albear, J.F. De & Iturralde-Vinent, M. 1985: Estratigrafía de las provincias de La Habana. *Contribución a la Geología de las provincias de La Habana y Ciudad de La Habana*. Editorial Científico Técnica, La Habana, 12 - 54.
- Bermúdez, P.J. 1949: Tertiary Smaller Foraminifera of the Dominican Republic. *Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, Special Publications*. 25: 1-322.
- Bermúdez, P.J. 1950: Contribución al estudio del Cenozoico Cubano: *Memorias de la Sociedad Cubana Historia Natural*, 19(3): 205-375.

- Bermúdez, P.J. 1961: Contribución al estudio de las Globigerinidea de la región Caribe - Antillana (Paleoceno - Reciente): Memoria del III Congreso Geológico Venezolano, 3. *Boletín de Geología*, Publicación Especial, 1119 - 1393.
- Bhaumik, A.K., Gupta, A.K., Sundar, R.M., Mohan, K., Soma De & Sarkar, S. 2007: Paleooceanographic evolution of the northeastern Indian Ocean during the Miocene: Evidence from deep-sea benthic foraminifera (DSDP Hole 216A). *Indian Journal of Marine Sciences*, 36(4): 332-341.
- Boersma, A. 1998: Calcareous Microfossils. Foraminifera. En: Haq, U.B., Boersma, A., *Introduction to Marine Micropaleontology*, Elsevier, 19-77.
- Bolli, H.M., Saunders, J.B. & Perch-Nielsen, K. 1985: *Plankton Stratigraphy*. Cambridge: Cambridge University Press, 597 pp.
- Bolli, H.M., Beckmann, J.P. & Saunders, J.B., 1994: *Benthic foraminiferal biostratigraphy of the south Caribbean region*. Cambridge: Cambridge University Press, 408 pp.
- Boudagher-Fadel, M. 2013: The Cenozoic planktonic foraminifera: The Neogene. In *Biostratigraphic and Geological Significance of Planktonic Foraminifera*. London: UCL Press. 203-270. <<http://dx.doi.org/10.14324/99.1>>, consulta: Marzo, 2020.
- Bronnimann, P. & Rigassi, D. 1963: Contribution to the geology and paleontology of the area of the city of La Habana, Cuba and its surroundings. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 56(1): 193-430.
- Corbí, H.A. 2010: Los foraminíferos de la Cuenca Neógena del Bajo Segura (Sureste de España): Bioestratigrafía y cambios paleoambientales en relación con la crisis de salinidad del Mediterráneo. Tesis de Doctorado. Universidad de Alicante. España <rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/14976/1/Tesis_Corbi.pdf>, consulta: Marzo, 2020.
- De Huelbes, J. 2013: *Léxico Estratigráfico de Cuba*. Centro Nacional de Información Geológica (CNDIG). La Habana. 573 p. ISBN: 978-959-7117-58-2.
- De Rijk, S., Troelstra, S.R. & Rohling, E.J. 1999: Benthic foraminiferal distribution in the Mediterranean Sea. *Journal of Foraminiferal Research*, 29: 93-103.
- Domínguez-Samalea, Y. Pérez, E.L.M. & Rojas, R. 2015: Paleoecología de los foraminíferos en la Formación Cojímar, provincia Habana, Cuba. En: XI Congreso Cubano de Geología Estratigrafía y Paleontología. Memorias. La Habana, Cuba, 4-8 mayo, 635- 672.
- Drinia, H. Antonarakou, A., Tsaparas, N. & Dermitzakis, M.D. 2007: Foraminiferal stratigraphy and palaeoecological implications in turbidite-

- like deposits from the Early Tortonian (Late Miocene) of Greece. *Journal of Micropaleontology*, 26: 145-158.
- Gebhardt, H. 1999: Middle to Upper Miocene benthonic foraminiferal palaeoecology of the Tap Marls (Alicante Province, SE Spain) and its palaeoceanographic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 145: 141-156.
- Gupta, A.K. & Thomas, E. 1999: Latest Miocene–Pleistocene productivity and deep-sea ventilation in the northwestern Indian Ocean (DSDP Site 219). *Paleoceanography*, 14: 62–73.
- Gupta, A.K., Sundar Raj, M., Mohan, K. & De, S. 2008: A major change in monsoon-driven productivity in the tropical Indian Ocean during ca 1.2–0.9 Myr: foraminiferal faunal and stable isotope data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 261: 234–245.
- Ellis, B.F. & Messina, A.R. 1940: *Catalogue of Foraminifera (and supplements)*. Special Publications American Museum of Natural History. Micropaleontology Press.
- Franco, G.L. *et al.* 1992: *Léxico Estratigráfico de Cuba*. La Habana. Editorial Centro de Nacional de Información Geológica.
- Franco, G.L. & Delgado, R.D. 1998: Sistema Neógeno, *en*: Furrázola-Bermúdez, G., Núñez-Cambra, K., (Editores). *Estudios sobre Geología de Cuba*. La Habana. Instituto de Geología y Paleontología. Centro Nacional de Información Geológica.
- Gupa, A.K., Singh, R.K. & Verma, S. 2013: Deep-sea palaeoceanographic evolution of the Eastern Indian Ocean during the late Oligocene–Pleistocene: species diversity trends in benthic foraminifera. *Current Science*, 104(7): 1-7.
- Hayward, B.W., Le Coze, F., Vachard, D. & Gross, O. 2019: World Foraminifera Database. *Globorotalia (Globorotalia) cultrata* (d'Orbigny, 1839). Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=926313> on 2019-12-06
- Hayward, B.W., Le Coze, F., Vachard, D., Gross, O. 2020: World Foraminifera Database. Accessed at <http://www.marinespecies.org/foraminifera> on 2020-09-01. doi:10.14284/305
- Holbourn, A., Henderson, A.S. & Macleod, N. 2013: *Atlas of Benthic Foraminifera*, <<http://bookzz.org/book/2149772/6712c9>>, consulta: Febrero, 2020.
- Hohenegger, J., Rögl, F., Ćorić, S., Pervesler, P., Lirer, F., Roetzel, R., Scholger, R. & Stingl, K. 2009: The Styrian Basin: a key to the Middle Miocene (Badenian/Langhian) Central Paratethys transgressions. *Austrian Journal of Earth Sciences*, 102:102-132.

- Holcová, K. & Zágoršek, K. 2008: Bryozoa, Foraminifera and calcareous nannoplankton as environmental proxies of the "bryozoan event" in the Middle Miocene of the Central Paratethys (Czech Republic). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 267(3): 216-234.
<http://gni.globalnames.org/>, Global Names Index, consulta: Febrero, 2020.
<http://www.biodiversitylibrary.org/>. BHL. Biodiversity Heritage Library. Consulta: Febrero, 2020.
http://www.ecosis.cu/biocuba/biodiversidadcuba/03_protozoa/protozoa.htm, Instituto de Ecología y Sistemática. Consulta: Febrero, 2020.
<http://www.mikrotax.org/pforams>: Young, J.R., Wade, B.S., & Huber B.T. (Eds) pforams@mikrotax, consulta: Febrero, 2020.
<https://www.eol.org/> Encyclopedia of Life. Accessed: 15 February 2020.
<http://www.foraminifera.eu/>. Foraminifera.eu Project Database. Accessed at <http://www.foraminifera.eu/single.php?no=&aktion=suche> on 2020-3-3
<https://www.marinespecies.org/>. World Register of Marine Species. Consulta: Febrero, 2020.
<http://www.fossilworks.org/>. Kiessling, W. 2003: Taxonomic occurrences of Foraminifera recorded in the Paleobiology Database. Fossilworks., consulta: Febrero, 2020.
- Iaccarino, S.M., Premoli-Silva, I., Biolzi, M., Foresi, L.M., Lirer, F., Turco, E. & Petrizzo, M.R. 2007: *Practical manual of Neogene planktonic foraminifera*. Perugia, International school on planktonic foraminifera, 6th course, Università degli Studi di Perugia, 140 pp.
- Iturralde, M. 1969a: El Neógeno de la provincia de Matanzas, *Publicación Especial Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos*, (7): 3-30.
- Iturralde, M. 1969b: Principal characteristics of Cuban Neogene stratigraphy. *AAPG Bulletin*, 53(9): 1938-1955.
- Iturralde-Vinent, M. A. 2011: Geología del Eoceno Superior al Holoceno, en: Compendio de Geología de Cuba y del Caribe. Segunda Edición [DVD-ROM]. La Habana, Editorial CITMATEL.
- Jones, R.W. 2014: Foraminifera and their applications. Cambridge University Press, 391pp. <<http://bookzz.org/book/2339240/86fa87>>, consulta: Marzo, 2015.
- Kennett, J.P. & Srinivasan, M.S. 1983: *Neogene Planktonic Foraminifera*. Hutchinson Ross Publishing Co., Stroudsburg, Pennsylvania. 1-265.
- Linares, E. & Zuazo, A. 1985: Neógeno en Pinar del Río. Unidades litoestratigráficas del Neógeno. *Minería y Geología*, (3): 8-22.
- Loeblich, A.R. & Tappan H.N. 1988: *Foraminiferal general and their classification*. New York. Van Nostrand Reinhold. 2 Vol.

- Mackensen, A., Schmiedl, G., Harloff, J. & Giese, M. 1995: Deep-sea foraminifera in the South Atlantic Ocean: ecology and assemblage generation. *Micropaleontology*, 41: 342–358.
- Molina, E. 1996: El análisis tafonómico en micropaleontología: particularidades tafonómicas de los microfósiles, *en*: Comunicación de la II Reunión de Tafonomía y Fossilización, 241-246.
- Molina, E. 2004: *Micropaleontología*. 2da Edición Zaragoza. Prensas Universitarias de Zaragoza. 704 pp.
- Murray, J.W. 2006: Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge: Cambridge University Press, 426 p. <<http://bookzz.org/book/1269743/55865a>>, consulta: Marzo, 2020.
- Nouradini, M., Hamidreza, S.A., Hamad, M., Yazdi, M & Reza, A.A. 2015: Foraminiferal paleoecology and paleoenvironmental reconstructions of the lower Miocene deposits of the Qom Formation in Northeastern Isfahan, Central Iran. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(1): 59-73.
- Palmer, D.K. 1940a: Foraminifera of the Upper Oligocene Cojimar formation of Cuba, Part 2. *Sociedad Cubana de Historia Natural, Memorias*, 14 (2): 113–132.
- Palmer, D.K. 1940b: Foraminifera of the Upper Oligocene Cojimar formation of Cuba, Part 3. *Sociedad Cubana de Historia Natural, Memorias*, 14 (4): 277–303.
- Palmer, D.K. 1941a: Foraminifera of the Upper Oligocene Cojimar formation of Cuba, Part 4. *Sociedad Cubana de Historia Natural, Memorias*, 15 (2): 181-200.
- Palmer, D.K. 1941b: Foraminifera of the Upper Oligocene Cojimar formation of Cuba, Part 5. *Sociedad Cubana de Historia Natural, Memorias*, 15 (3): 281–306.
- Palmer, R.H. 1934: The geology of Habana, Cuba and vicinity. *Journal of Geology*, 24 (2): 123–145.
- Pawlowski, J., Holzmann, M. & Tyszka, J. 2013: New supraordinal classification of Foraminifera: Molecules meet morphology, *Marine Micropaleontology*, 100: 1-10. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.marmicro.2013.04.002>>, consulta: Febrero, 2020.
- Piotrowska, K., Pszczolkowski, A., Piotrowski, J., Myczynski, R., Rudnicki, J., Kusniarski, N., Peñalver, L. L., Franco, G. L., Perez, N. & Albear, J. F. DE 1981: Texto explicativo para el mapa geológico a escala 1:250 000 de la provincia de Matanzas. Brigada Cubano-Polaca. Inst. Geol. Paleont., Minist. Indust. Bas., La Habana.
- Ravichandran, M., Lakshumanan, C., Sajimol, S. & Ramki, P. 2020: Palaeoproductivity changes from Anthakara Nazhi beach sediment, West

- Coast of India. *Earth Science India*, 13(2): 51-61.
<https://doi.org/10.31870/ESI.13.2.2020.5>
- Sansores, J.C. & Flores-Covarrubias, C. 1972: *Foraminíferos bentónicos del terciario superior de la cuenca salina del istmo de Tehuantepec*, Mex. Vol 1 y 2, México, Instituto Mexicano del Petróleo.
- Sarkar, S., De, S. & Gupta, A.K. 2009: Late Quaternary benthic foraminifera from OceanDrilling Program Hole 716A, Maldives Ridge, southeastern Arabian Sea. *Micropaleontology*, 55: 23-48.
- Smart, C.W., Thomas, E. & Ramsay, A.T.S. 2007: Middle-late Miocene benthic foraminifera in a western equatorial Indian Ocean depth transect: paleoceanographic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 247: 402-420.
- Stainforth, R.M., Lamb, J.L., Luterbacher, H.P., Beard, J.H. & Jeffords, R.M. 1975: Cenozoic planktonic foraminiferal zonation and characteristics of index forms. Appendix. *Paleontological Contribution, University of Kansas*. 62: 163-425.
- Singh, R.K. & Gupta, A.K. 2004: Late Oligocene-Miocene paleoceanographic evolution of the southeastern Indian Ocean: evidence from deep-sea benthic foraminifera (ODPSite 757). *Marine Micropaleontology*, 51: 153-170.
- Van Morkhoven, F.P.C.M., Berggren, W.A. & Edwards, A.S. 1986: Cenozoic Cosmopolitan Deep-Water Benthic Foraminifera. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*. Memoire 11, Pau, 421 p.
- Wade, B.S., Pearson, P.N., Berggren, W.A. & Pälike, H. 2011: Review and revision of Cenozoic tropical planktonic foraminiferal; biostratigraphy and calibration against the geomagnetic polarity and astronomical time scale. *Earth-Science Reviews*, 104: 111-42. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825210001157>>, consulta: Marzo, 2020.
- Zágoršek, K., Holcová, K., Nehyba, S., Kroh, A. & Hladilova, Š. 2009: The invertebrate fauna of the Middle Miocene (Lower Badenian) sediments of Kralice and Oslavou (Central Paratethys, Moravian part of the Carpathian Foredeep). *Bulletin of the Geosciences*, 84(3): 465-496.

Información adicional

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

YDS: Participó en el muestreo y procesamiento de las muestras en el laboratorio, en la identificación, clasificación, actualización de la sistemática y determinación del paleoambiente de las especies de foraminíferos bentónicos pequeños. También, en la determinación de las biozonas de foraminíferos planctónicos y en la redacción del manuscrito. LMPE: Participó en la identificación, clasificación, actualización de la sistemática y determinación del paleoambiente de las especies de foraminíferos bentónicos pequeños como especialista principal de este grupo de microfósiles. Además, en la determinación de las biozonas de foraminíferos planctónicos. RRC: Participó en la toma de muestras en la formación estudiada, aportó valiosa información sobre la geología y estudios previos realizados en dicha unidad litoestratigráfica y contribuyó en la corrección y mejora del manuscrito.

ORCID

YDS, <https://orcid.org/0000-0003-2262-5135>

LMPE, <https://orcid.org/0000-0003-1804-7096>

RRC, <https://orcid.org/0000-0003-1572-2527>

Recibido: 11/03/2021

Aceptado: 10/09/2021