

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ACTUALIZACIÓN Y PALEOECOLOGÍA DE FORAMINÍFEROS DE LA COLECCIÓN UCV DR. PEDRO JOAQUÍN BERMÚDEZ (Cretácico Superior a Reciente de la región Caribe-Antillana y Golfo de México)

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Gudiño M., Angélica del C.
Mendoza C., María E.
Mijares J., Harimar B.
Para optar al Título
de Ingeniera Geóloga

Caracas, noviembre 2009

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ACTUALIZACIÓN Y PALEOECOLOGÍA DE FORAMINÍFEROS DE LA COLECCIÓN UCV DR. PEDRO JOAQUÍN BERMÚDEZ (Cretácico Superior a Reciente de la región Caribe-Antillana y Golfo de México)

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Rafael Falcón
CO-TUTORA ACADÉMICA: Profa. Carolina Machillanda

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Gudiño M., Angélica del C.
Mendoza C., María E.
Mijares J., Harimar B.
Para optar al Título
de Ingeniera Geóloga

Caracas, noviembre 2009

Caracas, noviembre de 2009

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres Gudiño M., Angélica del C., Mendoza C., María E. y Mijares J., Harimar B., titulado:

“Actualización y paleoecología de foraminíferos de la Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez (Cretácico Superior a Reciente de la región Caribe-Antillana y Golfo de México)”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniera Geóloga, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.

Prof. José Méndez

Jurado

Profa. Olga Rey

Jurado

Prof. Rafael Falcón

Tutor

Profa. Carolina Machillanda

Co-Tutora

AGRADECIMIENTOS

Definitivamente a Dios que es lo más importante para todos, gracias por haberme dado la constancia, dedicación, guía, salud y todo lo necesario para llegar a este momento tan importante, no sólo de mis estudios o carrera, sino de mi vida.

A la Universidad Central de Venezuela, gracias por permitirme formar parte de ti, ser uno de tus hijos, los que te conocemos jamás nos apartaremos y en cualquier parte del mundo llevare tu nombre en alto y con orgullo.

A los profesores Rafael Falcón y Carolina Machillanda, sinceros agradecimientos por recibir su tutoría durante el desarrollo de la Tesis.

A Ramón y Angélica, mis padres, les debo la vida, todos esos regaños no fueron en vano, ahora tengo mayor madurez y una formación profesional. Mis hermanos, Marilú, Coromoto, María de los Ángeles, Ramón y José Gregorio, fueron mi principal motivación todos estos años, jamás permitan que alguien les diga que existen límites. Una persona que durante el corto tiempo juntos ha sido fundamental en el desarrollo de muchos aspectos de mi vida, me ha apoyado enormemente a pesar de mis comportamientos en situaciones difíciles, Néstor, eres especial para mí, te respeto, valoro y por encima de todo te amo. Compañeras de Tesis a ustedes mil gracias por compartir tantos momentos académicos y personales conmigo. Maru y Hari, no solo compañeras de tesis, son buenas amigas, éxitos.

A tantas personas involucradas en mi vida, no existen las palabras para agradecerles, Sra. Cointa, mi linda, no sabes lo importante que eres para mí. Miriam Bastidas, mi prima, tantas gracias que te debo. Prof. Abilio Carrillo, Sra. Dora, Sra. Angélica, Herminia, Guido, Alejandro, representan mucho en mi vida. Todos mis amigos, y de verdad son muchos, por razones de espacio no puedo nombrar a cada uno de ustedes, pero de verdad gracias, todos están en mi corazón.

Angélica del C. Gudiño Mejía

Agradezco la realización de este trabajo final a Dios por ser mi soporte en los momentos más difíciles y mi regocijo en los felices.

Agradezco a mi Ilustre Universidad Central de Venezuela la oportunidad de recibir el Título de Ingeniera Geóloga y ayudarme a creer que las metas se pueden alcanzar y a alcanzarlas.

A nuestro Tutor Académico el Profesor Rafael Falcón por habernos guiado y acompañado en el camino a la obtención de este producto final. A nuestra Co-Tutora Académica la Profesora Carolina Machillanda por habernos apoyado en la conquista de los logros obtenidos.

A mi mamá Mérida Centeno por haber sido una compañera más cuando tres no eran suficientes y por todo su apoyo y absoluta comprensión en todo momento. A mi papá Rafael Mendoza por ser quien más ánimo me brindaba cuando las cosas se complicaban y estar dispuesto siempre a colaborar para que las cosas salieran a flote. A mi hermano César Mendoza por su asistencia técnica en cuanto a traducciones y consultas, así como su gran disposición a ayudar y estar siempre presente. A mi novio Víctor Quijada por haber compartido conmigo los momentos más arduos en este proceso, por haberme brindado siempre su apoyo, comprensión y estar siempre dispuesto a ayudarme a resolver cualquier situación que se presente.

A mi tío y Geólogo Rubén Alicandú por haber seguido mi carrera con entusiasmo y tener siempre la disposición de tender una mano cuando la necesitaba. A mis dos compañeras Angélica Gudiño y Harimar Mijares por su perseverancia y dedicación en el logro de los objetivos propuestos. A todos mis familiares y amigos por su ayuda, apoyo y presencia en todo momento y en todo lugar.

María Eugenia Mendoza Centeno

A Dios por permitirme haber llegado hasta aquí. Agradezco a esta ilustre casa de estudios por haberme abierto sus puertas para mi formación como Ingeniera.

A mis padres por haberme hecho la persona que soy, dándome siempre todo el amor y el apoyo que necesite, y por permitirme que yo fuera quien quería ser y respetar siempre mis decisiones. A mi madre por ser más que mi mamá mi amiga, apoyándome siempre en los momentos buenos y los malos dándome lo mejor de ella en cada momento. A mi padre por ser mi inspiración, además de ser mi mejor maestro en la vida, enseñándome a desenvolver en los distintos procesos de la vida.

A José por ser más que mi novio mi mejor amigo en estos últimos siete años, por soportar que lo moleste tanto, ya que siempre que necesito de él nunca me dice que no y deja todo por ayudarme.

A mis hermanas, por siempre estar pendientes de mí, y porque cuando las necesito están siempre ahí para mí. A mis sobrinos por ser unos seres especiales los quiero mucho. A mi tía Totoba por portarse como una madre conmigo, por estar siempre pendiente de mí y ayudarme cada vez que la necesite. A mi tía Heidi por quererme tanto, demostrándomelo en cada instante que comparto con ella, por haberme permitido vivir hasta ahora una de las experiencias más gratas y satisfactorias. A todo el resto de mi familia por ser la familia más unida y espectacular del mundo. Muchas gracias por llenar mi vida de felicidad y buenos recuerdos, los amo de verdad.

A mis compañeras de Tesis por siempre trabajar de forma armónica y por entender que trabajo y estar pendiente de asistirme en los trámites de la Universidad, por estar pendientes las unas de las otras las quiero y me llevo un buen y grato recuerdo.

Harimar Mijares

**Gudiño M., Angélica del C.
Mendoza C., María E.
Mijares J., Harimar B.**

**ACTUALIZACIÓN Y PALEOECOLOGÍA DE FORAMINÍFEROS DE LA
COLECCIÓN UCV DR. PEDRO JOAQUÍN BERMÚDEZ
(Cretácico Superior al Reciente de la región Caribe-Antillana y Golfo de
México)**

**Tutor Académico: Prof. Rafael Falcón. Co – Tutor Académico: Profa. Carolina
Machillanda. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de
Geología, Minas y Geofísica. 2009, 147 p.**

Palabras claves: Foraminíferos, Paleoecología, Dr. Pedro Joaquín Bermúdez, Región Caribe - Antillana, Golfo de México.

Resumen: Los foraminíferos son considerados unos de los microfósiles más destacados a nivel bioestratigráfico por su gran abundancia y diversidad, ya que resultan ser excelentes bioindicadores tanto en la evaluación de condiciones ambientales existentes en el pasado geológico, como para correlaciones a grandes distancias. Dada la importancia de estos organismos en la micropaleontología y tomando en cuenta el escaso interés que se percibe en dicha disciplina, se planteó realizar una actualización de la Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez, que implicó una reorganización de 625 muestras a través de la descripción de cada una de las especies presentes. También se planteó la realización de una interpretación paleoecológica a fin de establecer los ambientes marinos y las condiciones geológicas existentes para el momento de su depositación durante el Cretácico Tardío al Reciente de la región Caribe – Antillana y Golfo de México.

Como parte de las actividades realizadas se logró publicar una base de datos en la Plataforma Alejandría, con la descripción de cada una de las especies estudiadas, y disponible para el público en general que desee hacer uso de ella en la Biblioteca de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela. Así mismo se elaboró un catálogo físico denominado “Catálogo de Foraminíferos Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez”, el cual expone la descripción de los

135 géneros de foraminíferos presentes en dicha colección, entre pláncnicos y béticos. Dicho catálogo resultará una herramienta útil para realizar consultas rápidas y generales de algún género en específico.

Por otra parte se realizaron algunas inferencias sobre las condiciones ambientales a las que estuvieron sometidos los foraminíferos durante el Cuaternario en Venezuela y Cuba, siendo estos países aquellos con mayor número de muestras.

Las muestras presentes en la colección fueron ubicadas en un mapa de distribución geográfica, en el cual se observó que la mayor concentración de géneros y especies corresponden a muestras representativas del intervalo Eoceno y Mioceno provenientes de Cuba y Venezuela respectivamente, lo cual favoreció el análisis sobre las condiciones paleoecológicas que imperaban en el límite norte y sur de la placa Caribe.

Parte de la interpretación paleoecológica condujo a la generación de interesantes interrogantes sobre los efectos que provocó la placa del Caribe durante su deriva en un principio hacia el norte y luego al este, ya que al interactuar con las placas Norteamericana, Atlántica y Suramericana causó una acción directa sobre las corrientes oceánicas, y por ende sobre las condiciones ambientales dando como resultado cambios en las asociaciones de foraminíferos. No obstante, en esta oportunidad sólo fue posible realizar algunas inferencias sobre condiciones paleoceanográficas con base en la interpretación paleoecológica de las asociaciones de foraminíferos observadas en las muestras analizadas, dado que se hace necesario contar con un número mayor de ellas para tener una visión más completa de la evolución del Caribe, dado que es una región muy extensa.

ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN.....	1
	1.1 Planteamiento del problema.....	2
	1.2 Objetivos.....	3
	1.2.1 Objetivo General.....	3
	1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
	1.3 Ubicación del área de estudio.....	5
	1.3.1 Ubicación Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez.....	5
	1.3.2 Ubicación de la muestras de foraminíferos.....	6
II	MARCO TEÓRICO.....	7
	2.1 Trabajos previos.....	7
	2.2 Bases teóricas.....	11
	2.2.1 Biografía del Dr. Pedro Joaquín Bermúdez.....	11
	2.2.2 Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez.....	13
	2.2.3 Biografía del Dr. José Royo y Gómez.....	13
	2.2.4 Museo Geológico Dr. José Royo y Gómez.....	14
	2.2.5 Biografía de Loeblich y Tappan.....	16
	2.3 Definición de términos básicos.....	19
	2.3.1 Clase Foraminífera.....	19
	2.3.2 Clasificación de foraminíferos por Loeblich y Tappan.....	20
	2.3.3 Morfología de los foraminíferos.....	21
	2.3.4 Paleoecología de los foraminíferos.....	24
	2.3.5 Plataforma Alejandría.....	30
III	MARCO METODOLÓGICO.....	31

3.1 Fase de investigación.....	31
3.1.1 Mantenimiento y evaluación.....	31
3.1.2 Inventario (tabla de inventario).....	33
3.1.3 Investigación bibliográfica (tabla de clasificación)..	34
3.2 Fase de digitalización y procesamiento.....	34
3.2.1 Fotografías digitales.....	35
3.2.2 Construcción de mapas.....	37
3.2.3 Catálogo de Foraminíferos UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez.....	37
3.2.4 Procesamiento de la información.....	39
3.3 Interpretación.....	39
3.4 Limitaciones.....	40
IV GEOLOGÍA REGIONAL.....	42
4.1 Tectónica Regional.....	42
4.1.1 Geodinámica del Caribe (Cretácico Superior a Reciente).....	42
4.2 Estratigrafía Regional.....	55
4.2.1 Región Caribe - Antillana.....	56
4.2.2 Golfo de México.....	107
V INTEPRETACIÓN PALEOECOLÓGICA.....	116
VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	137
6.1 Conclusiones.....	135
6.2 Recomendaciones.....	139
REFERENCIAS.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1. Ubicación Universidad Central de Venezuela en la ciudad de Caracas. Tomado y modificado de <i>Google Earth 5</i>	5
Fig. 1.2. Ubicación región Caribe-Antillana y Golfo de México. Tomado y modificado de <i>Arcgis Desktop 9.2</i>	6
Fig. 2.1 Fotografía del Dr. Pedro Joaquín Bermúdez. Tomado y modificado de http://www.jmarcano.com/biografia/bermudez.html	11
Fig. 2.2 Fotografía del Dr. José Royo y Gómez. Tomado y modificado de http://www.extremos.org.ve/Biografia-del-Dr-Jose-Royo-y-Gomez.html	13
Fig. 2.3 Vista parcial de colecciones de rocas y minerales del Museo Geológico Dr. José Royo y Gómez. Tomado y modificado de http://www.extremos.org.ve/Nuevo-articulo,57.html	15
Fig. 2.4 Fotografía de Alfred Loeblich. Tomado y modificado de http://www.cushmanfoundation.org/awards/awardees/loeblich_tappan.html	16
Fig. 2.5 Fotografía de Helen Tappan. Tomado y modificado de http://www.cushmanfoundation.org/awards/awardees/loeblich_tappan.html	16
Fig. 2.6 Forma de la concha en foraminíferos plácticos. Tomado y modificado de Loeblich, 1957.....	22

Fig. 2.7 Forma de las cámaras de foraminíferos pláncnicos. Tomado y modificado de Loeblich, 1957.....	23
Fig. 2.8 Modificaciones aperturales en foraminíferos pláncnicos. Tomado y modificado de Loeblich, 1957.....	23
Fig. 2.9 Tipos de aberturas en foraminíferos pláncnicos. Tomado y modificado de Loeblich, 1957.....	24
Fig. 2.10 Foraminíferos de la zona fótica (resaltados en el grupo A) y afótica (resaltados en el grupo D). Tomado y modificado de Saidova, 1967.....	26
Fig. 2.11 Perfil esquemático que muestra las subdivisiones ecológicas del piso oceánico y del cuerpo de agua. Tomado y modificado de http://www.geologia.uson.mx/academicos/olivia/carbonatadas/ambiente/sdesedimentacioncarbonatada.htm	27
Fig. 2.12 Clasificación de zonas marinas paleobatimétricas. Tomado y modificado de Geological Society of America, 1991.....	28
Fig. 2.13 Tendencias en batimetría y contenido fósil de sedimentos desde la plataforma abisal. Tomado y modificado de Creole Petroleum, 1982.....	28
Fig. 2.14 Cambios con la profundidad y latitud de los conjuntos de foraminíferos pláncnicos y bénticos, especialmente en relación con la temperatura. Tomado y modificado de Saidova, 1967.....	29

Fig. 3.1 Gabinete 1.....	32
Fig. 3.2 Gabinete 1.....	32
Fig. 3.3 Sección 3.....	32
Fig. 3.4 Sección 4.....	32
Fig. 3.5 Bandejas de láminas monohoradadas.....	32
Fig. 3.6 Bandeja de láminas monohoradadas.....	33
Fig. 3.7 Información contenida en las láminas monohoradadas.....	34
Fig. 3.8 Microscopio Olympus modelo <i>CX31</i> (vista de frente).....	36
Fig. 3.9 Microscopio Olympus modelo <i>CX31</i> (vista de perfil).....	36
Fig. 3.10 Microscopio Olympus modelo <i>CX31</i> (vista con la lámpara halógena).....	36
Fig. 3.11 Microscopio Leica modelo <i>DM EP</i> (vista de frente).....	36
Fig. 3.12 Microscopio Leica modelo <i>DM EP</i> (vista de perfil).....	36
Fig. 3.13 Microscopio Leica modelo <i>DM EP</i> (vista con la lámpara halógena).....	36
Fig. 3.14 Cámara digital Sony Cyber-shot modelo <i>DSC-T70</i>	36

Fig. 3.15 Cámara digital Sony Cyber-shot modelo <i>DSC-T70</i>	36
Fig. 3.16 Cámara digital Sony Cyber-shot modelo <i>DSC-T70</i>	36
Fig. 3.17 Página de muestra del Catálogo UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez.....	38
Fig. 4.1 Mapa esquemático de la región del Caribe, que muestra la posición relativa de las placas C, Cuba; J, Jamaica; P, Puerto Rico; H, La Española; LA, Antillas Menores; CA, Centroamérica; CT, Fosa Caimán; BR, Cresta de Beata; 1, zona de fallas Polochic-Motagua; 2, falla transformante Swan; 3, falla transformante Oriente; 4, zona de subducción de las Antillas Menores; 5, zona de fallas El Pilar; 6, Cordillera Oriental de Colombia; 7, zona de fallas Dolores-Guayaquil; 8, zona de subducción de Colombia; 9, zona de subducción de América Central. Tomado y modificado de http://www.monografias.com/trabajos39/evolucion-tectonica-cuba/evolucion-tectonica-cuba2.shtml	42
Fig. 4.2 Proceso de colisión secuencial entre la Placa del Caribe y los márgenes de Yucatán, Norteamérica y Sudamérica. UC, Cretácico Superior; P, Paleoceno; E, Eoceno; O, Oligoceno; M, Mioceno. Tomado y modificado de http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm	44
Fig. 4.3 Reconstrucción de la Placa Caribe para el Cretácico Inferior (Aptiense Temprano). Tomado y modificado de http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm	46

Fig. 4.4 Reconstrucción de la Placa del Caribe para el Cretácico Medio y Superior. Tomado y modificado de http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm	46
Fig. 4.5 Reconstrucción de la Placa Caribe para el Cretácico Tardío (Maastrichtiense). Tomado y modificado de http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm	47
Fig. 4.6 Reconstrucción de la Placa Caribe para el Paleoceno. Tomado y modificado de http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm	47
Fig. 4.7 Reconstrucción de la Placa Caribe para el Eoceno Medio. Abreviaciones: PI, Isla de Pinos; ESC, Escambray; SWH, Suroeste de Haití; NWH, Noroeste de Haití; CC, Cordillera Central; NC, Cordillera Norte; Cordillera Sur; MS, Plataforma de Muertos; PR, Puerto Rico; VIR; Islas Vírgenes. Tomado y modificado de http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm	49
Fig. 4.8 Reconstrucción de la Placa del Caribe para el Oligoceno Temprano. Abreviaturas: DR, República Dominicana; TOB, Tobago; VC, Villa de Cura. Tomado y modificado de http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm	50
Fig. 4.9 Reconstrucción de la Placa Caribe para el Mioceno Temprano CAYMAN, Fosa Caimán; MAR, Margarita; OCA, falla de Oca; SMB, Falla Santa Marta-Bucaramanga; SANT, Cuenca Santiago. Tomado y modificado de http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm	51

Fig. 4.10 Reconstrucción de la Placa Caribe para el Mioceno Tardío. Abreviaturas: JAM, Jamaica; HAI, Haití; EV, East Venezuela-Trinidad; MER, Mérida Andes; ECC, este de la Cordillera de Colombia; MAC, Sierra de la macarena; GG, Golfo de Guayaquil.....	52
Fig. 4.11 Mapa de elementos estructurales y la subdivisión de los principales sectores estructurales del Golfo de México.....	54
Fig. 4.12 Cuadro de correlación del Terciario medio en Falcón. Tomado y modificado de http://www.pdvsa.com/lexico/correlac/falcon3.jpg	58
Fig. 4.13 Mapa de la cuenca de Agua Salada en Falcón Oriental. Tomado y modificado de González de Juana <i>et al.</i> (1980).....	58
Fig. 4.14 Cuadro de correlación del oriente de Venezuela (Cretácico Superior al Reciente). Tomado y modificado de http://www.pdvsa.com/lexico/correlac/oriente1.htm	67
Fig. 4.15 Mapa geológico de Cuba. Tomado y modificado de The Geological Society of América, 1991.....	78
Fig. 4.16 Paleogeografía del Plioceno-Pleistoceno Inferior de Cuba. Tomado y modificado de www.redciencia.cu/cdorigen/arca/imagen/mpplio.gif	87
Fig. 4.17 Mapa Geológico de Jamaica. Tomado y modificado de Draper, 1886.....	89

Fig. 4.18 Cuadro de correlación de la estratigrafía del Terciario en Jamaica. Tomado y modificado de The Geological Society of America, 1991.....	89
Fig. 4.19 Mapa Geológico de La Española. Tomado y modificado de http://palaeo.gly.bris.ac.uk/palaeofiles/lagerstatten/DomAmber/geoSet.jpg	91
Fig. 4.20 Cuadro de secciones de las columnas del Oligoceno y Mioceno (Antillas Mayores). Tomado de Iturralde- Vinent y Hartstein, 1998.....	97
Fig. 4.21 Mapa Geológico generalizado de Puerto Rico. Tomado y modificado de Iturralde- Vinent y Hartstein, 1.998.....	98
Fig. 4.22 Área de las Antillas Menores a) Mapa batimétrico (Modificado de Bouysse, 1984), b) Estructura del arco de las Antillas Menores y c) Isobatas en Km de la zona de Benioff. Tomado y modificado de Wadge y Shepherd, 1984.....	99
Fig. 4.23 Mapa Geológico de una parte de Barbados. Tomado y modificado de The Geological Society of America, 1991.....	100
Fig. 4.24 Mapa Geológico de Trinidad. Tomado y modificado de www.geocities.com/j_raj/trinidad_geological_map.html	102
Fig. 4.25 Mapa Geológico de Tobago. Tomado y modificado de www.geocities.com/j_raj/tobago_geology.html	103

Fig. 4.26 Estratigrafía de las formaciones de Trinidad con la correlación en el noreste venezolano. Tomado de www.gstt.org/ (After Barr y Saunders, 1.968).....	105
Fig. 4.27 Ubicación geográfica de Panamá. Tomado y modificado de www.embpanamamexico.com/images/mapa_panama2.gif	106
Fig. 4.28 Cuadro de correlación de las unidades litoestratigráficas de México Oriental. Tomado y modificado de Bol. SGM, TOMO XXXIX, No 2, pp. 15, septiembre 1978.....	108
Fig. 4.29 Secciones generalizadas de la cuenca del Golfo de México. Tomado y modificado de The Geological Society of America, 1991.....	113
Fig. 4.30 Cuadro de correlación estratigráfica del Golfo de México para el Cenozoico. Tomado de The Geological Society of America, 1991.....	114
Fig. 5.1 Distribución por países de las muestras de foraminíferos del Cretácico Superior al Reciente en la región Caribe – Antillana y Golfo de México.....	118
Fig. 5.2 Distribución de las muestras de foraminíferos del Cretácico Superior al Reciente en Cuba y Venezuela.....	118
Fig. 5.3 Relación foraminíferos plácticos y bénticos del Cretácico Superior al Reciente en Venezuela.....	119
Fig. 5.4 Relación foraminíferos plácticos y bénticos del Cretácico Superior al Reciente en Cuba.....	120

Fig. 5.5 Foraminíferos béticos del Cretácico Superior al Reciente en Venezuela.....	122
Fig. 5.6 Foraminíferos béticos del Cretácico Superior al Reciente en Venezuela. El renglón N° indica la cantidad de géneros de foraminíferos anaeróbicos y aeróbicos presentes en la colección.....	122
Fig. 5.7 Foraminíferos béticos del Cretácico Superior al Reciente en Cuba.....	123
Fig. 5.8 Foraminíferos béticos del Cretácico Superior al Reciente en Cuba. El renglón N° indica la cantidad de géneros de foraminíferos anaeróbicos y aeróbicos presentes en la colección.....	124
Fig. 5.9 Dirección de las Corrientes tropicales al cerrar el Istmo de Panamá en el Plioceno, generando las glaciaciones cuaternarias. Tomado y modificado de: http://homepage.mac.com/uriarte/climaplioceno.html	126
Fig. 5.10 Perfil de temperatura y profundidad (T/P) del océano. Como puede verse la temperatura desciende a medida que aumenta la profundidad. Tomado y modificado de http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/Water/temp.sp.html	127
Fig. 5.11 Sucesión de acontecimientos cálidos y fríos a lo largo del Cenozoico (últimos 60 millones de años) deducidos de la evolución de la ratio de los isótopos del oxígeno en los foraminíferos fósiles del fondo de los mares. Tomado y modificado de http://homepage.mac.com/uriarte/cenozoico.html	128

Fig. 5.12 Relación de variación de la temperatura durante el Cenozoico en Venezuela.....	130
Fig.5.13 Relación de variación de la profundidad durante el Cenozoico en Venezuela.....	130
Fig. 5.14 Relación de variación de la temperatura durante el Cenozoico en Cuba.....	131
Fig. 5.15 Relación de variación de la profundidad durante el Cenozoico en Cuba.....	131
Fig. 5.16 Clasificación de los foraminíferos según la pared en Venezuela presentes en la colección.....	133
Fig. 5.17 Clasificación de los foraminíferos según la pared del Cretácico Superior al Reciente en Venezuela presentes en la colección.....	133
Fig. 5.18 Clasificación de los foraminíferos según la pared en Cuba presentes en la colección.....	134
Fig. 5.19 Clasificación de los foraminíferos según la pared del Cretácico Superior al Reciente en Cuba presentes en la colección.....	134

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Debido a su gran abundancia y diversidad de especies, los foraminíferos son considerados unos de los más importantes microfósiles del mundo. Sus principales utilidades en las diferentes ramas de la geología, radican en su idoneidad para indicar condiciones de profundidad, temperatura, productividad, características geoquímicas, entre otras, las cuales posteriormente podrían ser usadas para definir condiciones ambientales, paleoambientales y paleoecológicas, según sea el caso.

En esta oportunidad la actualización y paleoecología de foraminíferos que se plantea, consiste en la aplicación de un proceso de organización que señala los diversos grados de similitud o diferencias entre los organismos fósiles que pertenecen a la Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez, como también establecer los ambientes marinos y las condiciones geológicas existentes para el momento de su depositación.

Este proceso contempla la realización de un inventario de foraminíferos pertenecientes a la colección, la construcción de un mapa de ubicación geográfica de las muestras de los foraminíferos colectados en la región Caribe - Antillana y Golfo de México, la introducción de la información de cada uno de estos organismos en la Plataforma Alejandría, para constituir un catálogo virtual, la elaboración de un catálogo físico por géneros, y posteriormente la interpretación paleoecológica de los foraminíferos presentes en esta colección del Cretácico Superior al Reciente.

La colección de foraminíferos del Dr. Pedro Joaquín Bermúdez es una de las más importantes del mundo fuera de los grandes museos y la más completa del área Caribe - Antillana. Parte de ésta la constituye la Colección UCV Dr. Pedro Joaquín

Bermúdez, la cual cuenta con más de 1.500 láminas monohoradadas, de las cuales 625 serán estudiadas con detalle durante el desarrollo del presente estudio. Las láminas corresponden a foraminíferos provenientes de pozos, secciones tipos y varias localidades de la zona en estudio, así como aquellas representativas de zonas de importancia en la industria petrolera nacional y que corresponden a la región sur del Caribe. Cabe destacar que los foraminíferos que constituyen esta colección brindan un valioso aporte a los estudios bioestratigráficos de la región, ya que suministran información relacionada con aspectos paleoecológicos, determinados a través de la distribución de los mismos en su ámbito geográfico correspondiente.

Dicha colección forma parte de la Sección de Micropaleontología del Museo Geológico Dr. José Royo y Gómez, cuya fundación data del año 1956 en la sede de la que, para ese entonces, se denominaba Escuela de Geología, Minas y Metalúrgica, y actualmente es la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela. Este proyecto surgió de la iniciativa del paleontólogo y geólogo español José Royo y Gómez, quien planteó la creación de un gran Museo de Geología en Caracas, teniendo como base las colecciones y muestras en general que actualmente se encuentran en la Escuela de Geología, Minas y Geofísica.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en Venezuela se observa poco interés hacia la micropaleontología, rama de la paleontología de valiosa utilidad en bioestratigrafía, paleoecología y paleoceanografía. Esta situación se percibe por parte de la comunidad de geólogos, entendiendo como comunidad a estudiantes, profesores, egresados y todos aquellos quienes están relacionados con esta área. Por esta razón se quiere lograr estimular, mediante este estudio, el interés de quienes se sientan identificados con la micropaleontología, con la finalidad de hacer de esta parte de la paleontología una práctica beneficiosa y darle el verdadero lugar que merece dentro del gran universo de la geología.

Desde hace algunos años no se realizan importantes trabajos en esta área en Venezuela. Como contribución al avance de la micropaleontología en nuestro país, se estudia la Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez, la cual constituye una completa recopilación de foraminíferos béticos y plácticos de la región Caribe – Antillana y Golfo de México.

Esta gran y valiosa colección tiene más de 50 años desde su recolección, en los cuales no se le ha dado la utilidad práctica que se merece. Con la finalidad de detener esta indiferencia que se observa por la micropaleontología, se presenta como alternativa la elaboración de una reorganización e interpretación paleoecológica de foraminíferos de una parte de la colección del Dr. Bermúdez.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Reorganizar y determinar la paleoecología de foraminíferos bajo el esquema de clasificación moderna (Loeblich y Tappan, 1988), de la Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez, desde el Cretácico Superior al Reciente de las regiones Caribe – Antillana y Golfo de México.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico sobre el estado de preservación de la colección de foraminíferos del Dr. Pedro Joaquín Bermúdez. En caso de ser necesario se realizaría el *picking* de muestras.
- Elaborar un inventario de cada una de las láminas tipo monohoradadas de foraminíferos que constituyen la colección, incluyéndolas en la base de datos iniciada por la Br. María Alejandra Jiménez Marín en su Trabajo Especial de Grado “Paleontología Sistemática, Paleoecología y Catalogación en Base de Datos con *software* interactivo” aún en elaboración.

- Investigar y describir los elementos teóricos que sustentan la colección, así como trabajos previos, geología regional, conceptos básicos, definiciones técnicas y demás referencias bibliográficas relacionadas al tema en estudio.
- Fotografiar los foraminíferos de la colección, en sus tres vistas principales, utilizando una lupa estereoscópica con cámara digital integrada, la cual forma parte del Laboratorio de Micropaleontología de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica.
- Cargar una base de datos que incluya toda la información de los foraminíferos estudiados, introducida posteriormente en la Plataforma Alejandría, dentro del Museo Dr. José Royo y Gómez, basado en la actualización e interpretación de la paleoecología realizada a través de la clasificación moderna utilizada, que constituya un catálogo virtual de foraminíferos, al cual le serán anexadas las fotografías en sus tres vistas principales.
- Realizar un catálogo físico que incluya toda la información de los distintos géneros de foraminíferos presentes en la colección, basado en la actualización e interpretación de la paleoecología realizada a través de la clasificación moderna utilizada, al cual le será anexado una fotografía de cada género.
- Construir un mapa de ubicación geográfica de las muestras contentivas de cada uno de los foraminíferos pertenecientes a la colección.
- Realizar una interpretación paleoecológica de los diferentes foraminíferos con la finalidad de reconstruir los paleoambientes en los cuales se desarrollaron.

1.3 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.3.1 Ubicación de la Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez

La Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez se encuentra actualmente almacenada desde 1956 en el Laboratorio de Micropaleontología, el cual está ubicado en el edificio de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Central de Venezuela (UCV), en la ciudad de Caracas (ver Fig. 1.1). Dicho laboratorio está conformado por dos áreas: el laboratorio 101, el cual se encuentra en la planta baja, y el laboratorio anexo al aula 311 del segundo piso. La ubicación geográfica específica de la colección en estudio está dada por las coordenadas: $10^{\circ}29'22.17''N$ y $66^{\circ}53'21.76''O$.



Fig. 1.1. Ubicación Universidad Central de Venezuela en la ciudad de Caracas.
Tomado y modificado de *Google Earth 5*

1.3.2 Ubicación de las muestras de foraminíferos

Por otra parte, la ubicación geográfica de las muestras contentivas de los ejemplares en estudio se distribuye a lo largo de la región Caribe – Antillana y Golfo de México (ver Fig. 1.2). La primera conformada por: las Antillas Mayores (Cuba, Jamaica, República Dominicana, Haití y Puerto Rico), las Antillas Menores (Antigua y Barbuda, Barbados, Dominica, Granada, San Cristóbal y Nieves, San Vicente y Las Granadinas, Santa Lucía y Trinidad y Tobago), Guatemala, Costa Rica, Panamá y Venezuela en los Estados Falcón, Sucre, Nueva Esparta, Monagas, Miranda, Anzoátegui, Distrito Capital y Archipiélago Los Roques. El Golfo de México, está constituido por estados mexicanos, entre los que se encuentran dentro de la colección Veracruz y Tamaulipas, mientras que los norteamericanos son Florida, Texas, Alabama y Misisipi.

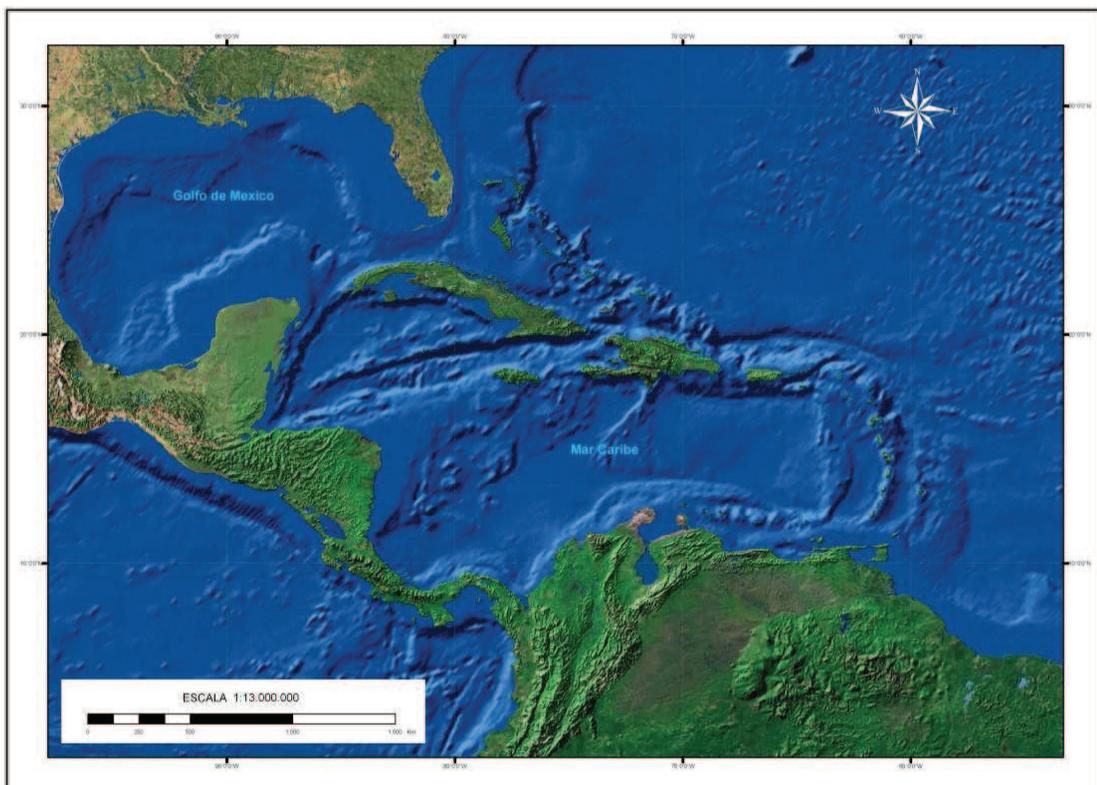


Fig. 1.2. Ubicación región Caribe-Antillana y Golfo de México.
Tomado y modificado de *Arcgis Desktop 9.2*

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 TRABAJOS PREVIOS

- **Díaz de Gamero (1961)**, estudia la macro y micropaleontología de una sección medida en El Saladillo, estado Falcón. Las formaciones Cerro Pelado y Socorro pertenecen a la sección medida en El Saladillo. La microfauna encontrada en la Formación Cerro Pelado es muy escasa y poco diagnóstica, con foraminíferos arenáceos y algunos moldes internos. En la Formación Socorro se encontró una rica fauna de foraminíferos, especialmente en su parte central, donde hay un horizonte muy fosilífero.
- **Díaz de Gamero (1967)**, estudia la fauna fósil de la Formación El Veral, que aflora en el área cercana a la población y campo petrolero de Cumarebo, estado Falcón. La microfauna es muy rica y variada, siendo posible identificar 84 especies y subespecies de foraminíferos. Los estudios paleoecológicos nos indican que la Formación El Veral se sedimentó en un ambiente sublitoral, con abundante material calcáreo, en un mar abierto.
- **Díaz de Gamero (1976)**, establece las relaciones de facies en la parte central de la Cuenca de Falcón durante el Oligoceno y Mioceno Temprano, con base al estudio de las unidades litológicas y la microfauna que ellas contienen. La microfauna es escasa y poco variada e indica una sedimentación en aguas muy poco profundas, en ocasiones salobres. La parte inferior es estéril, pero el tope contiene un conjunto planctónico perteneciente a la mitad inferior de la Zona de *Globorotalia opima opima*.

- **Díaz de Gamero (1982)**, una monótona secuencia de lutitas marinas, con un intervalo medio de intercalaciones de areniscas y limolitas aflora en el norte de la subcuenca de Agua Salada, en Falcón oriental. El estudio de la microfauna de foraminíferos bentónicos revela que la sedimentación de la parte basal del Grupo Agua Salada se efectuó en condiciones marinas abiertas, a una profundidad batial media superior.
- **Galea (1976)**, estudia una sección del Mioceno situada al sur de la Sierra de Guaibacoa en el estado Falcón, a la cual pertenece la Formación Socorro, que está compuesta por lutitas marinas profundas, muy fosilíferas y de edad Mioceno Medio, se destacan las Zonas de *Globorotalia fohsi peripheroronda* y *Globorotalia fohsi fohsi*. Hacia el tope de la secuencia se encuentra la Formación Caujarao, nerítica, formada por el Miembro Dividive, donde los fósiles predominantes son *Amphistegina* sp. y globigerínidos. En el Miembro El Muaco, la fauna fósil es abundante y variada en foraminíferos.
- **Truskowski (1976)**, en Falcón oriental, estudia las características generales y contenido de foraminíferos planctónicos, sobre cuya base se establecen 15 zonas y 2 subzonas bioestratigráficas de los miembros Husito y Huso de la Formación Pozón. El estudio de los foraminíferos bentónicos parece indicar en tiempos de la sedimentación de los miembros Husito y Huso un ambiente marino, propio de latitudes tropicales a profundidad batial media y en comunicación con mar abierto.
- **Padrón (1984)**, estudia las formaciones Cerro Pelado, Querales y Socorro, que forman parte de la secuencia miocena, la cual aflora en la parte norcentral del estado Falcón. Dicha secuencia fue depositada en ambientes que varían desde llanura deltaica hasta su parte más proximal.
- **Castro (1979)**, realiza un estudio geológico al norte de la población de Píritu en el estado Falcón. Las unidades que afloran en el área en estudio son el

Grupo Agua Salada, la Formación Capadare y la Formación Punta Gavilán. Se emplearon conceptos paleoecológicos para lograr la reconstrucción paleoambiental.

- **Celis (1983)**, realiza un estudio preliminar de los foraminíferos bentónicos en la región de Sonora, México, a los que les asigna una probable edad Pleistoceno, basándose en la altitud de los depósitos con respecto al nivel del mar.
- **Stifano (1993)**, hace una revisión estratigráfica de la Formación Carapita en superficie en su sección tipo y en subsuelo en la sección del pozo ORS-52. Este estudio se basa principalmente en las características de foraminíferos pláncnicos, nannoplancton calcáreo, polen y esporas presentes. En la sección tipo de esta formación, se presentan afloramientos discontinuos a lo largo de la quebrada Carapita, donde los intervalos de edad obtenidos de la calibración abarcan desde el Mioceno Temprano hasta el Mioceno Medio.
- **López (1998)**, realiza el estudio del contenido paleontológico de foraminíferos de 15 muestras provenientes de afloramientos de la cuenca de Llanquihue en Chile, con la finalidad de determinar la sistemática de cada uno de los organismos fósiles.
- **Diz, Francés y Vilas (2000)**, analizan las asociaciones actuales de foraminíferos bentónicos en el eje central de la ría de Vigo, para establecer los parámetros ambientales que controlan los hábitats de estos organismos y sentar las bases para una interpretación paleoecológica de los ambientes.
- **Zavaleta (2002)**, estudia la evolución de las plataformas carbonatadas de edad cretácica en la zona sur de México, a través de la descripción petrográfica de foraminíferos en láminas delgadas y basándose en su clasificación, con el fin de determinar paleoambientes y condiciones marinas de la región. Para

establecer el límite Cretácico Inferior – Cretácico Superior de la plataforma carbonatada propone utilizar *Herbelloidea* como el equivalente a la zona *Stoliczkaia dispar*.

- **Fernandes (2004)**, estudia la estratigrafía a partir de la sedimentología y bioestratigrafía, para definir las condiciones paleoambientales que se desarrollaron en la Formación Cubagua, Venezuela. En el estudio paleoecológico se determinaron ocho morfogrupos a partir de la forma de la concha de la fauna presente en las secciones estudiadas.
- **Lucena (2004)**, realiza un análisis de la Formación Cubagua utilizando la comparación de morfotipos y géneros de foraminíferos bénticos, con la finalidad de determinar asociaciones de conjuntos de foraminíferos para establecer sus relaciones ecológicas y paleoecológicas, y de esta manera establecer una paleoceanografía sin necesidad de realizar asociaciones taxonómicas por especies.
- **Pérez (2004)**, realiza un estudio de morfogrupos de foraminíferos bénticos para determinar las condiciones paleoecológicas que controlaron la sedimentación de la Formación Cubagua en la península de Araya. Se definen diez morfogrupos a partir del estudio de la forma externa de los foraminíferos identificados en la sección.
- **Molinares, Martínez, Fiorini y Jaramillo (2007)**, realizan una re-evaluación paleoambiental y paleoecológica de las asociaciones de foraminíferos bentónicos de la Formación Tubará en la sección Arroyo Piedras. La sucesión está dominada por asociaciones de foraminíferos bénticos, mientras que la presencia de foraminíferos pláncnicos permiten precisar su edad como Plioceno Temprano.

- **Corbí, Caracuel, Soria, Pina y Yébenes (2008)**, efectuaron un estudio en la Cuenca del Bajo Segura, en la que se encuentran representados ampliamente sistemas de depósitos marinos y lagunares de edad Messiniense y Plioceno, cuyas asociaciones de foraminíferos han sido analizadas en este trabajo con el objetivo de interpretar su significado paleoambiental.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Biografía del Dr. Pedro Joaquín Bermúdez (1905-1979)



Fig. 2.1 Fotografía del Dr. Pedro Joaquín Bermúdez.
Tomado y modificado de
<http://www.jmarcano.com/biografia/bermudez.html>

Pedro Joaquín Bermúdez (ver Fig. 2.1) nació el 24 de febrero de 1905 en Vega Alta, Provincia de las Villas, en Cuba. Se graduó de Bachiller en Ciencias y Letras en el Instituto de Segunda Enseñanza de Santa Clara, Las Villas. Sus estudios universitarios los hizo en la Universidad de La Habana, donde obtuvo el título de Doctor en Farmacia en 1935 y el de Doctor en Ciencias Naturales en 1938.

Desde muy joven sintió un extraordinario interés por el estudio de la naturaleza, siendo por varios años ayudante honorario del conocido naturalista cubano Dr. Carlos de la Torre en la Universidad de La Habana. Durante este período viajó extensamente por la isla estudiando y coleccionando la flora y fauna. Dedicó

especial atención a los moluscos terrestres, llegando a reunir una colección de 10.000 especímenes, que donó posteriormente al Museo Poey de la Universidad de La Habana y al Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard.

En el año de 1929 llegaron a Cuba el geólogo Robert H. Palmer y su esposa Dorothy K. Palmer, entusiasta investigadora de los foraminíferos, especialidad que estaba en sus comienzos. La influencia del matrimonio Palmer sobre el joven Bermúdez cambió completamente el rumbo de su vida. Se interesó por descifrar la geología de la isla de Cuba con especial atención hacia los foraminíferos, tanto recientes como fósiles. Coleccionista incansable, pronto construyó una respetable colección de foraminíferos de muchas localidades cubanas, de diferentes edades. A través de los años colateralmente, su biblioteca sobre la geología y micropaleontología de esta misma región es también única.

El Dr. Bermúdez llegó a Venezuela en 1947, transferido por la Standard Oil de Nueva Jersey para trabajar en la *Creole Petroleum Corporation*. Este traslado, aparentemente temporal, se convirtió en definitivo, y Venezuela ganó un destacado científico y maestro.

Desde 1959, Pedro Joaquín Bermúdez dividió sus actividades entre el Ministerio de Minas e Hidrocarburos y la Universidad Central de Venezuela, donde fue Profesor de Micropaleontología en la Escuela de Geología y Minas.

Graves quebrantos de salud frenaron su extraordinaria producción científica y minaron seriamente su actividad física e intelectual. Sin embargo, siempre se sobrepuso y siguió publicando hasta el año de su muerte en 1979. Un científico entregado a su labor, dispuesto siempre a enseñar y ayudar a sus estudiantes y colegas. (Tomado de <http://www.jmarcano.com/biografia/bermudez.html>)

2.2.2 Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez

Esta colección consiste en una recopilación de foraminíferos bénticos y pláncnicos de edad Cretácico Tardío a Reciente de la región Caribe-Antillana y Golfo de México. Cuenta con más de 1.500 láminas monohoradadas, de las cuales en esta oportunidad se estudiarán a detalle 625, algunas otras ya han sido objeto de estudio y el resto serán reservadas para futuras investigaciones. Las láminas corresponden a microorganismos provenientes de pozos, secciones tipos y varias localidades de la zona en estudio, así como aquellas representativas de zonas de importancia en la industria petrolera nacional y que corresponden a la región sur del Caribe.

2.2.3 Biografía del Dr. José Royo y Gómez (1895-1961)

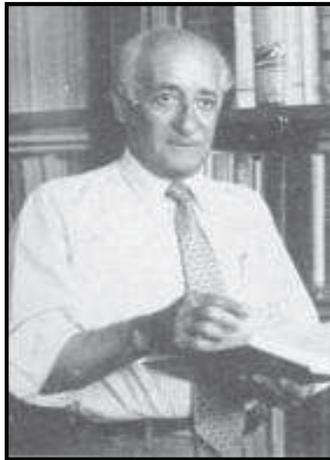


Fig. 2.2 Fotografía del Dr. José Royo y Gómez.

Tomado y modificado de

<http://www.extremos.org.ve/Biografia-del-Dr-Jose-Royo-y-Gomez.html>

José Royo y Gómez (ver Fig. 2.2) nació el 14 de mayo de 1895 en Castellón de la Plana, España. Hijo de José Royo y de Rosa Gómez. Culminó sus estudios superiores en la Universidad de Madrid con altos honores y posteriormente obtuvo el doctorado en Ciencias Naturales con premio extraordinario. Se desempeñó como profesor de mineralogía y geología en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de la capital española desde 1922.

Tras exiliarse por causa de la guerra civil española, desarrolló gran parte de su actividad profesional como catedrático universitario en Colombia y Venezuela, donde se convierte en uno de los geólogos más prominentes de su tiempo y realiza diversas exploraciones para completar colecciones y fundar el Museo Geológico de Colombia y el Museo Geológico de la UCV, que actualmente llevan su nombre.

Además de sus funciones como Profesor Titular en la Universidad Central de Venezuela fue profesor de mineralogía y geología en el Instituto Pedagógico de Caracas, profesor en la Escuela de Ingeniería Militar, Miembro Fundador de la ASOVAC, Fundador del Instituto para el Estudio y Conservación del Lago de Valencia, trabajó en la preparación del Léxico Estratigráfico de Venezuela, publicado en 1956 por el Servicio Geológico del Ministerio de Minas.

En 1960 obtuvo la nacionalidad venezolana. Se destaca en el país como el primer profesional en la rama de la paleontología de vertebrados, contribuyendo en la organización de la primera colección de vertebrados fósiles de Venezuela. Investigó, en particular, junto con José María Cruxent, del Museo de Ciencias, el importante yacimiento arqueológico y prehistórico de Muaco en el estado Falcón. Su obra, compuesta de 123 títulos, incluye 6 publicaciones de enseñanza y vulgarización científica, 72 estudios de paleontología, 35 de geología, 9 de mineralogía y petrografía y 2 de prehistoria. Muere en Caracas el 30 de diciembre de 1961. (Tomado de <http://www.extremos.org.ve/Biografia-del-Dr-Jose-Royo-y-Gomez.html>).

2.2.4. Museo Geológico Dr. José Royo y Gómez

El Museo Geológico Dr. José Royo y Gómez (ver Fig. 2.3) de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica fue fundado en 1956, y lleva el nombre del ilustre geólogo y paleontólogo español José Royo y Gómez, quien tuvo la iniciativa de crear un gran museo que fuese referencia de la geología y paleontología venezolana.

Según sus propósitos se tomaría como base para el museo las colecciones ya existentes en la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia y éste sería enriquecido

posteriormente con muestras producto de las exploraciones de campo que el profesor Royo y Gómez realizaba con sus estudiantes. Entre las colecciones se destacan los hallazgos de fauna fósil en la localidad de Muaco, Guaibacoa y Taimataima en el estado Falcón, que incluyen restos de mastodontes gigantes, piezas que fueron clasificadas y ordenadas por el profesor Royo y Gómez.

Posterior a su muerte las colecciones aumentaron por iniciativa de profesores y estudiantes, producto principalmente de trabajos de campo y tesis de grado. A partir del año 2002 se crea una comisión de reestructuración que genera un nuevo proceso de sistematización de colecciones y adecuación de las instalaciones. En Marzo de 2009 se realizó el I Encuentro de Museos de Geociencias en la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, el cual entre muchos aportes contribuyó a evaluar el estado de las colecciones actuales con el fin de establecer parámetros para sus mejoras, así como coordinar proyectos futuros. Actualmente el museo cuenta con varias secciones, entre las que se destacan: Mineralogía y Petrología, Paleontología y Micropaleontología. (Tomado de <http://www.extremos.org.ve/Nuevo-articulo,57.html>).



Fig. 2.3 Vista parcial de colecciones de rocas y minerales del Museo Geológico Dr. José Royo y Gómez.
Tomado y modificado de <http://www.extremos.org.ve/Nuevo-articulo,57.html>

2.2.5 Biografía de Loeblich y Tappan

(12/10/1917 – 18/10/2004 y 15/08/1914 – 09/09/1994)



Fig. 2.4 Fotografía de Alfred Loeblich.
Tomado y modificado de
http://www.cushmanfoundation.org/awards/awardees/loeblich_tappan.html



Fig. 2.5 Fotografía de Helen Tappan.
Tomado y modificado de
http://www.cushmanfoundation.org/awards/awardees/loeblich_tappan.html

Alfred Richard Loeblich, Jr. (ver Fig. 2.4) nació en Birmingham, Alabama (EE.UU.), el 15 de agosto de 1914, hijo de inmigrantes europeos. Alfred, con gran inteligencia, sentido de perfección y con muchas ganas de superación, llegó a la educación superior, cursando estudios de geología en la Universidad de Oklahoma.

Helen Nina Tappan Loeblich (ver Fig. 2.5), en cambio, proviene de una familia estadounidense de varias generaciones y nació el 12 de octubre de 1917 en Norman, Oklahoma. Su padre, un profesor de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Oklahoma, le inculcó una vida académica, de manera que Helen, con su natural encanto e inteligencia, también se interesó por la educación superior.

Cuando Helen y Alfred finalmente se conocieron en la Universidad de Oklahoma, inmediatamente se sintieron atraídos por sus atributos. Una vez graduados tanto de pregrado como de posgrado, se casaron en Norman, Oklahoma, en junio de 1939. Cursaron estudios doctorales en geología en la Universidad de Chicago. Alfred se interesó en Briozoos paleozoicos y Helen estudió los foraminíferos, cuyo interés empezó en Oklahoma. Una vez residenciados en Chicago, él aceptó un cargo de instructor en la Universidad Tulane, en Nueva Orleans.

Después del comienzo de la Segunda Guerra Mundial, Alfred quien era parte de la reserva militar, ingresó al Ejército como Teniente Primero y cumplió servicio militar en el Pacífico. Durante la guerra, como era de esperarse, Alfred recolectó muestras de microfósiles de remotas islas del Pacífico y las envió a los EE.UU. en contenedores de municiones para futuros estudios. Mientras tanto, Helen se ocupó de las clases de Alfred en Tulane hasta 1943, convirtiéndose en la primera mujer miembro del Departamento de Artes y Ciencias. Posteriormente en ese mismo año se unió al Servicio Geológico de los EE.UU. (USGS, por sus siglas en inglés) en California.

Alfred regresó a casa con el rango de Capitán, y aceptó el cargo de Conservador Asociado de Paleontología Invertebrada en el Museo Nacional de los EE.UU., mientras Helen continuó trabajando con el USGS en Washington DC. Cuando el museo adquirió la famosa colección de foraminíferos Joseph Cushman, Alfred se unió al trabajo de Helen, dedicándose tiempo completo al estudio de los foraminíferos.

Durante 1953 y 1954 Alfred fue enviado a Europa por el Instituto Smithsonian para recolectar muestras y estudiar las colecciones de foraminíferos en varios museos europeos. Junto con sus cuatro hijos y su madre, estuvieron viajando un año por Europa recolectando más de dos toneladas de rocas y examinando muchas colecciones históricas de foraminíferos. Helen evidenciaba con su cámara el tipo de especímenes estudiados, así como también se destacaba haciendo excelentes

ilustraciones de cada nueva especie que encontraban. Durante estos años Helen fue socia honoraria del Instituto Smithsonian.

En 1957, aceptó un cargo de investigación en la compañía Chevron Oil Field Research Company en el sur de California. Helen, también volvió a ese Estado, desempeñándose como conferencista y luego profesora en la Universidad de California, en Los Ángeles. Alfred se jubiló de Chevron, y se unió a Helen en la UCLA como profesor adjunto en el área de Geología.

Sus contribuciones comenzaron muy pronto, Helen en 1937 y Alfred en 1940. Ambos publicaron cientos de escritos, un gran número de libros y varias revistas. Sus primeros trabajos se enfocaron en la descripción de nuevas faunas y taxones de foraminíferos, especialmente del Mesozoico. Luego, Alfred y Helen fueron invitados a participar en la preparación de un libro de foraminíferos, el “Tratado de Paleontología Invertebrada”. Alfred insistió en que él y Helen hicieran todo el trabajo, empezando por documentar muy cuidadosamente todos las especies descritas anteriormente, examinando tipos de especímenes tanto de Norteamérica como de Europa, estudiando materiales de distintas partes del mundo, y creando una nueva clasificación de grupo, radical y controversial.

Este trabajo resultó naturalmente en una emanación de escritos sistemáticos y de nomenclatura. En 1964, finalmente publicaron su “Tratado”, corrigiéndolo y enriqueciéndolo hasta el último momento. Revolucionó el estudio de los foraminíferos, enfatizando la biología, la estructura de las conchas, la ecología, la distribución estratigráfica, y sobre todo la sistemática del grupo. El “Tratado” sirve como base para los estudios de foraminíferos, ha sido y aún es la referencia más citada en cuanto a foraminíferos.

Otro de sus trabajos más destacados son los dos volúmenes de Géneros de Foraminíferos y su Clasificación (1987), es su *magnum opus* en investigación de foraminíferos. En ella revisan la clasificación de foraminíferos considerando la

estructura interna de la pared y estudiando los tipos de especies de al menos todos los géneros válidos en la literatura. Este trabajo ganó el premio de la Association of American Publishers por ser el libro más profesional y académico en el campo de la Geografía y Ciencias de la Tierra.

Helen y Alfred lograron más en sus dos carreras hasta la fecha que muchos laboratorios llenos de paleontólogos. Su éxito se le puede atribuir a la forma en que se han complementado sus dos personalidades y ambiciones. Helen, una persona cariñosa, gentil y tranquila, se une a Alfred, un perfeccionista ambicioso y crítico, para formar un equipo dinámico incomparable en paleontología, y probablemente en muchas otras áreas.

Aunque ellos son más reconocidos como un equipo, tanto Helen como Alfred han realizado grandes contribuciones por separado; cada uno de ellos posee el premio Joseph A. Cushman. Helen Tappan y Alfred R. Loeblich, Jr. son dos de los micropaleontólogos más destacados de este siglo. (Tomado de http://www.cushmanfoundation.org/awards/awardees/loeblich_tappan.html).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1 Clase Foraminífera

Por su pequeño tamaño, gran abundancia y buena preservación, los foraminíferos son inigualables herramientas para la estratigrafía y paleoecología. Son los organismos fósiles más comúnmente usados para bioestratigrafía, datación de edades, correlación de estratos e interpretación paleoambiental. Son un grupo de organismos unicelulares ameboideos, presentes en los océanos, que presentan cubiertas, llamadas caparazones, que pueden estar formadas por materia orgánica en su totalidad, mezclada con granos de arena, o compuestas por una capa interna fina de materia orgánica y una capa externa gruesa de naturaleza calcárea. Aunque algunos caparazones son macizos, los más comunes son calcáreos y porosos. Las cubiertas varían desde simples tubos a un grupo de estructuras espirales.

Los foraminíferos se mueven, mediante pseudópodos delgados o extensiones del citoplasma, el material vivo de la célula. Los pseudópodos se extienden a partir de una zona abierta en el caparazón, conocida como abertura, o a través de los poros en aquellos foraminíferos con caparazón poroso. Se reproducen asexualmente y sexualmente, y poseen ciclos de vida complejos con alternancia de generaciones. (Tomado de Loeblich y Tappan, 1988).

2.3.3 Clasificación de foraminíferos por Loeblich y Tappan

Existen miles de especies de foraminíferos que han sido descritos, sin embargo un número mayor de ellos sólo se conocen como fósiles. La mayor parte de las especies vivas se conocen por la base de sus conchas, mientras que los ciclos de vida, comportamiento y características similares son menos conocidos en muchas de ellas. De manera que la clasificación y descripción de la mayor parte de los géneros y especies han sido basados en las características de sus conchas, incluyendo su morfología general, cambios de desarrollo, modificaciones internas, estructuras aperturales, composición de la pared, forma cristalina, características lamelares, perforaciones y canales. Debido a su utilidad en geología y estratigrafía, gran parte de la descripción sistemática de estos organismos ha sido realizada por paleontólogos, y las mayores variaciones en la clasificación de foraminíferos ha sido resultado de nuevas interpretaciones en sus conchas, comúnmente basadas en el desarrollo de nuevas técnicas de estudio.

Esta clasificación examina 3568 taxones genéricos del mundo, representando todas las edades geológicas. Cubre el doble del número de géneros que cualquier otra referencia disponible y la fuente más completa que existe sobre foraminíferos. Los distinguidos autores han recopilado información vital de todos los taxones de foraminíferos, basados en avances realizados en los últimos 25 años en biología, morfología y estratigrafía. Provee una extensa organización supragenérica, descripciones actualizadas de foraminíferos, una completa interpretación de cada

género, poniendo especial atención en la estructura y anatomía interna, e información estratigráfica precisa. (Tomado de Loeblich y Tappan, 1988).

2.3.3 Morfología de los foraminíferos

En el pasado se acordó una terminología descriptiva para definir géneros de foraminíferos. Se definió una primera terminología usada para definir las aberturas septales y laterales con sus posiciones, en algunos casos una, dos o más de ellas. Las aberturas laterales pueden ser lateral, lateromarginal o sutural.

Por otra parte, los dos lados de las conchas en formas asimétricas han sido nombrados de formas diferentes. Algunos autores las definen como dorsal y ventral; el lado dorsal es aquel con cámaras donde todos los espirales son visibles, y pertenece a la parte posterior, opuesto al lado ventral. Otros autores definen el lado ventral como perteneciente al lado inferior, particularmente el lado abertural en formas enrolladas, y lado opuesto al dorsal.

También se ha definido el lado dorsal en formas espirales altas con la superficie apical hacia la espira y la base ha sido considerada con el lado ventral. En formas espirales de poca altura, el lado evolutivo o desarrollado generalmente se refiere a el dorsal y el involuto al ventral.

Algunos géneros béticos están atados por el lado que muestra los espirales, los cuales en especies vivientes eran los lados ventral inferior, y las aberturas podrían aparecer en estas espirales desarrolladas. De este modo en estos géneros el mismo lado podría ser llamado igualmente dorsal o ventral, dependiendo de la posición de la abertura, posición de la concha en vida, de la visibilidad de las primeras espirales, que son las bases más importantes para definir si es dorsal o ventral. Mientras que por otro lado, algunos autores prefieren desechar estos términos y usar lado espiral y lado umbilical. Por lo tanto la terminología usada por varios autores acerca de la morfología no es siempre uniforme, y en algunos casos los términos usados no son

suficientemente explícitos. La falta de precisión y terminología explícita requiere de largas explicaciones para cada descripción.

Por estas razones los términos previos han sido adaptados, otros han sido usados en un sentido más estricto, y algunos otros nuevos términos han sido definidos por las estructuras que previamente han requerido usos repetitivos y largas frases descriptivas por la carencia de términos explícitos. Ejemplos representativos de cada término son presentados en las Figuras 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9, a través de bosquejos apropiados para cada uno de ellos. (Tomado de Loeblich, 1957).

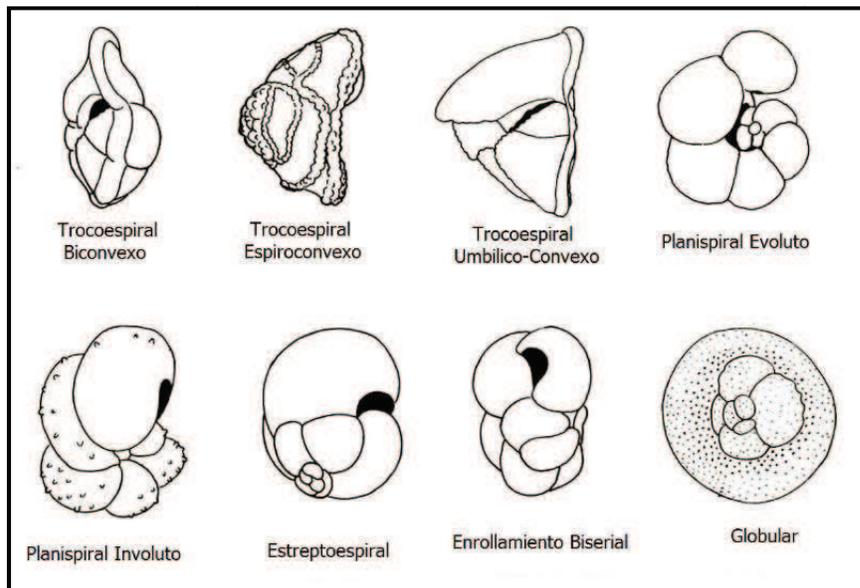


Fig. 2.6 Forma de la concha en foraminíferos pláncnicos.
Tomado y modificado de Loeblich, 1957

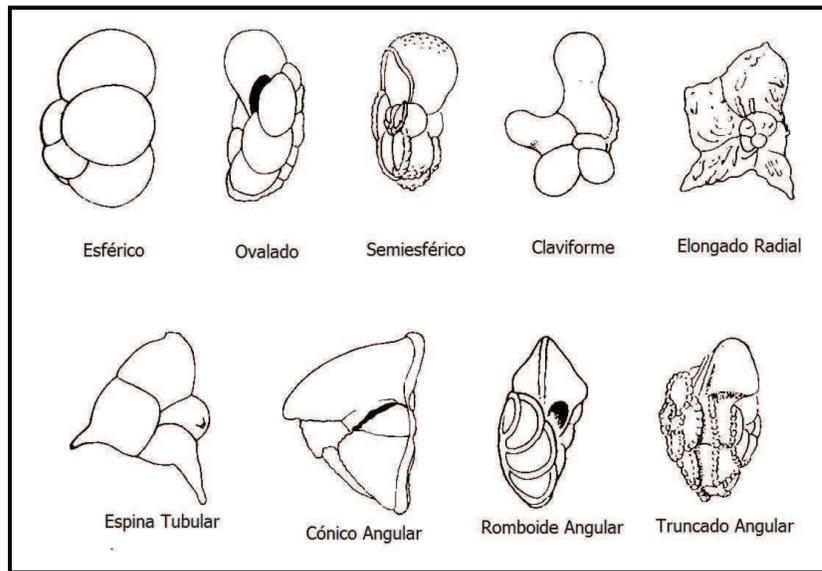


Fig. 2.7 Forma de las cámaras de foraminíferos pláncicos.
Tomado y modificado de Loeblich, 1957

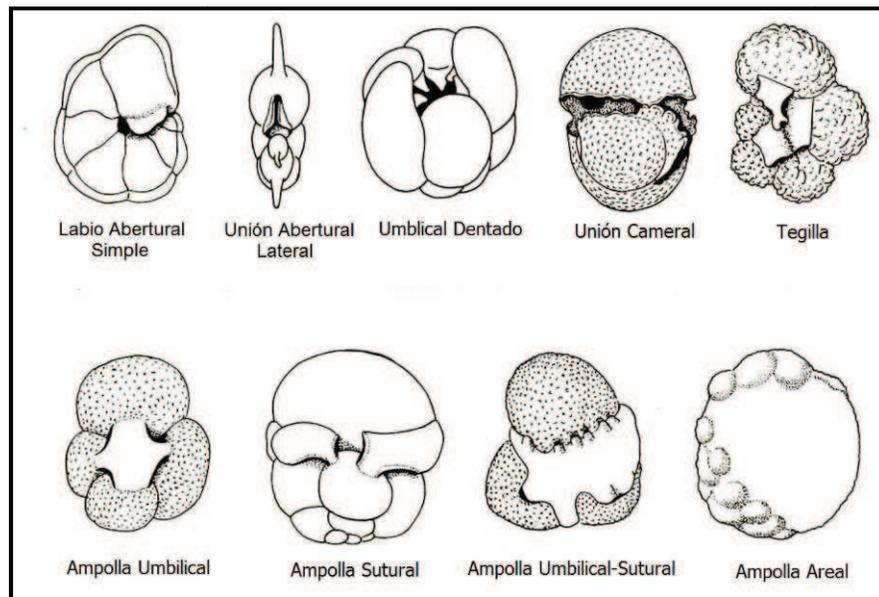


Fig. 2.8 Modificaciones aperturales en foraminíferos pláncicos.
Tomado y modificado de Loeblich, 1957

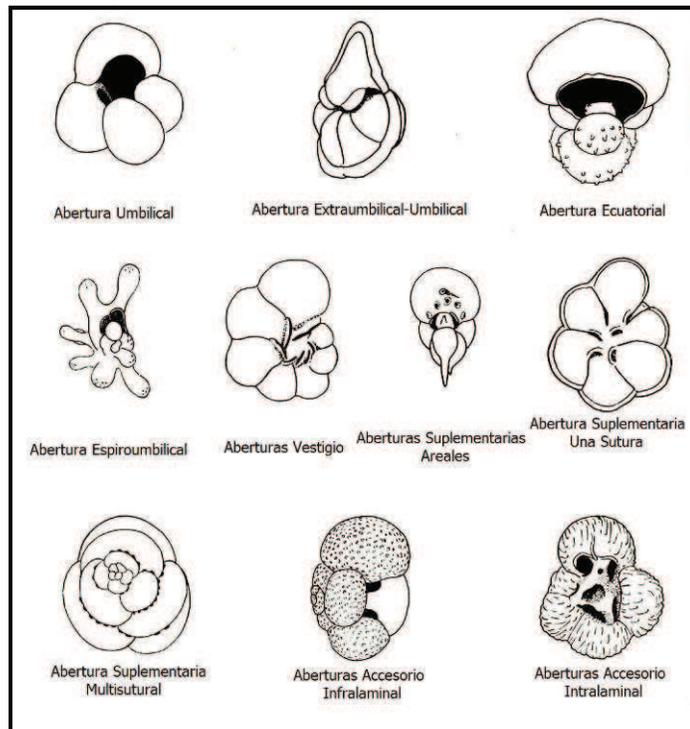


Fig. 2.9 Tipos de aberturas en foraminíferos pláncnicos.
Tomado y modificado de Loeblich, 1957

2.3.4 Paleoecología de los foraminíferos

Los foraminíferos presentan dos modos de vida claramente diferenciados: bentónico y planctónico viviendo en el sedimento o en la columna de agua.

Los foraminíferos bentónicos o bénticos, cuyos primeros fósiles datan de finales del Precámbrico, pueden ser tanto sésiles como vágiles. Según la posición que ocupan en el sedimento se pueden clasificar en epibentónicos o endobentónicos (epifaunales o infaunales, respectivamente). Dos parámetros ambientales son los principales responsables en determinar la profundidad en la que un foraminífero vive y su abundancia, la disponibilidad de oxígeno y la cantidad de alimento disponible. Se valen de sus pseudópodos o de secreciones calcáreas para fijarse al sustrato. La mayoría son marinos y estenohalinos (toleran pequeñas variaciones en los niveles de

salinidad de las aguas). Algunos foraminíferos con conchas de tipo aporcelanadas se encuentran presentes en ambientes hipersalinos (salinidad > 35‰), mientras que algunos foraminíferos aglutinados o hialinos prefieren aguas salobres, incluso algunos son capaces de adaptarse a las más variadas condiciones de salinidad.

Los foraminíferos planctónicos o pláncnicos son mucho menos diversos que los bentónicos además de presentar un menor registro geológico, ya que los primeros fósiles son del período Jurásico. Son típicamente estenohalinos (salinidad entre 34 y 36‰). Suelen ocupar la zona fótica, y durante su ciclo vital algunas especies varían de profundidad. La profundidad límite suele ser alrededor de 200 metros, y frecuentemente la mayor parte de las especies suele habitar a profundidades inferiores a los 50 metros. Las biocenosis de foraminíferos presentan una mayor diversidad de especies y con morfologías más complejas e individuos de mayor tamaño en los ambientes tropicales y subtropicales. En la Figura 2.10 se pueden apreciar los grupos de foraminíferos que prefieren la claridad (zona fótica) y los que evitan la luz (zona afótica). (Tomado de Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 1979).

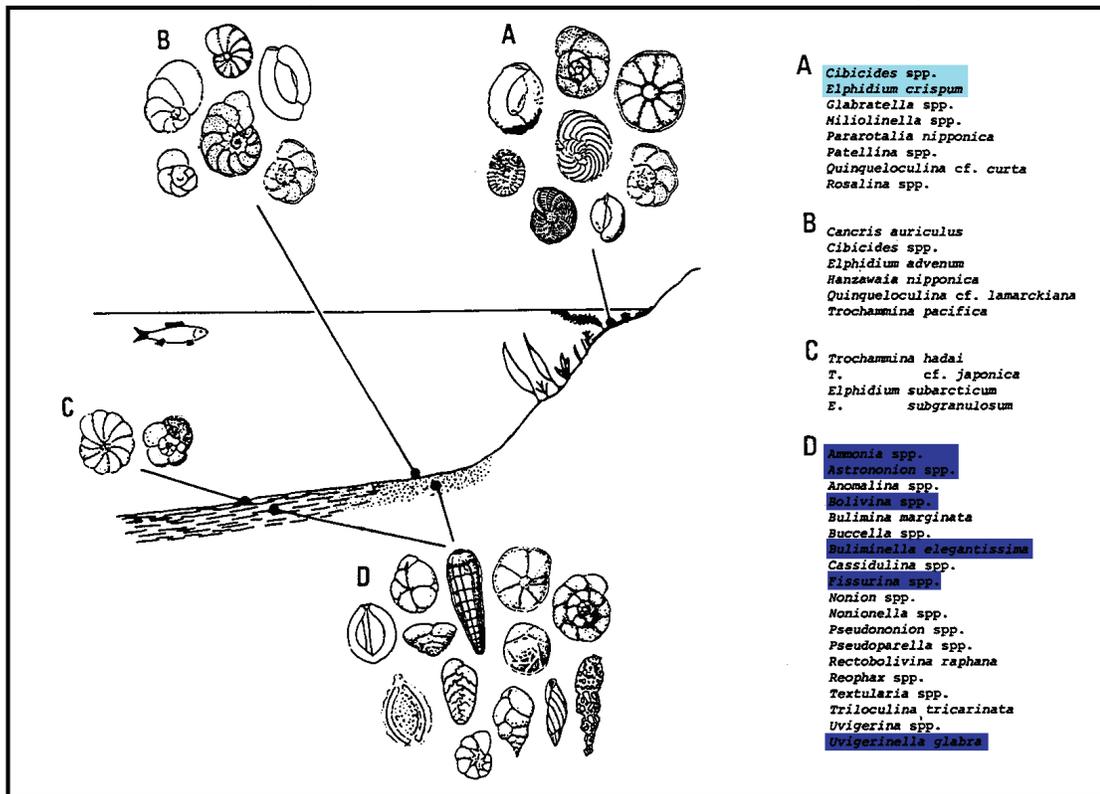


Fig. 2.10 Foraminíferos de la zona fótica (resaltados en el grupo A) y afótica (resaltados en el grupo D). Tomado y modificado de Truskowski, 2005

Por el contrario, en ambientes de alta latitud las asociaciones de foraminíferos planctónicos suelen ser poco diversas, con organismos de pequeño tamaño y formas sencillas, y suelen estar dominadas por una o a lo sumo dos especies.

Los foraminíferos son utilizados como indicadores de la profundidad de la columna de agua, la temperatura, productividad, volumen total de hielo así como características geoquímicas del agua (pH, concentración de metales trazas), y contaminación del medio.

La zonación batimétrica es ajustada por la sucesión y variación morfológica de especies. Se han realizado comparaciones entre patrones de foraminíferos del

Reciente y distribuciones de foraminíferos más antiguas, que han permitido la interpretación de paleoambientes en relación al marco de referencia que se conoce. El rango de paleoambientes desde inter-nerítico hasta abisal ha sido reconocido y es convencionalmente definido como se muestra en las Figuras 2.11 y 2.12. Más adelante en la Figura 2.13 se muestran las tendencias batimétricas de algunos géneros de foraminíferos desde la plataforma hasta profundidades abisales.

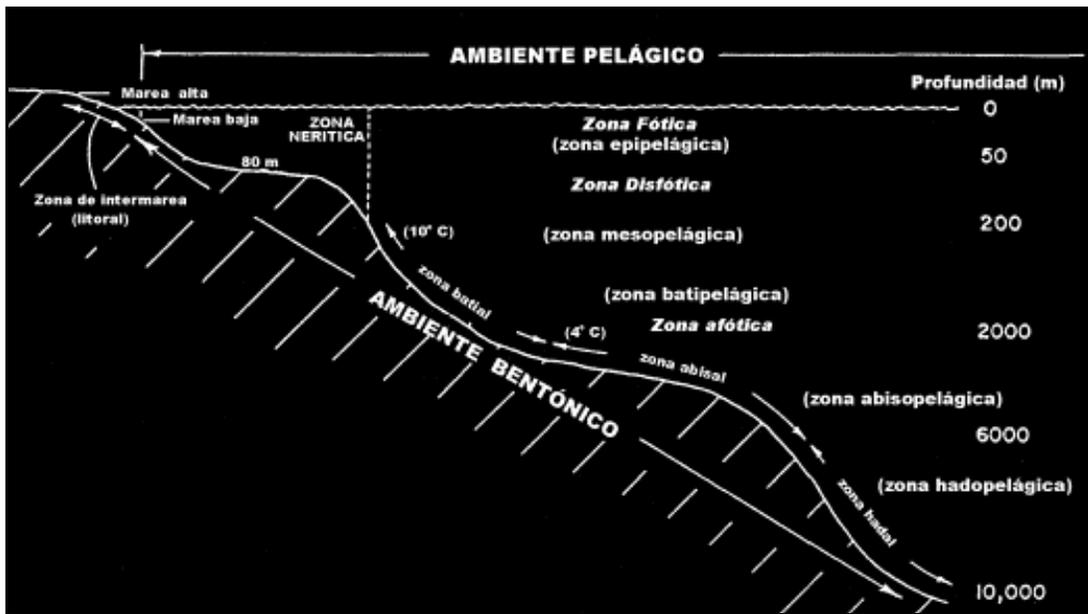


Fig. 2.11 Perfil esquemático que muestra las subdivisiones ecológicas del piso oceánico y del cuerpo de agua. Tomado y modificado de <http://www.geologia.uson.mx/academicos/olivia/carbonatadas/ambientesdesedimentacioncarbonatada.htm>

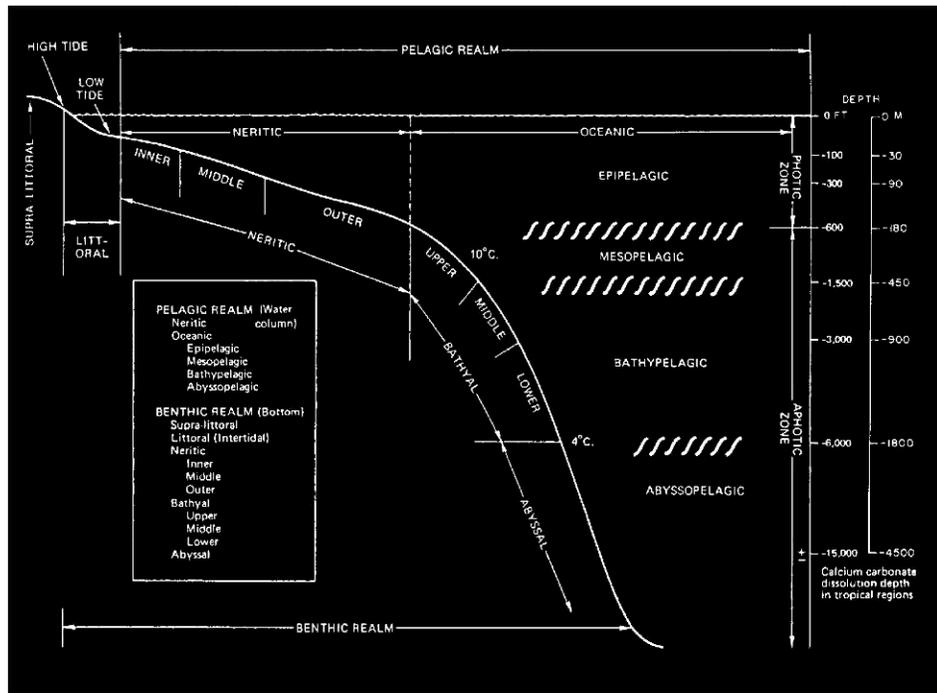


Fig. 2.12 Clasificación de zonas marinas paleobatimétricas. Tomado y modificado de The Geological Society of America, 1991

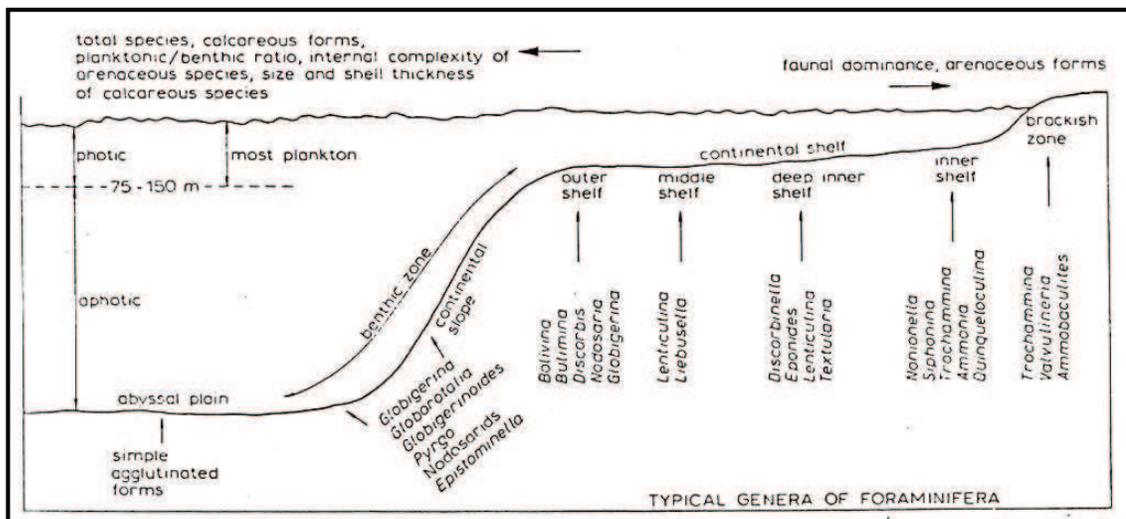


Fig. 2.13 Tendencias en batimetría y contenido fósil de sedimentos desde la plataforma abisal. Tomado y modificado de Apuntes Shell, 1980

En la Figura 2.14 se pueden apreciar los cambios de profundidad y latitud de los foraminíferos con respecto a la temperatura. En la escala superior se observa la variación de temperatura superficial promedio, y a cada lado distribución de biofacies. Específicamente distribución lateral de foraminíferos plácticos en la parte superior, por encima de los 500 m aproximadamente y distribución vertical de foraminíferos bénticos por debajo de los 500 m aproximadamente.

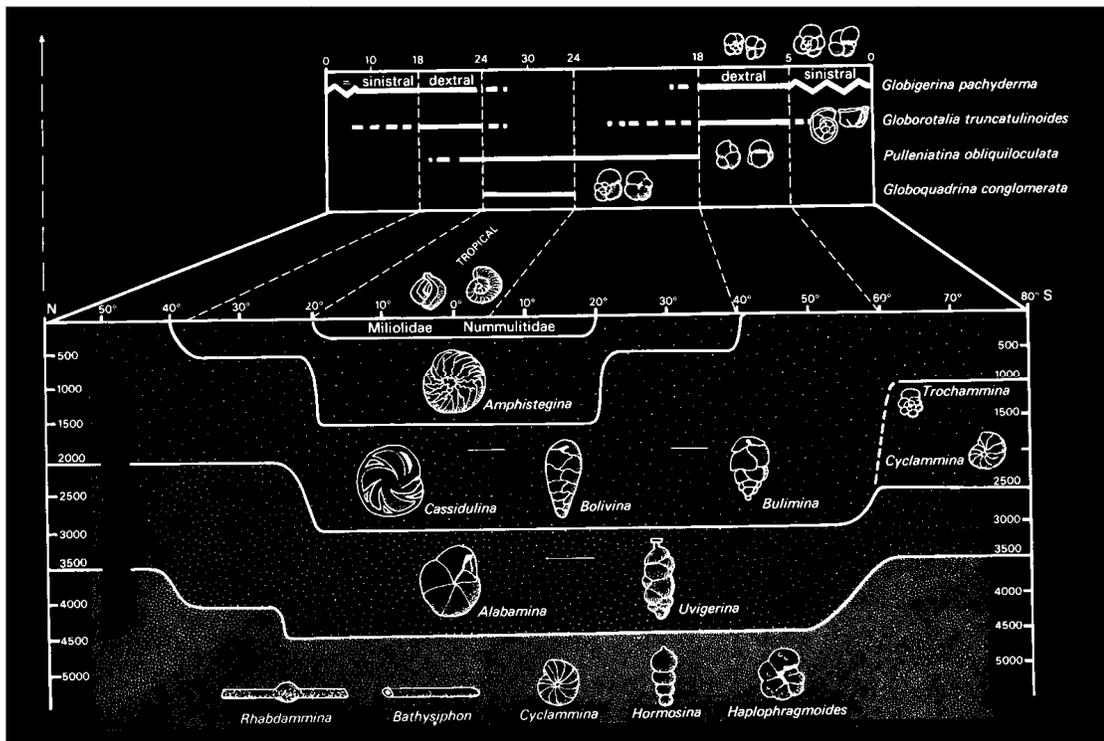


Fig. 2.14 Cambios con la profundidad y latitud de los conjuntos de foraminíferos plácticos y bénticos, especialmente en relación con la temperatura. Tomado y modificado de Truskowski, 2005

2.3.5 Plataforma Alejandría

Alejandría es una plataforma para el desarrollo de sistemas de teleinformación diseñados desde el punto de vista de Arquitectura de Información, que nace de la fusión del conocimiento de ciencias de la información (bibliotecología, archivología, gestión documental y redes de información) con el conocimiento de tecnologías de la información (sistemas, *software*, bases de datos, informática, tecnologías Web, etc.).

Esta plataforma se construye sobre una tecnología, llamada *Tecnología de Bases de Información*, desarrollada por *HACER Sistemas en interacción multidisciplinaria* con varias universidades venezolanas. Esta tecnología define el concepto de base de información, un conjunto de herramientas que permiten implementar estructuras y relaciones de información y un conjunto de métodos para el desarrollo de aplicaciones basado en las buenas prácticas de la industria.

La *Metodología Alejandría para el Desarrollo de Aplicaciones* integra un marco de trabajo a través de la implantación de proyectos que funcionan como servicios que usan las tecnologías WWW en condiciones de Intranet, Extranet o Internet. (Tomado de <http://www.alejandria.biz>).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 FASE DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo que permitió realizar la actualización de la colección de foraminíferos fue posible mediante la ejecución de las siguientes etapas.

3.1.1 Mantenimiento y evaluación

Inicialmente se reunieron todas las muestras de la colección, que se encontraban dispersas en el laboratorio 101, perteneciente al Laboratorio de Micropaleontología. Se realizó un proceso de limpieza y reparación de láminas en mal estado, sustitución de vidrios protectores, y colocación en bandejas y gabinetes. Cada bandeja se etiquetó con la ubicación correspondiente del gabinete, sección y posición asignada en el laboratorio anexo al aula 311, también correspondiente al Laboratorio de Micropaleontología de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela. En las Figuras 3.1 y 3.2 se pueden apreciar fotos del gabinete 1, en el cual están contenidas las dos secciones (3 y 4) de bandejas que se estudiaron y que se observan en las Figuras 3.3 y 3.4.

El estado de preservación de las muestras presentes en la colección de foraminíferos se determinó con un estudio visual exhaustivo de cada una de ellas por medio de la observación directa y microscópica. Al realizar la revisión completa de las muestras se constató que cada lámina contaba con su(s) respectivo(s) ejemplar(es), por esto no fue necesario realizar *picking*. De tal manera que las características de conservación de las láminas y ejemplares son adecuadas para su utilización (como se aprecia en la Figura 3.5) en estudios posteriores, a pesar de tener más de 50 años sin el mantenimiento y cuidado necesario.



Fig. 3.1 Gabinete 1



Fig. 3.2 Gabinete 1



Fig. 3.3 Sección 3



Fig. 3.4 Sección 4



Fig. 3.5 Bandejas de láminas monohoradas

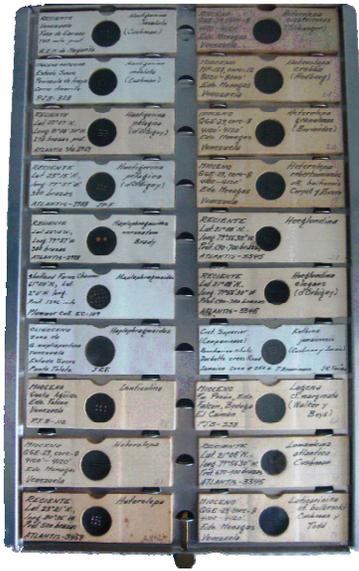


Fig. 3.6 Bandeja de láminas monohoradadas

En la Figura 3.6 se muestra una de las bandejas en la cual se ubican 20 láminas monohoradadas de foraminíferos con sus características, y cada espacio en ella representa la posición que ocupa la lámina comenzando la numeración desde el extremo superior izquierdo con el número 1 y terminando en el extremo inferior derecho con el número 20.

3.1.2 Inventario (tabla de inventario)

Una vez realizada la evaluación de las láminas se procedió a cuantificar la cantidad de muestras presentes, así como también la información plasmada en cada una de ellas como se aprecia en la Figura 3.7. De tal forma que se construyó una tabla de inventario (ver tabla de inventario en Anexo 3) en el *Software Microsoft Office Excel 2007*, registrando detalladamente la información de los datos presentes en cada una de las láminas monohoradadas, tales como: país, estado, ciudad, coordenadas geográficas, género, especie, edad, autor, entre otros.

Es importante mencionar que la información contenida en cada una de las láminas monohoradadas no es estándar para todas las muestras, por cuanto se investigaron los datos ausentes, tales como ciudad, formación geológica, entre otros.

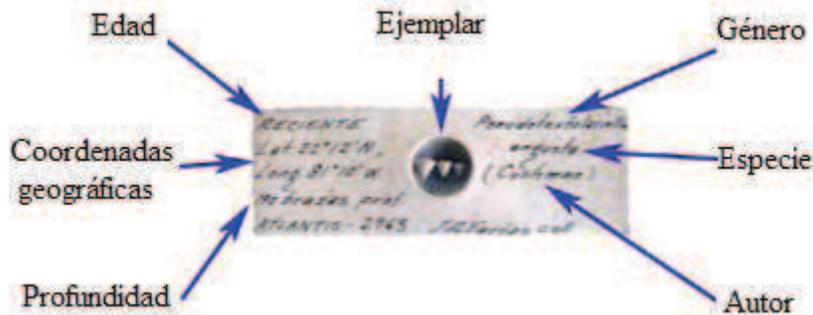


Fig. 3.7 Información contenida en las láminas monohoradadas

3.1.3 Investigación bibliográfica (tabla de clasificación)

La información contenida en las láminas de la colección no fue suficiente para cubrir los objetivos planteados, por lo tanto fue necesario una recopilación bibliográfica relacionada con foraminíferos y su entorno tanto estratigráfico como estructural que permitió completar los datos necesarios para la elaboración de una tabla de clasificación (ver tablas de clasificación en Anexo 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6) de las muestras, donde se incluyen datos litoestratigráficos, taxonómicos, geográficos, paleoecológicos, morfológicos, cronoestratigráficos, entre otros.

Esta tabla de clasificación constituye la matriz de información fundamental para la elaboración de los mapas de ubicación geográfica de las muestras pertenecientes a la colección con sus respectivos acercamientos, cuantificación y descripción de ejemplares según clasificación taxonómica, rangos paleoambientales dominantes, batimetría, etc. Así como también reviste importancia en el montaje de los datos para ser exportados a la base de datos de la Plataforma Alejandría (catálogo digital), por último se diseñó un catálogo impreso de los distintos géneros presentes en la colección.

3.2 FASE DE DIGITALIZACIÓN Y PROCESAMIENTO

Se describirá lo concerniente a la actividad realizada por medio de los equipos electrónicos para la obtención de fotografías digitales, el procesamiento de las

imágenes obtenidas, su utilización para el catálogo digital y catálogo impreso, y la construcción de los mapas de ubicación para las muestras de la colección de foraminíferos con sus respectivos acercamientos (*close-up*) de las zonas de interés.

3.2.1 Fotografías digitales

Se fotografiaron cada uno de los foraminíferos de la colección mediante el uso de microscopios y cámaras digitales. Para ello se utilizó un microscopio *Olympus*, modelo *CX31* con una cámara digital integrada *Olympus*, modelo *EVOLT* (ver Figs. 3.8, 3.9 y 3.10); y un microscopio *Leica*, modelo *DM EP* (ver Figs. 3.11, 3.12 y 3.13) con una cámara digital *Sony Cyber-shot*, modelo *DSC-T70* (ver Figs. 3.14, 3.15 y 3.16) acoplada manualmente. Ambos microscopios forman parte de los equipos pertenecientes al Laboratorio de Campo de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela.

Cabe destacar que este tipo de microscopios son utilizados para fotografiado petrográfico, por lo tanto se recurrió a técnicas de iluminación externas por medio de lámparas halógenas dispuestas de tal forma que la luz reflejada sobre las muestra permite la visualización correcta en la cámara digital empleada (ver Figs. 3.10 y 3.13). Este problema se genera como consecuencia de no contar con un equipo especializado de lupas estereoscópicas para micropaleontología que pudiera ser acoplado con una cámara digital de alta resolución.

En total se tomaron más de 4500 fotos, de las cuales fueron seleccionadas las tres mejores imágenes de cada muestra, para contar con un total de 1833 fotos. Éstas fueron editadas individualmente para mejorar su calidad de brillo, contraste, iluminación y realzar el enfoque sin modificar el contenido original. Además también fueron cortadas uniformemente con un tamaño de 2000 x 2000 *pixeles*, utilizando el *software* de edición fotográfica *Adobe Photoshop CS3*.

Se calculó la escala de las fotos de acuerdo al microscopio empleado, el objetivo seleccionado y la cámara fotográfica dispuesta para tal fin. Utilizando el programa antes mencionado se crearon capas con las escalas calculadas y se acoplaron con las fotos ya editadas.



Fig. 3.8 Microscopio Olympus modelo *CX31* (vista de frente)



Fig. 3.9 Microscopio Olympus modelo *CX31* (vista de perfil)



Fig. 3.10 Microscopio Olympus modelo *CX31* (vista con la lámpara halógena)



Fig. 3.11 Microscopio Leica modelo *DM EP* (vista de frente)



Fig. 3.12 Microscopio Leica modelo *DM EP* (vista de perfil)



Fig. 3.13 Microscopio Leica modelo *DM EP* (vista con la lámpara halógena)



Fig. 3.14 Cámara digital Sony Cyber-shot modelo *DSC-T70*



Fig. 3.15 Cámara digital Sony Cyber-shot modelo *DSC-T70*



Fig. 3.16 Cámara digital Sony Cyber-shot modelo *DSC-T70*

3.2.2 Construcción de mapas

Utilizando el programa de computación *Arcgis Desktop 9.2*, se elaboró un mapa base superponiendo un mapa de los continentes, uno delimitaba a los países y otro con los mares y océanos.

Con la tabla de clasificación de foraminíferos de la colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez, previamente elaborada, en la cual se reflejó la información taxonómica y características de cada una de las muestras (descripciones de los foraminíferos, ubicación, colector, edad, formación geológica, entre otras), se procedió a exportar dicha tabla en el *software Arcgis Desktop 9.2*, de esta forma se incorporaron las muestras al mapa base previamente georeferenciado en *Arcgis Desktop 9.2*, obteniendo la ubicación de las muestras de acuerdo a la posición geográfica correspondiente (ver mapas en Anexos 2). También se elaboraron ampliaciones para las regiones con mayor concentración de muestras.

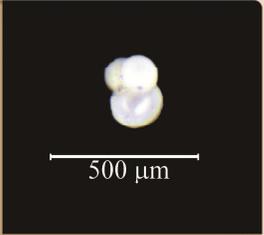
3.2.3 Catálogo de Foraminíferos Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez

Se elaboró un catálogo físico, donde se muestran 135 géneros pertenecientes a la colección, en el cual se hace referencia a la clasificación taxonómica de los foraminíferos según Loeblich y Tappan (1988). El catálogo está compuesto por fichas detalladas de las características morfológicas, ecológicas, y otras, de los foraminíferos que conforman la colección, e incluye una foto correspondiente a la especie más representativa de cada género. El diseño del catálogo fue realizado mediante el uso del *software Adobe Photoshop CS3*, el cual proporciona herramientas que permiten la diagramación de los formatos requeridos para este tipo de publicación. En la figura 3.17, se observa el diseño de una página de muestra del Catálogo de Foraminíferos Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez, donde se pueden apreciar las características más relevantes de cada género con su respectiva fotografía (ver catálogo de foraminíferos en Anexo 1).

Catálogo de Foraminíferos Colección UCV "Dr. Pedro Joaquín Bermúdez"
Gudiño, Mendoza y Mijares, 2009

Subfamilia: Globigerinitinae (Bermúdez, 1961).

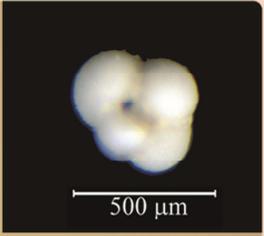
GÉNERO: *Globigerinita* (Brönnimann 1951)
ESPECIES: *G. glutinata*, *G. humilis* y *G. uvula*
PLANCTICO
APARIENCIA GENERAL: Concha trocoide
ENROLLAMIENTO: Trocoespiral
CÁMARAS: Subglobulares
SUTURAS: Deprimidas, radiales y en las periferias son redondas
PARED: Calcárea.
ORNAMENTACIÓN: Microperforadas, con poros y superficie lisa
ABERTURA: Cubierta por una placa valvular
BIOCRÓN: Mioceno Inferior a Mioceno Medio



Globigerinita glutinata

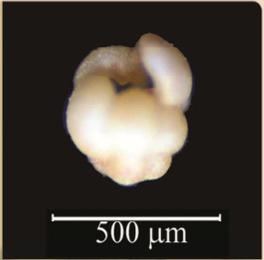
Familia: CATAPSYDRACIDAE(Bolli, Loeblich y Tappan 1957)
Subfamilia: Sin Subfamilia

GÉNERO: *Catapsydrax* (Bolli, Loeblich y Tappan 1957)
ESPECIES: *C. dissimilis*, *C. simulans* y *C. stainforthi bolli*
PLANCTICO
APARIENCIA GENERAL: Globosa
ENROLLAMIENTO: Trocoespiral
CÁMARAS: Globosas, 4 en el último verticilo
SUTURAS: Radial, deprimida y en la periferia redondeadas
PARED: Calcárea
ORNAMENTACIÓN: Toscamente perforada
ABERTURA: Abertura primaria en la zona umbilical
DIMENSIONES: Diámetro 1,15 – 1,00 mm
PALEOECOLOGÍA: Loeblich y Tappan (1988) mencionan que este género es cosmopolita.
BIOCRÓN: Eoceno Medio a Mioceno Medio



Catapsydrax dissimilis

GÉNERO: *Globoquadrina* (Finlay 1947)
ESPECIES: *G. altispira*, *G. dehiscens*, *G. galavisi* y *G. globularis*
PLANCTICO
APARIENCIA GENERAL: Concha sub-cuadrangular a redondeada
ENROLLAMIENTO: Biconvexa
CÁMARAS: Todas son visibles por el lado dorsal, las de la última vuelta generalmente en números de 5 o 4, las cuales hacen la totalidad de la concha, aumentando rápidamente de tamaño según su forma.
PARED: Calcárea
ORNAMENTACIÓN: Perforada y algo espinosa en la porción ventral de la concha.
ABERTURA: Amplia, extendiéndose desde la profundidad de la región umbilical hacia el borde periférico de la concha.
DIMENSIONES: Diámetro 1,0 - 0,5 mm
PALEOECOLOGÍA: Loeblich y Tappan (1988) mencionan que este género es cosmopolita.
BIOCRÓN: Eoceno Medio a Mioceno Superior



Globoquadrina altispira

12

Fig. 3.17 Página de muestra del Catálogo de Foraminíferos Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez

3.2.4 Procesamiento de la información en la Plataforma Alejandría

Utilizando la tabla de clasificación de las muestras de foraminíferos de la Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez, en la cual se introdujo la información de la clasificación taxonómica y las características de enrollamiento, suturas, cámaras, pared, ornamentación, dimensiones y paleoecología de los distintos géneros y especies pertenecientes a la colección, se descargó dicha información con fotografías correspondientes en la base de datos del *software* de la Plataforma Alejandría. Esta base de datos es interactiva y dinámica lo que agiliza el sistema de búsqueda de los diferentes géneros para los usuarios que manifiesten interés en el campo de la micropaleontología.

3.3 INTERPRETACIÓN

Con base en los mapas elaborados se procedió a realizar un análisis de la distribución de los organismos en las diferentes etapas del tiempo geológico establecidas, así como también tener una visualización en el área, de las relaciones entre los foraminíferos plácticos y béticos, con la finalidad de establecer condiciones ambientales en el caso de los béticos o edades en el de los plácticos.

El análisis paleoecológico se basó en los mapas elaborados, ya que al obtener las ubicaciones de las muestras se pueden visualizar de una forma clara las tendencias de la distribución de éstas y es posible inferir las condiciones climáticas, térmicas, batimétricas, entre otras; a las que los foraminíferos estuvieron sometidos, tomando en cuenta la relación que tiene la tectónica asociada a la época geológica. De manera que estas condiciones pudieron contribuir para interpretar las ya existentes en determinado tiempo geológico, así como el papel que jugaron dentro de la sedimentación de las diferentes formaciones geológicas donde fueron encontrados cada uno de los ejemplares.

3.4 LIMITACIONES

Dentro de las limitaciones que se encontraron durante el desarrollo de la investigación se tienen dos: una respecto a las herramientas e instrumentos utilizados y otra referente a la interpretación de la información disponible. En cuanto a los instrumentos utilizados se presentaron dificultades para realizar el fotografiado de las muestras de microfósiles, ya que para ello lo más adecuado sería utilizar un microscopio electrónico, pero por la gran cantidad de fotos que se debían que tomar (aproximadamente 1800) no resultaba rentable para el presupuesto con que cuenta la Escuela de Geología, Minas y Geofísica.

Debido a esto se acordó tomar las fotos en una lupa estereoscópica perteneciente al Laboratorio de Micropaleontología de la mencionada Escuela, sin embargo dicha lupa no contaba con una cámara digital integrada, sino con una cámara de película (o rollo), lo que también resultaría costoso por el número de fotos a revelar. La solución más factible a este problema fue comprar un adaptador para una cámara digital, el cual en efecto se solicitó en el mes de febrero y llegó en junio; no obstante al intentar instalarlo en la lupa, no funcionó como se esperaba, ya que este adaptador no era para una cámara fotográfica sino para una de videos. Se procedió al cambio del mismo pero no fue posible y hasta la actualidad no se ha podido ejecutar el mismo.

En vista de lo acontecido se tomó la decisión de realizar el fotografiado de las muestras en un microscopio petrográfico con cámara digital integrada perteneciente al Laboratorio de Campo de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, al cual se le colocaron lámparas halógenas externas, para poder tener una visualización del ejemplar en pantalla, ya que la iluminación del microscopio no podía atravesar la lámina monohoradada.

Como consecuencia de lo anterior, las fotos no tenían una buena resolución de la imagen, motivo por el cual fue necesario someterlas a un proceso de edición individualizado en el *Software Adobe Photoshop CS3* para mejorar el brillo,

contraste, iluminación, etc., lo cual requirió de una gran inversión de tiempo para obtener una mejor calidad de las fotos.

Otra limitación respecto a las fotos fue que en principio se querían tomar las tres vistas principales de cada especie, sin embargo esto no fue posible, ya que en la mayoría de las láminas monohoradadas de la colección no se presentaban estas tres vistas, sino sólo una de ellas en todos los ejemplares de la especie, por lo cual en estos casos se decidió escoger las tres mejores que las representaran.

En cuanto a interpretación se encontraron dificultades durante la descripción de las formaciones geológicas correspondientes a las muestras, ya que la información que se encontraba era muy poca y de fuentes no oficiales ni reconocidas. Así como también se hizo complejo establecer relaciones estratigráficas para las distintas edades y procesos tectónicos que afectaron la región Caribe-Antillana y Golfo de México desde el Cretácico Tardío al Reciente.

De igual manera, realizar el análisis paleoecológico de los foraminíferos resultó complejo, ya que las muestras están concentradas en dos países principalmente (Cuba y Venezuela) lo cual no permitió extender la interpretación con mayor precisión al resto de la región estudiada.

En las relaciones entre foraminíferos béticos y plácticos, se encontraron rangos bastante desiguales en los países, lo que no permite dar un análisis certero acerca del dominio de plácticos o béticos en la región Caribe- Antillana y Golfo de México, sino una idea general de la diversidad de especies que posee la colección en esta región.

CAPÍTULO IV

GEOLOGÍA REGIONAL

4.1 TECTÓNICA REGIONAL

4.1.1 Geodinámica del Caribe (Cretácico Tardío a Reciente)

Varios modelos de evolución tectónica se han propuesto para el Caribe. Sin embargo, todos concuerdan en la existencia de un vacío estructural como consecuencia de la separación entre Norte y Suramérica durante la ruptura de Pangea en el Jurásico, que además produjo la inserción de la placa Caribe proveniente del Pacífico a este espacio disponible entre los continentes americanos y posteriormente se originó la colisión de la Placa Caribe con los márgenes de las placas Norte y Suramericana al final del Cretácico Tardío y el Terciario. En la Figura 4.1 se muestra un mapa de estructuras geológicas que conforman la región caribeña.

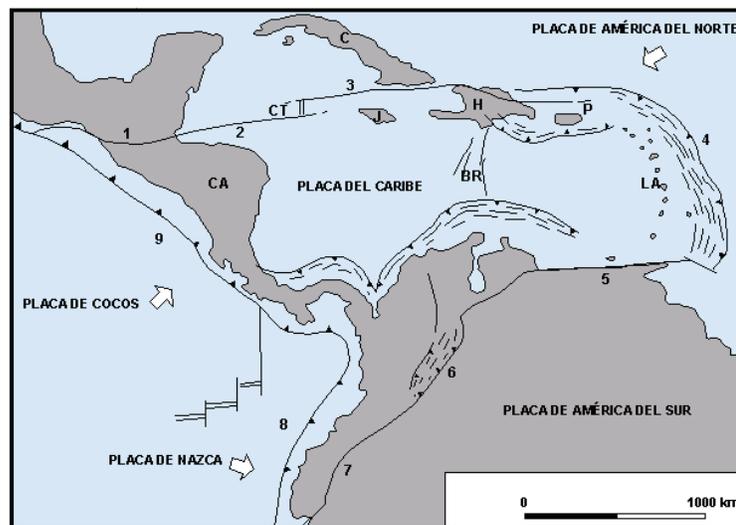


Fig. 4.1 Mapa esquemático de la región del Caribe, que muestra la posición relativa de las placas C, Cuba; J, Jamaica; P, Puerto Rico; H, La Española; LA, Antillas Menores; CA, Centroamérica; CT, Fosa Caimán; BR, Cresta de Beata; 1, zona de fallas Polochic-Motagua; 2, falla transformante Swan; 3, falla transformante Oriente; 4, zona de subducción de las Antillas Menores; 5, zona de fallas El Pilar; 6, Cordillera Oriental de Colombia; 7, zona de fallas Dolores-Guayaquil; 8, zona de subducción de Colombia; 9, zona de subducción de América Central. Tomado y modificado de <http://www.monografias.com/trabajos39/evolucion-tectonica-cuba/evolucion-tectonica-cuba2.shtml>

Los modelos propuestos por diversos autores hasta el momento que buscan explicar el origen y la evolución de la placa del Caribe, aceptan su migración relativa hacia el este, respecto a las placas Norteamericana y Suramericana, pero la mayor polémica se centra en el origen de la litósfera oceánica que hoy conforma la Placa del Caribe, pues este aspecto es explicado bajo puntos de vista diferentes.

La teoría del "Caribe Autóctono" plantea la generación de la litósfera oceánica del Caribe entre las placas Norteamericana y Suramericana luego de la ruptura de Pangea. Así como también asumen un origen atlántico para la Placa del Caribe, por lo que pueden caracterizarse como estáticos, pues la cinemática de las placas adyacentes (Norteamericana, Suramericana y Farallón) controlaría sus márgenes. Por otro lado se tiene la teoría del "Caribe Alóctono" que propone un origen pacífico de la litósfera del Caribe.

Según este grupo de modelos, la divergencia mesozoica entre Norteamérica y Suramérica creó una cuenca oceánica interamericana, el Protocaribe (de origen atlántico), actualmente desaparecida por subducción bajo la placa del Caribe, cuyo origen Jurásico se situaría en el Pacífico (Placa Farallón). La continua desaparición del Protocaribe por subducción y divergencia entre Norteamérica y Suramérica durante el Mesozoico, permitiría la deriva de la placa del Caribe hacia el este, a medida que la placa Norteamericana derivaba hacia el NO y la Suramericana hacia el oeste-noroeste. En su deriva hacia el este, la Placa del Caribe se llegaría a colocar entre las dos placas mayores, siendo el movimiento relativo en dirección sinistral en su margen septentrional (Guatemala-Antillas Mayores) y dextral en su margen meridional (Colombia-Venezuela-Antillas Holandesas). Este segundo grupo de modelos es el más aceptado actualmente, aunque debe indicarse que se han propuesto bastantes variantes del mismo con contrastadas geometrías y evoluciones de los límites de placa.

Uno de los mayores problemas que hasta la fecha no se ha logrado aclarar del todo, está referido a los eventos de colisión que han afectado sucesivamente la región

caribeña, donde se propone un modelo evolutivo que considera el desarrollo de un proceso de colisión secuencial (ver Fig. 4.2), entre la Placa del Caribe y los márgenes de Yucatán, Norteamérica y Suramérica. Tales eventos posiblemente se relacionan a escala regional, con la compresión que ha sufrido la Placa del Caribe en su deriva hacia el este entre las placas Norteamericana y Suramericana, estando además afectados desde el Oligoceno por el proceso de transcurrancia del Caribe noroccidental.

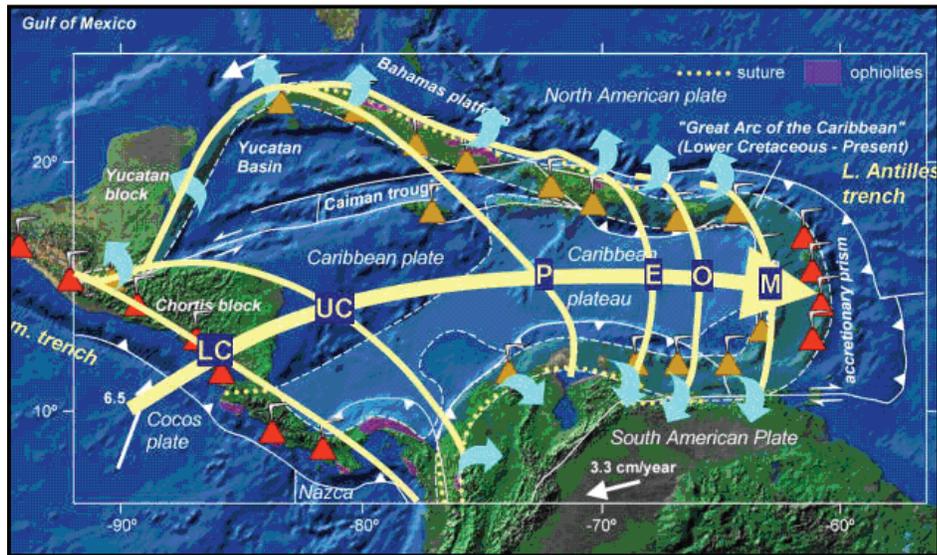


Fig. 4.2 Proceso de colisión secuencial entre la Placa del Caribe y los márgenes de Yucatán, Norteamérica y Sudamérica. UC, Cretácico Superior; P, Paleoceno; E, Eoceno; O, Oligoceno; M, Mioceno. Tomado y modificado de <http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm>

Como fue mencionado anteriormente, existen muchos modelos que explican la evolución tectónica del Caribe, por esa razón en esta investigación nos limitaremos al modelo propuesto por Pindell (1988, 1990 y 1994), ya que éste es considerado como modelo clásico dentro de la evolución tectónica del Caribe, haciendo alguna acotación si es necesario en algún otro modelo que sea contribuyente.

Según Pindell *et al.* (1988) la litósfera caribeña fue parte de la placa Farallón y una vez que se transformó en meseta oceánica, resultó refractaria al proceso de subducción al que estaba sometida, de tal forma que el escudo o meseta oceánica invirtió la polaridad de subducción, con lo cual se inició su transporte tectónico hacia

la zona entre las placas de América del Norte y América del Sur, con dirección relativa primero hacia el norte después hacia el NE y finalmente hacia el este como ocurre actualmente. En su desplazamiento hacia el norte se generó la cuenca de Yucatán; dicho movimiento cesó por la colisión del arco volcánico de las Antillas Mayores con las Bahamas hacia el Eoceno Temprano, con lo cual la placa Caribe empezó su desplazamiento relativo hacia el este.

Por otra parte, el *slab gap model* implica una formación más temprana de la Meseta Oceánica del Caribe.

La historia de la placa tectónica del Caribe se muestra en las Figuras 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7 donde se refleja la reconstrucción de la Placa Caribe en las diversas etapas del pasado geológico (Cretácico - Mioceno). La evolución tectónica es presentada a continuación, donde se puede apreciar el desplazamiento experimentado desde que se encontraba en el Pacífico (teoría alóctona), hasta el Mioceno.

En este sentido para el Cretácico se desarrolló un arco volcánico a lo largo del margen convergente septentrional de la Placa Caribe y existió hasta la colisión oblicua con la Placa Norteamericana en el Eoceno. La posterior colisión con la Placa Norteamericana implica movimientos superiores a 100 Km a lo largo de las fallas transcurrentes del sistema de la Fosa de Caimán, que han extendido y desagregado el arco volcánico y sus cuencas marginales por todas las Antillas.

En la Figura 4.3 se muestra el conjunto de placas interactuando, específicamente las placas Kula y Farallón con la Norteamericana y la Suramericana en forma de una componente dextral para el Aptiense (Cretácico Temprano), tomando en cuenta que para el Jurásico la componente era sinistral. Este cambio de polaridad se debe según el autor a la aceleración de la Placa del Caribe, debido al punto caliente o "hot spot" en Galápagos. En las Figuras 4.4 y 4.5 se muestra la evolución tectónica del Caribe para el Albiense y Maastrichtiense respectivamente.

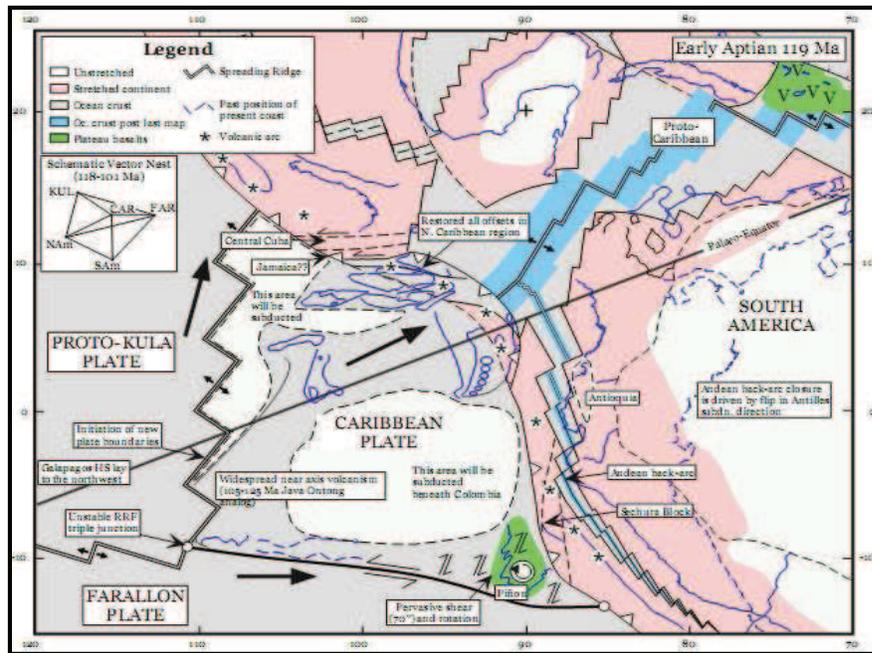


Fig. 4.3 Reconstrucción de la Placa Caribe para el Cretácico Temprano (Aptiense temprano). Tomado y modificado de <http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm>

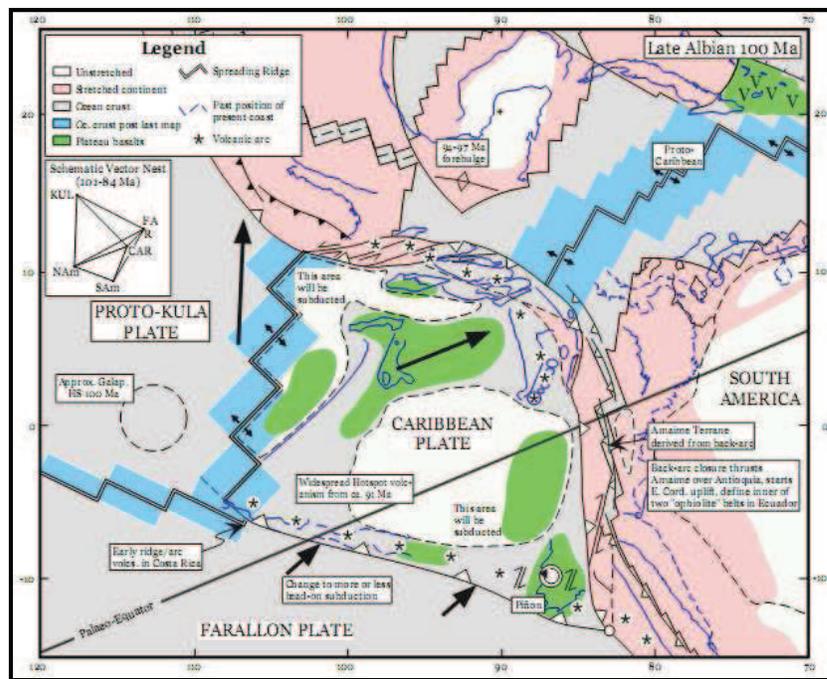


Fig. 4.4 Reconstrucción de la Placa del Caribe para el Cretácico medio y Tardío. Tomado y modificado de <http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm>

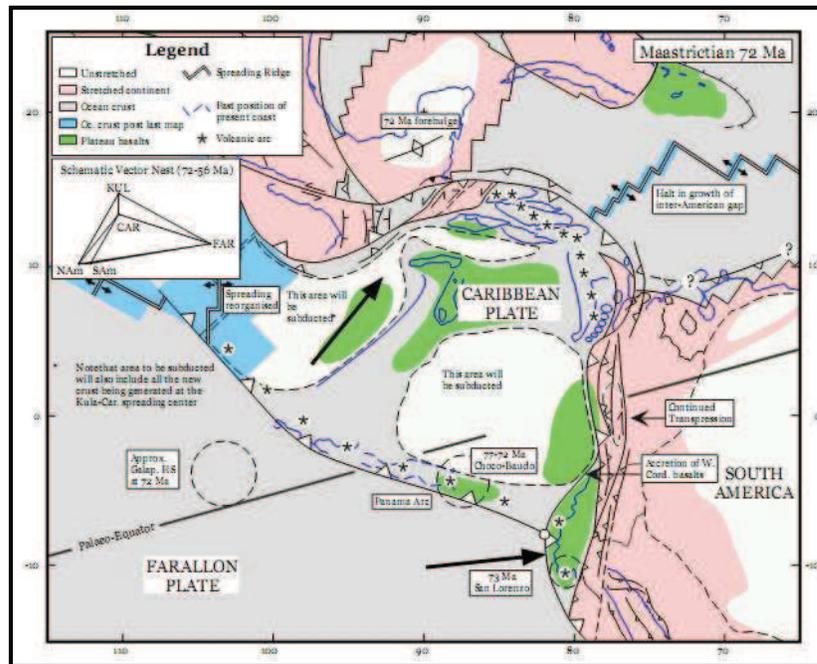


Fig. 4.5 Reconstrucción de la Placa Caribe para el Cretácico Tardío (Maastrichtiense). Tomado y modificado de <http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm>

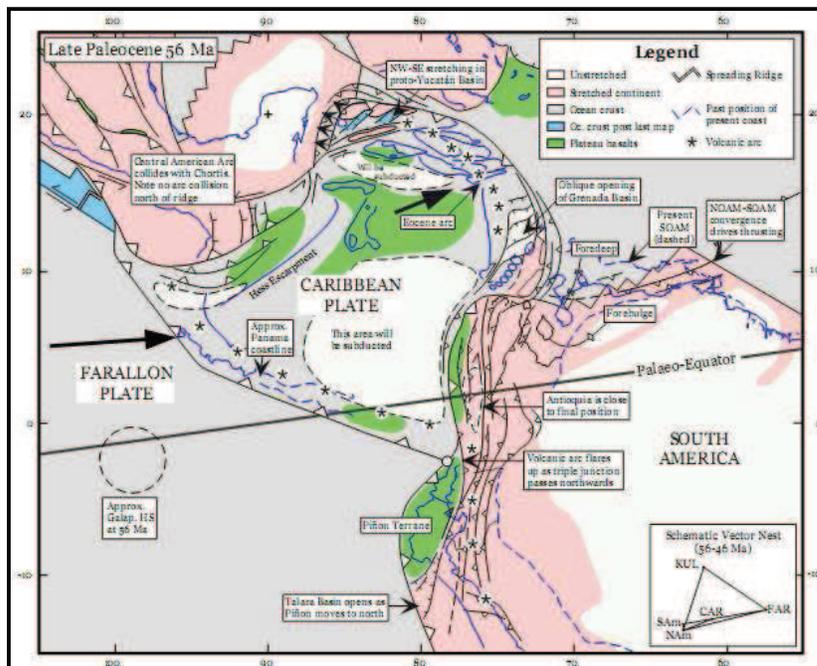


Fig. 4.6 Reconstrucción de la Placa Caribe para el Paleoceno. Tomado y modificado de <http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm>

En el Paleoceno (ver Fig. 4.6) la parte del Gran Arco debía pasar a través de la Guajira - Yucatán, un verdadero cuello de botella que se fue capaz de expandirse en la mayor proto - cuenca oceánica del Caribe y como resultado de este proceso se generó la cuenca de Yucatán y las cuencas retroarco de Granada, permitiendo mantener el contacto con los márgenes continentales (Pindell y Barrett, 1990).

Durante el Paleoceno la Placa Caribeña tenía un desplazamiento dirección Norte (Pindell y Barrett, 1990). También ocurre un cambio en el desplazamiento relativo del Caribe producto de una colisión oblicua del “Bloque Margarita” (constituido por las actuales penínsulas de Paria y Araya, Cordillera de la Costa e islas del este del Caribe) sobre Suramérica. Los altos de la Blanquilla, Aves, Margarita, Los Testigos y Antillas Holandesas están emergidos y continúan así durante todo el Paleógeno.

Para el Paleoceno - Eoceno, se genera un evento colisional de la Placa Caribe con el Arco Cubano en los terrenos Pinos, Escambray y las secuencias enterradas al sur de la provincia de Camagüey y la Plataforma de las Bahamas. Sin embargo, a pesar de las evidencias conocidas, aún no existe un esquema que permita explicar la evolución y características de los eventos colisionales, que dieron lugar a la formación del Cinturón Plegado Cubano.

La separación entre Norteamérica y Suramérica quedó extinta y como consecuencia de la colisión y migración de la Placa Caribe el oeste venezolano pasa a ser un margen activo donde se producen diversos efectos geológicos.

Este evento de colisión de la Placa del Caribe permitió que el arco cubano pasara a pertenecer a la Placa Norteamericana además generó un rebote que cambió el desplazamiento de la placa Caribeña hacia el este (ver Fig. 4.7).

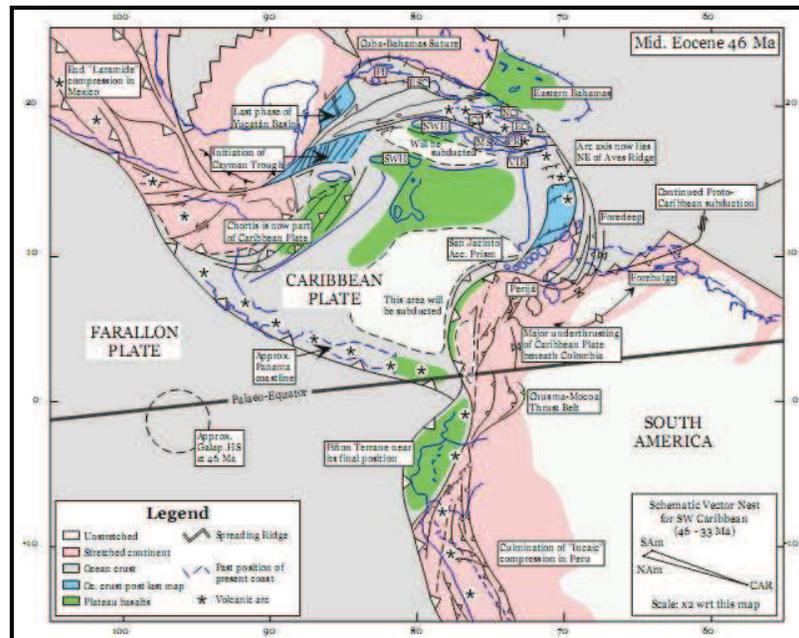


Fig. 4.7 Reconstrucción de la Placa Caribe para el Eoceno Medio. Abreviaciones: PI, Isla de Pinos; ESC, Escambray; SWH, Suroeste de Haití; NWH, Noroeste de Haití; CC, Cordillera Central; NC, Cordillera Norte; Cordillera Sur; MS, Plataforma de Muertos; PR, Puerto Rico; VIR; Islas Vírgenes. Tomado y modificado de <http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm>

En el Eoceno - Oligoceno continúa el desplazamiento de la Placa Caribe hacia el este, la evidencia del evento se refleja en el desarrollo de la Fosa de Caimán, siendo esta una cuenca “pull-apart”, según Pindell y Barret (1990), y la responsable de los desplazamientos de fallas transcurrentes y el cambio a un desplazamiento en dirección SE del Caribe.

Producto de la colisión de las placas Caribe y Suramericana comienza la transpresión, en el occidente de Venezuela y se genera una rotación en sentido horario de los bloques transpresionales en la zona límite este y sur de la Placa Caribe y norte de la Placa Suramericana, relacionado con el fallamiento en sentido dextral de Oca, San Sebastián y el Pilar.

En el Oligoceno Tardío el frente de deformación del Caribe alcanza la zona de las actuales penínsulas Araya y Paria y posteriormente la isla Trinidad. El fallamiento

destral del borde norte de Suramérica (Boconó-San Sebastián-El Pilar), genera las cuencas “pull-apart” de Falcón, Bonaire y la baja Goajira al NE de Venezuela.

En Colombia, la cresta del Arco de Panamá comenzó a entrar y ahogar a una porción específica de la zanja de Colombia, lo que generó la elevación del sur de la Cordillera Central, la cuenca Gualanday adyacente (foredeep) en el Valle del Alto Magdalena y escarpes tectónicos, dando así la forma original a Panamá. Por otro lado Chortis en su transpresión sinistral a lo largo del sur de México comenzó a tener un acortamiento en la Sierra de Chiapas y el vulcanismo de arco permitió la propagación de Chortis hacia el este (ver Fig. 4.8).

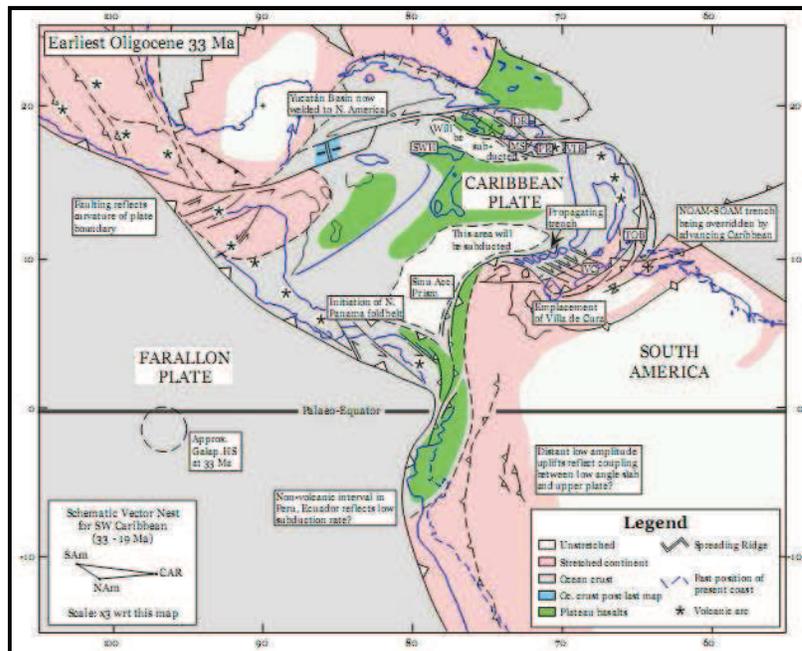


Fig. 4.8 Reconstrucción de la Placa del Caribe para el Oligoceno Temprano. Abreviaturas: DR, República Dominicana; TOB, Tobago; VC, Villa de Cura. Tomado y modificado de <http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm>

En el Mioceno se manifiesta la formación del Golfo de Tehuantepec. La evolución de esta gran provincia geológica es consecuencia de la reactivación del bloque Honduras-Nicaragua, que se desplazaba a lo largo del sistema de fallas geológicas conocido como Motagua – Polochic. Esto provocó el máximo desarrollo del sistema de fallamiento lateral en el Macizo Granítico de Chiapas.

Al borde de la Placa Suramericana, en su parte noroccidental, la trinchera oceánica empezó a desactivarse, y la de Galápagos entró en actividad aparentemente desde el Oligoceno Tardío. Esta fractura estaba inicialmente orientada este – noreste, pero adquirió su orientación franca este-oeste con el cambio en el movimiento de la Placa del Caribe hacia el oriente durante el Mioceno Tardío y el Plioceno Temprano. Así se definieron los límites de las placas oceánicas de Cocos y de Nazca, presentes hasta la actualidad (ver Fig. 4.9).

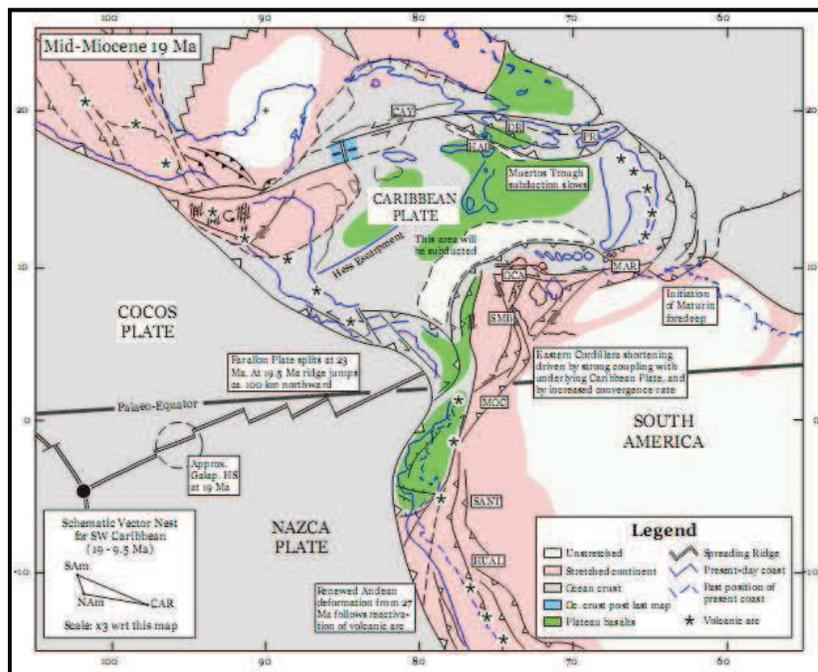


Fig. 4.9 Reconstrucción de la Placa Caribe para el Mioceno Temprano
CAYMAN, Fosa Caimán; MAR, Margarita; OCA, falla de Oca; SMB, Falla Santa Marta-Bucaramanga; SANT, Cuenca Santiago.

Tomado y modificado de <http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm>

En el Mioceno Tardío al Reciente (ver Fig. 4.10), la región caribeña está controlada por fallas este-oeste de tipo transcurrente dextral. Este régimen presenta un dominio transpresional al norte de las costas venezolanas.

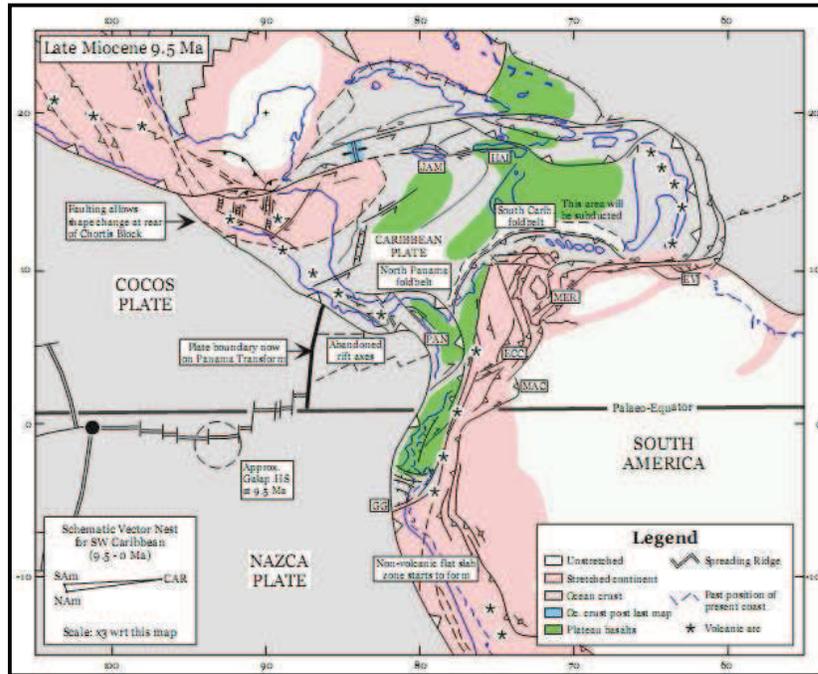


Fig. 4.10 Reconstrucción de la Placa Caribe para el Mioceno Tardío. Abreviaturas: JAM, Jamaica; HAI, Haití; EV, East Venezuela – Trinidad; MER, Mérida Andes; ECC, este de la Cordillera de Colombia; MAC, Sierra de la macarena; GG, Golfo de Guayaquil.

Tomado y modificado de <http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm>

Una vez realizado un breve pasaje por la evolución de la Placa del Caribe se puede decir que se presentan diferentes estructuras geológicas (Cresta de Beata, Cresta de Aves, Trincheras de Puerto Rico, Fosa de Muertos, Fosa Caimán, Escarpe de Hess, entre otras) formadas durante las diferentes edades del tiempo geológico, debido a la deriva del Caribe primero hacia el norte y luego de la colisión del arco cubano con la Plataforma de Bahamas originó el rebote de la misma hacia el este hasta nuestros días. Durante el desplazamiento hacia el este ha generado zonas de subducción con las placas adyacentes donde se han originado arcos volcánicos como las Antillas Menores.

En cuanto a la tectónica que afectó al Golfo de México se puede decir que se remonta su origen al Triásico tardío como resultado de la dislocación dentro de la Placa Norteamericana, ya que empezó a agrietarse y deriva a partir de las placas Africana y Suramericana; la dislocación probablemente continuó a través del Jurásico Temprano y Medio. El avance intermitente del mar en la zona continental desde el oeste a finales del Jurásico Medio trajo como resultado la formación de los extensos depósitos de sal.

Desde finales del Jurásico, la cuenca ha sido una provincia geológica estable, caracterizada por el hundimiento persistente de su parte central, probablemente debido al principio de refrigeración térmica y posteriormente a la carga de sedimentos en la cuenca, que llena de gruesas cuñas de progradación clástica a lo largo de los márgenes del NO y norte, especialmente durante el Cenozoico.

La cuenca del Golfo de México es aproximadamente una cuenca circular estructural que ha sido llenada con 15 Km de sedimentos desde el Triásico Tardío al Reciente, el término “embayment” es usado con frecuencia en esta cuenca ya que se refiere a una subcuenca, usualmente contiene sal y sedimentos jurásicos que está más hacia la apertura de la cuenca del Golfo.

El marco estructural de la cuenca del Golfo de México puede ser subdividida en 3 provincias estructurales (ver Fig. 4.11), con correspondencia con las principales provincias de litofacies persistentes desde el Jurásico al Holoceno:

1. El margen progradacional noroccidental (México- Alabama), que ha sido subdividido en una Zona Interior (estructuras mesozoicas) y una Zona Costera (estructuras cenozoicas).
2. Margen oriental de carbonatos (plataformas de Florida y Yucatán).
3. Margen compresional occidental (Istmos de Tehuantepec y nororiental de México).

Estas provincias están formadas por zonas de fallas tales como: Karnes, Mexia-Talco, Mount Enterprise, Rodessa, Tuscaloosa, Wilcox y El Frio, entre otras y el graben del Valle de Mississippi.

Por otra parte se sugiere un gran impacto de origen cometario en el Golfo de México en la clausura del Cretácico que también lo afectó las provincias estructurales de la época.

En general, la tectónica que ha afectado al Golfo de México está relacionada con la deriva de la Placa del Caribe y su efecto sobre el Bloque Maya y Chortis con interacción de otras placas entre ellas la Norteamericana.

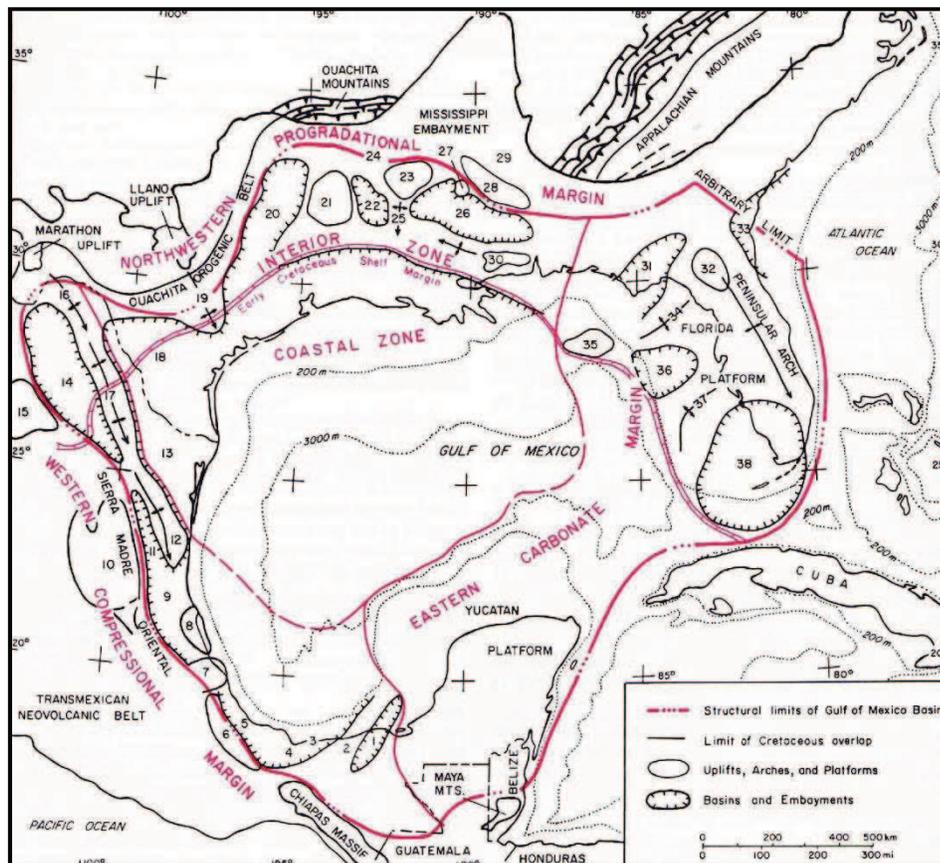


Fig. 4.11 Mapa de elementos estructurales y la subdivisión de los principales sectores estructurales del Golfo de México. Tomado y modificado de The Geological Society of America, 1991

4.2 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

Las bases estratigráficas a las que se hace referencia en este trabajo, están integradas por la región Caribe - Antillana y el Golfo de México, donde se recolectaron las 625 muestras de foraminíferos estudiadas.

La estratigrafía será analizada en secciones, ya que la región es muy extensa para ser generalizada como un bloque, por lo cual se desglosará en una sección correspondiente a la región Caribe - Antillana y otra constituida por el Golfo de México.

La región del Caribe está conformada por el Mar Caribe, sus arcos insulares y las costas que rodean a este mar. La mayor parte de las islas pertenecen a América Central, aunque algunas como Trinidad y Tobago, pertenecen a América del Sur.

El Mar Caribe o de las Antillas, está ubicado al sureste del Golfo de México y América del Norte, al este de América Central y al norte de América del Sur, cubriendo la superficie de la Placa del Caribe. Las Antillas son una región insular constituida por las Bahamas, las Antillas Mayores y las Antillas Menores.

Las Bahamas son un estado independiente con un archipiélago de veinticuatro islas habitadas, seiscientas deshabitadas y más de dos mil peñascos. El grupo de las Antillas Mayores está compuesto por Cuba, Jamaica, República Dominicana, Haití y Puerto Rico (estado libre asociado a los Estados Unidos). Las Antillas Menores están integradas por países insulares independientes, dentro de los que se cuentan Antigua y Barbuda, Barbados, Dominica, Granada, San Cristóbal y Nieves, San Vicente y Las Granadinas, Santa Lucía, y Trinidad y Tobago. También pertenecen a las Antillas Menores dependencias de otros países entre los cuales se encuentra Venezuela con el estado Nueva Esparta (Margarita, Coche y Cubagua) y las Dependencias Federales (Archipiélago Los Monjes, Isla La Tortuga y cayos adyacentes, Isla La Sola, Islas Los Testigos, Islas Los Frailes, Isla de Patos, Archipiélago Los Roques, Isla La

Blanquilla, Islas Los Hermanos, Isla La Orchila, Archipiélago Las Aves e Isla de Aves).

Las costas del Mar Caribe incluyen países del continente americano, tales como Venezuela, Panamá, Nicaragua, México, Honduras, Guatemala, Estados Unidos, Costa Rica, Colombia y Belice.

El Golfo de México por su parte, es una cuenca marítima contenida entre los litorales de México, Estados Unidos y Cuba, tiene costa con Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán (estados mexicanos), así como también con Florida, Alabama, Misisipi, Luisiana y Texas (estados norteamericanos); y se encuentra separado del Mar Caribe por la Península de Yucatán.

4.2.1 Región Caribe - Antillana

La sección correspondiente a la región Caribe - Antillana, se describe tomando en cuenta sólo las formaciones geológicas donde están presentes los ejemplares estudiados en la investigación. Será dividida en cuatro partes, Venezuela (cuenca occidental y cuenca oriental de Venezuela), Antillas Mayores, Antillas Menores y países costeros del Caribe.

Venezuela

La estratigrafía de Venezuela se divide en dos secciones principales: la Cuenca Oriental de Venezuela y las cuencas de la región occidental de Venezuela, a la cual corresponden las cuencas de Maracaibo, Falcón, Barinas y Los Llanos, mientras que la cuenca oriental de Venezuela la componen las subcuencas de Maturín y Guárico.

Cuenca occidental de Venezuela

De la región occidental de Venezuela la cuenca de Falcón es la de interés para la investigación, ocupa un área de 36.000 km² con extensión costa afuera hacia la fosa

de Bonaire, se inicia su desarrollo a partir del Eoceno Tardío, alcanzando su forma definitiva durante el Terciario tardío (Oligoceno- Mioceno), con un colapso tectónico detrás de un arco de islas.

Actualmente la cuenca de Falcón se divide en dos provincias tectónicas; la occidental, que corresponde con la cuenca de Falcón tectónicamente invertida a partir del Mioceno Medio al Tardío, con el desarrollo del anticlinorio de Falcón y la oriental, que ocupa actualmente el área de costa afuera de Falcón oriental y la Fosa de Bonaire.

Por una parte se postula que la Cuenca de Falcón se originó por efectos transtensionales relacionados con fallas transcurrentes como las fallas de Oca y San Sebastián, mientras que por otra se propone que la cuenca evolucionó a partir de desplazamientos iniciados en el Eoceno Tardío que originaron una serie de cuencas “pull-apart”. Pindell *et al.* (1988) también clasificaron la cuenca y otras como Golfo Triste, Cariaco y Golfo de Paria como cuencas del tipo “pull-apart”, originadas entre el límite de las placas Caribe y Suramericana.

El movimiento transcurrentes de la Falla de Oca y fases de “rifting” originan dos depocentros importantes en esta cuenca: El Canal Falconiano (Oligo-Mioceno) y el Surco de Urumaco (Mío-Plioceno).

En Falcón oriental, la subcuenca de Agua Salada, se inicia en el Eoceno Tardío con la sedimentación de la Formación Cerro Misión, aunque su mejor desarrollo lo alcanza en el Oligoceno y el Mioceno con la depositación del Grupo Agua Salada (formaciones Guacharaca, San Lorenzo y Pozón).

En la Figura 4.12 se muestra un cuadro de correlación del Terciario medio en Falcón y regiones adyacentes. En la Figura 4.13 se aprecia un mapa de la cuenca de Agua Salada, de interés ya que en esta se ubican un número considerable de ejemplares pertenecientes a la colección estudiada.

CUADRO DE CORRELACION DEL TERCIARIO MEDIO EN FALCON Y REGIONES ADYACENTES									
EDAD	GUAJIRA	ZULIA ORIENTAL	FALCON			PARAGUANA	CURACAO	BONAIRE	
	1	2	OCCIDENTAL	CENTRAL	OCCIDENTAL	OCCIDENTAL	7	8	9
MIOCENO INFERIOR	Jimol	La Rosa	Agua Clara	Agua Clara	San Lorenzo	Cantaure			
		Uitpa	Castillo	Pedregal					
OLIGOCENO		Uitpa		Pecaya	Guacharaca				
		Siamana							
EOCENO SUPERIOR			El Paraíso	El Paraíso					
						Cerro Misión			
EOCENO MEDIO	Macarao	Paují Misoa	Jarillal Santa Rita	Jarillal Santa Rita		Cerro Campana	Seroe Mainjei	Porto Spano	

* DE ORIGEN CONTINENTAL DISCONTINUA Tomado de: M. L. DIAZ DE GAMERO (1977)

Fig. 4.12 Cuadro de correlación del Terciario medio en Falcón.
Tomado y modificado de <http://www.pdvs.com/lexico>

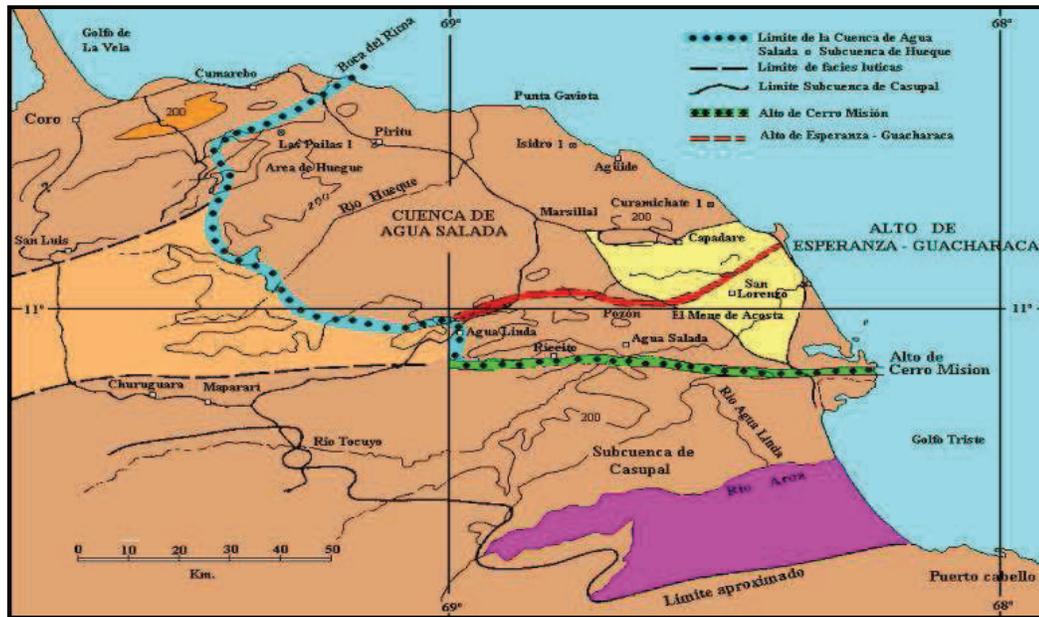


Fig. 4.13 Mapa de la cuenca de Agua Salada en Falcón Oriental.
Tomado y modificado de González de Juana *et al.* (1980)

Oligo – Mioceno

Formación Agua Salada (Oligoceno-Mioceno Tardío)

La formación ocupa la mayor parte de Falcón oriental, al norte del Alto de Esperanza-Guacharaca. Se reconoce un Miembro El Salto entre Píritu y Puente Ricoa al oeste. Díaz de Gamero (1985) usa el término Formación Agua Salada para designar la gruesa secuencia de lutitas sin diferenciar que ocupa la región nororiental de Falcón y es equivalente al Grupo Agua Salada. También, la misma autora subdivide informalmente la formación en dos litofacies: de lutitas y de areniscas y limolitas (Miembro El Salto), también documenta que la Formación Agua Salada es un depósito hemipelágico, sedimentado en un ambiente de aguas marinas profundas, batial, con tasa de sedimentación relativamente alta.

La Formación Agua Salada es ricamente microfosilífera. Díaz de Gamero (1985-a) hace un estudio sistemático de los foraminíferos, tanto planctónicos como béticos, de su distribución estratigráfica, reconoce las siguientes zonas de foraminíferos planctónicos, de más antiguo a más joven: *Globorotalia opima opima*, *Globigerina ciperoensis*, *Catapsydrax stainforthi*, *Globigerinatella insueta*, *Praeorbulina glomerosa*, *Globorotalia fohsi peripheroronda*, *G. fohsi fohsi*, *G. fohsi lobata-robusta*, *Globorotalia mayeri* y *Globorotalia menardii*, al este del río Hueque, alcanzando la Zona de *Globorotalia acostaensis*, al oeste del mismo; por otra parte se incluyeron en la colección Dr. Pedro Joaquín Bermúdez las especies de foraminíferos béticos *Robulus americanus*, *Robulus calcar*, *Robulus subaculeatus*, *Siphogenerina multicosata* y *Uvigerina rustica*, también identificadas por él dentro de esta formación.

Hacia la parte sur de la parte oriental de la Cuenca de Falcón la Formación Agua Salada se transforma en el Grupo Agua Salada, constituido por las formaciones San Lorenzo y Pozón.

Formación San Lorenzo (Mioceno Temprano a Medio)

La localidad tipo se encuentra cerca de la población de San Lorenzo, inmediatamente al norte del Campo de El Mene de Acosta, distrito Acosta, estado Falcón, se subdivide en dos miembros bien diferenciados: el inferior, El Salto, consiste de capas lenticulares de arenisca intercaladas con arcillas limolíticas y limos gris-azules.

El miembro superior Menecito, consiste en una sucesión uniforme de arcillas de color gris a gris – azulado, con algunas capas de arcillas glauconíferas y margosas. Díaz de Gamero (1985), en la parte nororiental de la cuenca, incluye toda la sección oligomiocena en la Formación Agua Salada, dentro de la cual, solo se puede discriminar el Miembro El Salto, arenoso.

Díaz de Gamero (1996) interpreta los conjuntos de foraminíferos arenáceos como propios de prodelta en agua profunda.

Díaz de Gamero (1985) incluye en su publicación descripciones detalladas de la microfauna de foraminíferos.

Por otra parte se establece en la Formación San Lorenzo las zonas de "*Uvigerinella*" *sparsicostata* (parte superior), de *Robulus wallacei* y la parte inferior de la de *Siphogenerina transversa*.

Se reconoce en la Formación las zonas de *Catapsydrax dissimilis*, *Catapsydrax stainforthi* y *Globigerinatella insueta s.l.*, previamente establecidas en Trinidad y que corresponden al intervalo de la zona de *Catapsydrax dissimilis* hasta la parte inferior de la zona de *Globorotalia fohsi peripheroronda* en los esquemas zonales modernos, y la zona de *Globigerinoides altiapertura*, de las cuales se tienen muestras estudiadas en la colección.

Formación Pozón (Mioceno Medio a Tardío)

La formación aflora extensamente en toda la región de Falcón oriental, y está particularmente bien expuesta en el flanco sur del anticlinal de El Mene de Acosta-Pozón (Renz, 1948). Consiste principalmente de arcillas margosas y arcillas, con un desarrollo glauconítico de poco espesor en la base.

Según Renz (1948), las condiciones ambientales de los miembros Policarpio y Husito se mantienen esencialmente constantes, indicando sedimentación a profundidades entre 200 y 600 m, en condiciones marinas normales y clima tropical.

La formación es ricamente microfosilífera en general, muy especialmente en el Miembro Husito. Renz (1948), hace un estudio sistemático y bioestratigráfico de los foraminíferos y establece las zonas de *Siphogenerina transversa* (parte superior), *Globorotalia fohsi*, *Valvulineria herricki*, *Marginulinopsis basispinosus* y *Robulus senni*, y las zónulas de *Vaginulinopsis superbus-Trochammina* cf. *pacifica*, *Textularia panamensis* y *Elphidium poeyanum-Reussella spinulosa*.

Blow (1959), estudia igualmente los foraminíferos, concentrándose en los planctónicos. Con base a éstos, reconoce varias zonas previamente establecidas en Trinidad y propone las siguientes para la parte superior de la formación: zonas de *Globorotalia menardii menardii/Globigerina nepenthes*, *Sphaeroidinella seminulina* y *Globigerina bulloides*, parte inferior.

Análogamente se encontraron los siguientes ejemplos presentes en la colección *Anomalinoidea trinitatensis*, *Astacolus ovatus*, *Brizalina alazanensis*, *Bulimina inflata* var. *alligata*, *Cassigerinella chipotensis*, *Cibicides compresus*, *Clavatorella bermudezi*, *Cyclammina cancerllata*, *Gaudryina abnormis*, *Globigerina* sp., *Globigerina druryi*, *Globigerina falconensis*, *Globigerina foliata*, *Globigerina nepenthes*, *Globigerina rohori*, *Globigerina venezuelana*, *Globigerinella* sp., *Globigerinita* sp., *Globigerinoides*, *Globigerinoides altiapertura*, *Globigerinoides bisphaeria*, *Globigerinoides mitra*, *Globigerinoides obliquus*, *Globigerinoides ruber*,

Globigerinoides seigliei, *Globigerinoides subquadratus*, *Globoquadrina altispira*, *Globorotalia obesa*, *Globorotalia peripheroronda*, *Globorotalia praemenardii*, *Globorotaloides*, *Hanzawaia concentrica*, *Hanzawaia mantaensis*, *Lagena marginata*, *Lenticulina*, *Lenticulina americana*, *Lenticulina clericii*, *Lenticulina nuttalli*, *Lenticulina subaculeata*, *Lenticulina subpapillosa*, *Matanzia miocenica*, *Neogloboquadrina clemenciae*, *Nodosaria nuttalli*, *Orbulina suturalis*, *Osangularia culter*, *Praeorbulina glomerosa*, *Pseudoglandulina laevigata*, *Siphonina pozonensis*, *Sphaeroidinellopsis seminulina*, *Uvigerina* y *Uvigerina carapitana*.

Formación Socorro (Mioceno Medio)

La localidad tipo corresponde a los alrededores del caserío El Socorro, al sur de Urumaco, distrito Democracia, estado Falcón. Se describe la unidad en la región del Surco de Urumaco constituida de lutitas con intercalaciones frecuentes de areniscas, con algunas calizas arenosas conchíferas y raros carbones en su parte inferior. También menciona que la variación de facies dentro de la Formación Socorro, desde el Surco de Urumaco hacia el Alto de Coro, es de una disminución progresiva de areniscas, tanto en frecuencia como en espesor, mientras que las lutitas y los litotipos calcáreos aumentan en esa misma.

La Formación Socorro se depositó inicialmente en un frente deltaico, que pasa hacia arriba a depósitos de llanura deltaica, con todo el complejo de facies asociado y con persistente influencia marina al este, donde se desarrollan barras playeras y llanuras de marea.

A partir del intervalo medio en la formación se encuentra microfauna bien preservada, que incluye inicialmente *Globorotalia fohsi peripheroronda*, *G. fohsi fohsi*, *G. archaeomenardii* y hacia arriba, *Globigerinoides ruber*, *Cassigerinella chipolensis*, *Globorotalia menardii*, *G. linguaensis*, *Globigerinella siphonifera*, acompañadas de foraminíferos béticos diversos.

La Formación Socorro se extiende en edad desde la Zona de *Globorotalia fohsi peripheroronda* a la parte inferior de la Zona de *Globorotalia menardii*.

La asociación faunal presente en esta formación que pertenece a la colección está compuesta por: *Amphistegina lessoni*, *Eponides*, *Globigerinopsis aguasayensis* (Bolli), *Gypsina* y *Robulus americanus*.

Formación Caujarao (Mioceno Medio a Plioceno Temprano)

La localidad tipo se ubica en el río Coro, incluyendo la represa colonial sobre el río, cerca de Caujarao, a 3 km al sur de Coro, distrito Miranda, estado Falcón.

Consiste principalmente de lutitas arcillosas, con intercalaciones de margas y calizas fosilíferas, la unidad está representada, en orden estratigráfico, por el Miembro el Muaco, inferior, principalmente arcilloso, con intercalaciones de calizas organógenas y margas fosilíferas; el Miembro Mataruca, intermedio, caracterizado por unas tres o más capas prominentes de caliza nodular margosa y fosilífera; y el Miembro Taratara, superior, con predominio de arcillas y lutitas microfósilíferas.

Díaz de Gamero *et al.* (1997) establecen que la única unidad asignable a la Formación Caujarao al este de Cumarebo es la Caliza de Cumarebo y que las arcillitas intercaladas con calizas, que se encuentran en equivalencia lateral y por encima de ella constituyen otra unidad formacional, Formación Turupía.

Se interpreta el ambiente de la formación en su área tipo como de plataforma con influencia a veces más marina. Al oeste se interpreta en la Formación Caujarao un ambiente de complejo próximo - costero, conformado por laguna, isla de barrera y playa, con aporte limitado de clásticos.

Se indica la presencia de una caliza en la cual se identifican los foraminíferos *Miogypsina*, *Amphistegina*, *Sorites*, *Heterostegina* y *Spiroloculina*.

Se indica que es posible que la parte basal de la Formación Caujarao pertenezca a la Zona de *Globorotalia menardii*, la última del Mioceno Medio, pero rápidamente se encuentra fauna indicativa primero de la Zona de *Globorotalia acostaensis* y después de la Zona de *Globorotalia humerosa*, del Mioceno Tardío. En su límite con la Formación La Vela aparecen formas del Plioceno. (Wozniak y Wozniak, 1987).

La microfauna encontrada por Esteves y Villalta (1989) al oeste de la localidad tipo es indicativa de edad Mioceno Tardío. En la región al este de Cumarebo, Giffuni, Díaz de Gamero y Castro *et al.* (1992) asignan a la Caliza de Cumarebo una edad que va de la Zona de *Globorotalia humerosa* (Mioceno Tardío) a la Zona de *Globorotalia margaritae* (Plioceno Temprano).

Del mismo modo se tienen dentro de la colección y dentro de esta formación *Streblus catesbyanus* *sp. nov.* y *Discorbis subaraucana*.

Formación Punta Gavilán (Plioceno)

La Formación Punta Gavilán aflora discontinuamente en las salientes de la costa de Falcón nororiental entre Punta Zamuro, al este, y Boca Ricoa, al oeste (Díaz de Gamero, 1985).

La litología de la Formación Punta Gavilán consiste, esencialmente en una intercalación de calizas margosas limolíticas, con margas y lutitas calcáreas de colores grises y ocasionales areniscas calcáreas delgadas.

Díaz de Gamero (1976) estudió sistemáticamente la rica microfauna de foraminíferos de la unidad, reconociendo la Zona de *Globorotalia margaritae*. También se analizaron los foraminíferos béticos en la sección tipo y se establecen tres biofacies: Biofacies *Amphistegina*, Biofacies *Textularia*, Biofacies *Brizalina-Nonion-Uvigerina*.

Basándose en foraminíferos planctónicos, Díaz de Gamero (1985-b) determina que, en el sector oriental, la Formación Punta Gavilán ocupa prácticamente todo el Plioceno, con las zonas de *Globorotalia margaritae* y *Pulleniatina obliquiloculata* (modernamente, de *Globorotalia miocenica*), mientras que en Sabanas Altas y más al oeste, es Plioceno tardía únicamente, Zona de *Pulleniatina obliquiloculata* (modernamente, de *Globorotalia miocenica*).

De la misma forma se clasificaron dentro de la colección la *Globigerinella involuta*, *Globigerinoides obliquus extrema*, *Globorotalia margaritae*, *Globigerina praebulloides*, *Globigerinoides triloba*, *Globorotalia dutertrei*, *Globorotalia pseudomiocenica*, *Globoquadrina altispira* y *Globigerina foliata*.

Cuenca Oriental de Venezuela

Es la segunda cuenca petrolera más importante de Venezuela. Se encuentra limitada al norte por la Cordillera de la Costa, al sur por el río Orinoco. Al este por la plataforma del Delta del mismo río y al oeste por el lineamiento de El Baúl. Operacionalmente ha sido dividida en dos subcuencas: la de Guárico y la de Maturín.

El Triásico-Jurásico fue un período de erosión sobre la mayor parte de la cuenca. Durante el Barremiense-Aptiense - Albiense, se inicia la transgresión cretácica sedimentándose la Formación Barranquín compuesta de calizas y areniscas en el flanco norte de la serranía actual, con disminución de sedimentos marinos hacia el flanco norte y hacia el flanco sur de la misma. Es seguido por la sedimentación en el flanco norte de las formaciones Borracha y Chimana compuesta de calizas espesas y lutitas, y en el flanco sur por la Formación El Cantil compuesta de areniscas, lutitas e intercalaciones de calizas.

Durante el Paleoceno - Eoceno Medio, el levantamiento de las masas metamórficas delimitó hacia el sur una extensa cuenca donde se depositaron sedimentos del ciclo Terciario inferior.

En el Oligoceno Tardío continúa el levantamiento de la Serranía del Interior y se desarrolla el “foredeep” al sur, donde se depositan los sedimentos de aguas profundas de la Formación Carapita. Durante el Mioceno, en la parte norte de Guárico la sedimentación se hace predominantemente continental.

En la Figura 4.14 se muestra un cuadro con las diferentes unidades litoestratigráficas que conforman la Cuenca Oriental de Venezuela desde el Cretácico Superior al Reciente.

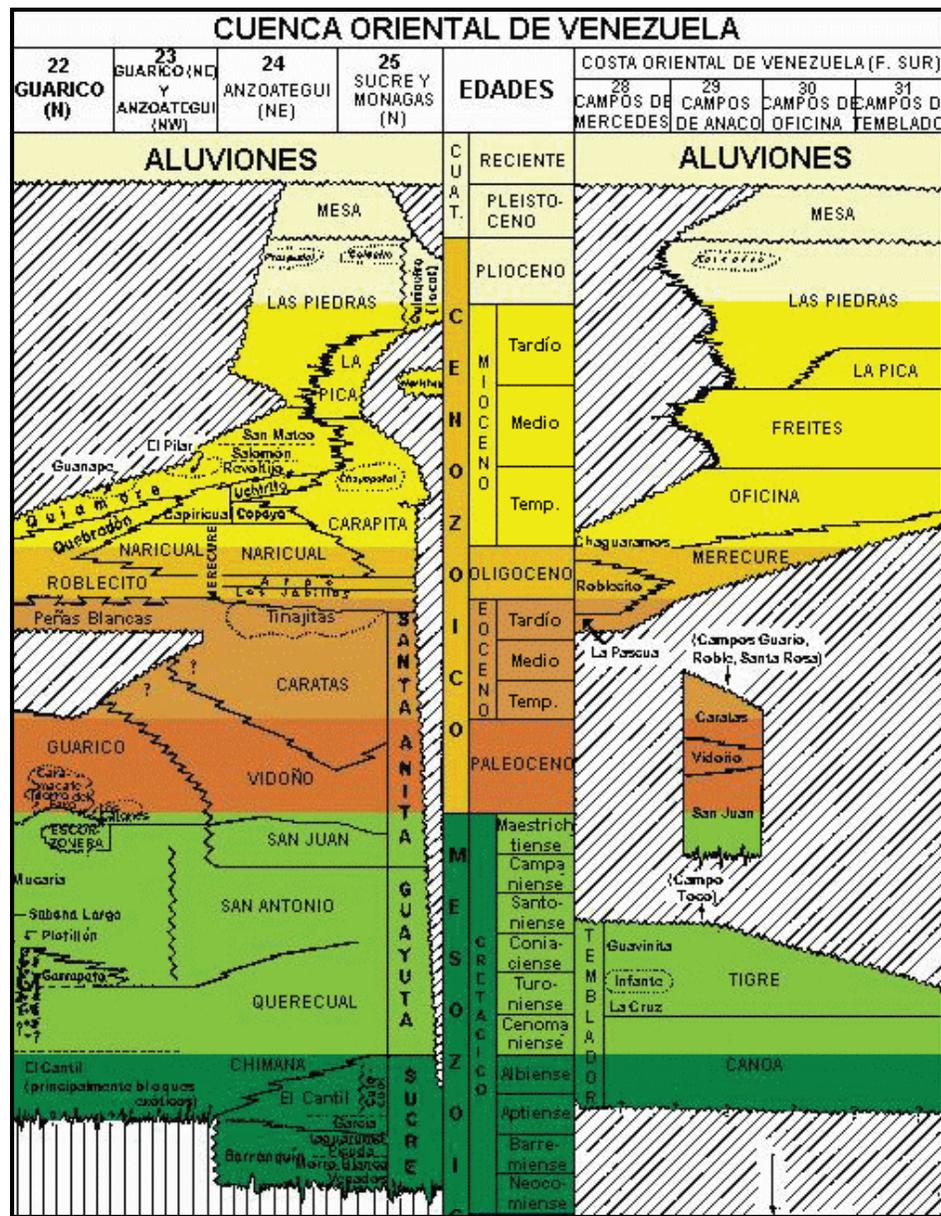


Fig. 4.14 Cuadro de correlación del oriente de Venezuela (Cretácico tardío al Reciente). Tomado y modificado de <http://www.pdvsa.com/lexico/correlac/oriente1.htm>

Cretácico

Formación Chimana (Cretácico)

La secuencia estratigráfica en Venezuela para este estudio se inicia en el Cretácico (Albiense), con la Formación Chimana, referenciada principalmente en el estado Anzoátegui; litológicamente está formada por areniscas y calizas con una proporción de lutitas que parece ser inferior a la de calizas (Yoris, 1988), lo que representa el predominio de plataforma externa (miembros Caripe y Corral Viejo), facies de talud superior (Miembro Chimana Grande), facies de pie de talud, con eventos turbidíticos (miembros Caripito y Putucual). (Yoris (1984).

La microfauna de esta formación la constituyen foraminíferos planctónicos representados por *Clavhedbergella* sp., *Planomalina* sp., *Rotalipora* sp.; y béticos tales como *Gyroidinoides* sp., *Lenticulina* sp. y *La Orbulina cóncava*, de los cuales se tienen muestras pertenecientes a la colección estudiada.

Formación Carapita (Oligoceno - Mioceno)

Esta unidad comprende parte de los estados Anzoátegui y Monagas, la localidad tipo se ubica en la quebrada Carapita, consiste casi exclusivamente de lutitas de color gris oscuro a negro, en general calcáreas y con un alto contenido de foraminíferos.

El ambiente de sedimentación de la Formación Carapita fue extensión de facies marinas profundas que pasan lateralmente hacia los bordes de la cuenca, a facies marinas someras y marginales, con discordancias intraformacionales en el flanco norte, representa una invasión marina iniciada en el Oligoceno y una retirada del mar durante el Mioceno tardío, con migración del eje de la cuenca en dirección sur, a lo largo del tiempo (Stainforth, 1971).

Las lutitas de la Formación Carapita contienen una rica fauna de foraminíferos planctónicos y bentónicos. La zonación vigente para la formación está basada en foraminíferos planctónicos. Sulek (1961), Lamb (1964-a, b) y Lamb y Sulek (1965b) indican una secuencia normal de zonas, desde la Zona de *Globigerina ciperoensis ciperoensis*, en la base de la unidad hasta la Zona de *Globorotalia menardii*, en el tope.

En cuanto a la fauna bentónica, hay un número de especies individuales a las cuales puede asignárseles un período de vida restringido, ya sea por su posición dentro de las líneas evolutivas o por evidencias empíricas, por tanto, son útiles para efectos de zonación, sin tomar en cuenta factores ecológicos. Entre estas especies se pueden mencionar *Uvigerina mexicana*, restringida a la parte inferior de la unidad; *Uvigerina woodringi*, *Anomalina alazanensis* y *Cilibides florindanus*, a las partes media e inferior, y *Bolivina isidroensis* a la parte superior extrema (Stainforth, 1971).

Bermúdez (1963) empleó el término lutitas de Punta Tolete, para describir lutitas muy ricas en foraminíferos, expuestas cerca de Pedernales, cuya inclusión en el Grupo Merecure postuló la base de su edad Oligoceno. Las faunas son típicas de la Zona de *Globigerina ampliapertura*, así mismo fueron identificadas las especies *Brizalina alazanensis venezolana*, *Globigerina ampliapertura*, *Globigerina venezolana* y *Uvigerina rustica*, todas éstas incluidas en la colección.

Cordillera de la Costa y Margarita

Formación El Dátil (Eoceno)

La Formación El Dátil, se ubica en la quebrada con mismo nombre, estado Nueva Esparta; litológicamente constituida por limolitas gris-verdoso y (areniscas y lutitas) calcáreas, algunas intercalaciones de calizas con orbitoides. Muñoz (1973) indica que la secuencia es un flysch calcarenítico, depositado en un ambiente marino profundo de mar abierto, en condiciones de inestabilidad tectónica.

La sección ha sido asignada al Eoceno Medio, zonas de *Globigerapsis kugleri* y *Globorotalia lehneri* (Bermúdez y Gámez, 1966). Jam y Méndez (1962) señalan que las especies *Gumbelina goodwini*, *Nonion micrus* y *Bolivina taylori*, son características del Eoceno Medio. Muñoz considera que toda la sección es turbidítica, y que gran parte de la fauna es redepositada, y asigna la secuencia al Eoceno Medio superior - zona de *Truncorotaloides rohri* - con base a la fauna contenida en lutitas que parecen ser realmente pelágicas, no redepositadas.

Muñoz (1973) también menciona la siguiente asociación faunal en muestras procedentes del valle El Dátil: *Globorotalia* sp., *Globigerina senni* y *Globorotalia bolivariana*; así como también *Clavigerinella (colombiana y jarvisi)*, *Globigerinatheka kugleri*, *Globigerinella margaritaensis*, *Globorotalia renzi*, *Globamolina micra* y *Truncorotaloides rohri*, pertenecientes a la colección estudiada.

Formación Punta Mosquito (Eoceno)

Además de la Formación El Dátil se tienen ejemplares correspondientes a la Formación Punta Mosquito (Eoceno Medio terminal), la cual se ubica en Punta Mosquito, en la costa sur de la isla de Margarita, distrito Mariño, estado Nueva Esparta, integrada por calizas orbitoidales grises, intercaladas con lutitas arenosas, capas delgadas de arenisca laminada calcárea y lentes conglomeráticas. González de Juana *et al.* (1980), indica que la Formación Punta Mosquito, representa una facies más clástica que El Dátil, depositada en un ambiente marino profundo, de mar abierto, bajo un régimen tectónico inestable.

La microfauna de la sección es abundante y se señalaron los siguientes orbitoides: *Lepidocyclina (Pliolepidina) pustulosa*, *Operculinoides trinitatensis* y *Discocyclina (Asterocyclina) ct. D. asterisca*. Jam y Méndez (*op. cit.*) mencionan las especies *Globigerina orbiformis*, *Gumbelina goodwini*, *Hastigerinella eocenica*, *Spiroplectamina trinitatensis*, *Globorotalia aragonensis*, *Anomalina alazanensis* var.

spissiformis, *A. bilateralis*, *Globorotalia centralis*, *G. crassata*, *Discocyclina* sp., además de las especies incluidas en la colección *Chiloguembelina martini*, *Fabiania cubensis*, *Globigerina parva*, *Globigerina senni*, *Globigerinatheca barri*, *Globigerinatheca mexicana*, *Globorotalia bolivariana*, *Globorotalia centreli*, *Hanzawaia ammophila*, *Hanzawaia ammophila*, *Operculinooides*, *Orbulinooides beckmanni*, *Plectina trinitatensis*, *Rotaliatina mexicana*, *Rzehakina*, *Thalmanita palmerae*, *Truncorotaloides rohri*, *Truncorotaloides topilensis* y *Turborotalia bolivariana*. La edad se establece por la zona de *Truncorotaloides rohri*.

Formación Cubagua (Mioceno Tardío a Plioceno Tardío)

La formación comprende la isla de Cubagua, parte oeste de la península de Araya e isla de Margarita. Está constituida litológicamente por bancos de moluscos y briozoarios, calizas arrecifales sacaroideas, areniscas cuarzosas, areniscas calcáreas, calizas micríticas grises, calcarenitas, caliza bioclástica interestratificada con lutitas gris oliva masivas y laminares con glauconita, arcillas y limolitas grises y como material accesorio hay cuarzo, lignito y pirita.

Posiblemente la Formación Cubagua se sedimentó en aguas tropicales someras de mar abierto, detrás de arrecifes y bancos de moluscos y briozoarios. El ambiente de sedimentación es nerítico interior a medio de plataforma abierta, el cual va pasando transicionalmente hasta batial.

En la formación abundantes foraminíferos planctónicos se encuentran presentes, tales como *Globorotalia margaritae*, *Globorotalia plesiotumida*, *Sphaeroidinellopsis paenedehiscens*, *Globorotalia juanai*, *Globorotalia acostaensis*, *Globorotalia merotumida*; entre los foraminíferos bentónicos calcáreos se encuentran *Ammonia beccarii*, *Amphistegina lessonii*, *Hanzawaia* sp., *Elphidium* sp., *Bolivina imporcata*, etc.; como foraminíferos bentónicos arenáceos *Cyclammina cancellata*, *Cyclammina* sp.

La edad Mioceno tardío se establece por las zonas de *Globorotalia acostaensis* y *Globorotalia humerosa* y tiene una edad Plioceno Tardío calibrada con foraminíferos correspondientes a las zonas de *Globorotalia miocenica* y la base de *Globorotalia tosaensis tosaensis*.

Miembro La Tejita (Formación Cubagua)

Es una secuencia conglomerática-arenosa-calcárea, en el borde occidental de la Laguna de Las Marites, en la parte meridional de Margarita oriental (Paraguaychoa). Estas secuencias fosilíferas, ya habían sido citadas como Caliza de Las Marites y Taylor (1960) las incluyó en la Formación Cubagua.

Igualmente los siguientes especímenes corresponden a la formación y se encuentran presentes en la colección: *Anomalinoidea trinitatensis*, *Bolivina imporcata*, *Bulimina*, *Cibicorbis herricki*, *Cuneolinella lewisi*, *Eponides coryelli*, *Globigerina bulloides*, *Globigerina juvenilis*, *Globigerina nepenthes*, *Globigerina riveroae*, *Globigerina vignalii*, *Globigerinoides obliquus*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *Globigerinoides rubra*, *Globigerinoides seigliei*, *Globoquadrina*, *Globoquadrina altispira*, *Globorotalia acostaensis*, *Globorotalia crassaformis*, *Globorotalia dutertrei*, *Globorotalia margaritae*, *Globorotalia menardii*, *Globorotalia merotumida*, *Globorotalia mineacea*, *Globorotalia plesiotumida*, *Globorotalia pseudomiocenica*, *Hanzawaia*, *Hastigerina involuta*, *Lenticulina americana*, *Lenticulina iota*, *Marginulinopsis baldai*, *Marginulinopsis basispinosus*, *Orbulina biobata*, *Orbulina universa*, *Pulleniatina primalis*, *Sigmoilopsis schlumbergeri*, *Siphonina bradyana*, *Siphonina pozonensis*, *Sphaeroidinellopsis seminulina*, *Sphaeroidinellopsis subdehissoens*, *Textularia arayensis*, *Uvigerina hispidocostata*, *Uvigerina nitida*, *Uvigerina rutila* y *Uvigerina*.

Formación Carenero (Mioceno Tardío)

Se localiza en Carenero, estado Miranda, compuesta litológicamente por lutitas calcáreas suaves, compactas y macizas, de color gris claro.

Bolli y Bermúdez (1965) y Bermúdez (1966) establecen la correspondencia de la fauna de foraminíferos con la Zona de *Globorotalia menardii*; sin embargo, Bermúdez (1966) cita la especie *Globorotalia acostaensis*, determinante de la zona del mismo nombre (Bolli y Bermúdez, 1965; Bolli, 1966). Ambas zonas pertenecen al Mioceno superior.

Las especies que pertenecen a esta formación y que además se tienen dentro las muestras estudiadas son: *Bolivina subaenariensis*, *Globigerina diplostoma*, *Globigerinoides triloba*, *Globorotalia acostaensis*, *Globorotalia juanai* y *Globorotalia pseudomiocenica*.

Formación Aramina (Mioceno Medio? - Tardío?)

Se localiza en la cuenca inferior del río Tuy, Miranda oriental. Dusenbury (1949) mencionó 30 a 50 metros de conglomerados basales que incluyen algunas capas de calizas impuras con fragmentos angulares de esquistos, seguidos de lutitas arcillosas de color gris verdoso, arcillas, y areniscas, con escasas calizas limosas intercaladas en la parte inferior.

Bermúdez (1966) mencionó siete especies de foraminíferos de aguas someras reconocidas cerca de Los Fernández, de las cuales se pueden destacar *Cancriis panamensis* y *Cassidulina prassa* ya que son las dos especies de esta formación incluidas dentro de la colección.

Formación Cerro Barrigón (Pleistoceno temprano)

La Formación Barrigón, aflora en el extremo occidental de la península de Araya, y la de Macanao (isla de Margarita), así como en la isla de Cubagua (Macsotay y Moore, 1974); también se le atribuyen afloramiento aislados en la costa noroccidental de Paraguaichoa (isla de Margarita).

Se compone de base a tope, de una caliza arenosa amarilla seguido de una intercalación de margas terrosas, calizas arenosas y limos arenoso-calcáreos. La Formación Barrigón se depositó en aguas marinas someras, de alta energía y con acumulación rápida de sedimentos (Vignali, 1965, Macsotay y Moore 1974), en un ciclo regresivo característico. Los moluscos sugieren ambiente de aguas más frías que las actuales (Macsotay, 1965).

La microfauna recuperada consiste mayormente en especies bentónicas (Bermúdez, 1966). Y la especie que está ubicada en la colección es la *Globigerina tetracamerala*.

Formación Cumaná (Pleistoceno Temprano – Pleistoceno medio)

La unidad aflora en la península de Araya, la isla de Cubagua (bahía de Charagato en el extremo norte y El Brasil, extremo sur de la isla) y en la isla de La Tortuga.

Los sedimentos están constituidos en su mayoría por bancos de moluscos y briozoarios; restos de corales; calizas micríticas, fragmentadas; calizas orgánicas de colores claros; calizas oolíticas; lodolitas (mudstones), calcarenitas fosilíferas; areniscas calcáreas y areniscas cuarzosas.

Esta unidad se sedimentó en aguas someras, tranquilas, tropicales, de plataforma ancha, con poca inclinación, con arrecifes que muchas veces se

encuentran protegidos por bancos de moluscos y corales; en otros casos se presentan ambientes de detrás de arrecifes y otros lugares protegidos cercanos a la costa.

Abundan los foraminíferos planctónicos: *Globorotalia truncatulinoides*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides conglobatus*, *Globorotalia fimbriata*, *Globorotalia hirsuta*, *Pulleniatina obliquiloculata*, etc. Los foraminíferos bentónicos calcáreos están representados por *Amphistegina lessonii*, *Buliminella* sp., *Nonionella* sp., *Bolivina* sp., *Hanzawaia* sp. etc. Los bentónicos porcelanáceos tienen a *Quinqueloculina* sp. como representante y entre los foraminíferos bentónicos arenáceos presentes tenemos a *Archaias* sp., *Textulariella* sp., *Liebusella* sp.

Por otro lado se tienen dentro de la colección las siguientes especies: *Amphistegina cumanensis*, *Globigerina tetracamerala* y *Globorotalia neominutissima*.

Formación Playa Grande (Pleistoceno)

La Formación Playa Grande y todo el Grupo Cabo Blanco están limitados a la región de Cabo Blanco, estado Vargas.

Comprende sedimentos clásticos de granulometría variable desde conglomerados a lutitas, con desarrollos locales de biostromas de algas calcáreas coralinas (*Lithothamnium*) y con capas de *Lyropecten arnoldi*. Weisbord (1957) dividió la unidad en dos miembros, Catia y Maiquetía, expuestos al norte y sur, respectivamente de la falla de Las Bruscas.

Inicialmente se tiene la acumulación de sedimentos fluviales provenientes de las secuencias metasedimentarias del Grupo Caracas, posteriormente se desarrolla un ambiente sedimentario marino, costero-litoral. Plataforma amplia, con poca inclinación, de aguas someras, y nivel de energía del oleaje moderado, y ambientes de lagunas litorales asociadas.

Bolli y Bermúdez (1965, p. 134) al definir la Zona de *Globorotalia truncatulinoides*/*Globorotalia inflata* (abreviado posteriormente a Zona de *Globorotalia truncatulinoides*), designaron como localidad tipo a la Formación Playa Grande, particularmente la parte inferior que contiene los marcadores zonales.

Así mismo están *Globigerina vignalii*, *Globorotalia inflata*, *Globorotalia truncatulinoides* y *Pulleniatina obliquiloculata*, pertenecientes a la colección.

Formación Mare (Pleistoceno)

La Formación Mare y todo el Grupo Cabo Blanco están limitados a la región de Cabo Blanco, estado Vargas. Litológicamente constituida por gravas friables de grano fino.

Se indica que el ambiente sedimentario es marino, costero – litoral. Plataforma amplia, con muy poca inclinación, similar a un sistema tipo rampa, de aguas someras y nivel de energía del oleaje moderado, principalmente en la línea de costa, que no permitió el desarrollo de estructuras de biohermas, biostromas o facies de roca de playa (característico de un nivel alto de energía en la línea de playa).

Bolli y Bermúdez (1965, p. 134) al definir la zona de *Globorotalia truncatulinoides*/*Globorotalia inflata* (abreviado posteriormente a Zona de *Globorotalia truncatulinoides*), designaron como localidad tipo a la Formación Playa Grande (infrayacente a la Formación Mare), particularmente la parte inferior que contiene los marcadores zonales.

Por su parte se tiene incluida la *Conoglobigerina uvula*, como única especie de esta formación dentro de las muestras clasificadas.

Reciente

Fosa de Cariaco

La Fosa de Cariaco es una manifestación morfológica de la falla del Pilar, que en el continente desplazó los materiales metamórficos de la Cordillera de la Costa de los sedimentarios de la Serranía del Interior, y que continúa bajo el mar desde el Golfo de Cariaco hasta el extremo occidental de la fosa, en una línea discontinua. Constituye la segunda cuenca anóxica del mundo, detrás de la del mar Negro.

En la fosa predominan *Globigerina bulloides* y en el talud *Globigerinoides ruber* y *Globorotalia*; la presencia de *Globigerina inflata* en algunos puntos del talud indica sedimentos relictos.

La asociación faunal presente en esta fosa perteneciente a la colección la conforman: *Globigerina bulbosa*, *Globigerina calida*, *Globigerina rubecens*, *Globigerina seiglie*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerinita humilis*, *Globigerinita uvula*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides triloba*, *Globorotalia crassaformis*, *Globorotalia dutertrei*, *Globorotalia fimbriata*, *Globorotalia menardii*, *Globorotalia neominutissima*, *Globorotalia seiglie*, *Globorotalia truncatulinoidea*, *Globorotalia tumida*, *Hastigerina involuta*, *Orbulina biobata*, *Orbulina universa*, *Planulina renzi*, *Pulleniatina obliquiloculata* y *Spharoidinella dehiscens*.

Antillas Mayores

Cuba

Es un país asentado en un archipiélago del mar de las Antillas, el cual se encontró sumergido. En el Jurásico Cuba se pobló de una rica biodiversidad marina en un estrecho entre Laurasia y Gondwana.

La presencia de sedimentos del Cretácico Inferior es innegable en Cuba, pero existe mucha confusión al respecto. Por otro lado los documentos paleontológicos

conocidos no permiten afirmar que la actividad volcánica correspondiente haya comenzado antes del Cenomaniense.

El Cretácico Superior está bien representado en Cuba y lleva microfauna excepcionalmente bien preservada de varios biotopos muy distintos y su estudio ayuda en la relación entre las formaciones del Jurásico y las del Cenozoico. También durante el Cretácico Tardío, el territorio cubano estaba casi enteramente invadido por las aguas marinas.

Una actividad volcánica intensa, característica del Cretácico Superior en Cuba es responsable de la enorme acumulación de “Tuff series” o formación de Tobas, reconocida desde el norte de la Sierra del Rosario, pasando por las provincias Matanzas, Las Villas, Camaguey, hasta el norte de la provincia de Oriente, en el sur está la Formación Vincent, también volcánica y marina podría corresponder a la misma edad, pero no se conocen sus relaciones estratigráficas.

En la Figura 4.15 se muestra un mapa geológico de Cuba, donde aparecen distribuidas las formaciones geológicas para los diferentes períodos de sedimentación de la isla.

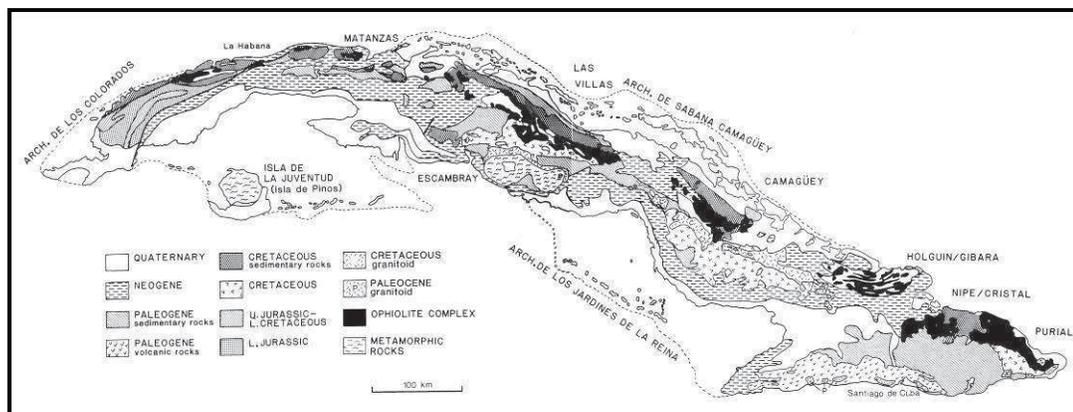


Fig. 4.15 Mapa geológico de Cuba.
Tomado y modificado de The Geological Society of America, 1991

Paleoceno – Eoceno

La transición Cretácico –Paleoceno está marcada por algunos movimientos tectónicos (orogénesis laramídica). Durante ese tiempo el mar invade de nuevo las regiones occidentales, depositando la Formación Madrugada, en la cual se conocen especies de foraminíferos que fueron previamente observadas en el Paleoceno de las formaciones Lizard Spring de la isla de Trinidad, Velasco o Tamesí de México y Grupo Midway de los EE.UU.

El Eoceno está muy bien representado en Cuba mediante formaciones muy fosilíferas de origen marino. Parece que hubo una invasión de los mares que progresivamente se fueron haciendo cada vez más profundos. La porción en la región occidental es la Formación Capdevila y los sedimentos de los mares más profundos que corresponden a la Formación Universidad, con rica fauna planctónica, pudiéndose considerar como verdaderos lodos de *Globigerina*.

La microfauna del Eoceno Inferior está bien representada en la región Caribe-Antillana, ya que se hacen correlaciones de un país a otro. Bolli (1957) estableció con las formas planctónicas de la isla de Trinidad tres zonas bioestratigráficas, correspondientes a la porción superior de la Formación Lizard Springs, de la más moderna a la más antigua: *Globorotalia aragonensis* Nuttall, *Globorotalia formosa formosa* Bolli, *Globorotalia rex* Martin.

Se reconoce sobre la zona de *Globorotalia aragonensis* la zona de *Globorotalia palmerae*. También se encontró la zona de *G. aragonensis* en la Formación Aragón en México y la *G. palmerae* en la Formación Chicontepec.

Para el Eoceno Medio el mar invade de nuevo las provincias occidentales lo que permite la sedimentación de la Formación Loma Candela (equivalente en Cuba Oriental a la Formación Charco Redondo). Sigue la Formación Jabaco del Eoceno Superior (equivalente a la Formación San Luis en Cuba oriental).

Cuenca Los Palacios

Se sitúa al sur de la cordillera de Guaniguanico, las mayores áreas de afloramiento son de rocas neógenas.

Dentro de las formaciones que se encuentran sobre el arco volcánico cretácico y su cobertura (cuencas superpuestas) para el Paleoceno-Eoceno, se tienen las correspondientes al Grupo Mariel (Madruga y Capdevila) y las formaciones Loma Candela, Universidad y Manuelita, sedimentadas dentro de la cuenca Los Palacios, situada al sur de la cordillera de Guaniguanico.

El Grupo Mariel se extiende desde el oeste de San Juan y Martínez hasta el este de San Diego de los Baños, Zona de Cayajabos, Bahía Honda, alrededores de la ciudad de la Habana, provincia de la Habana y algunos afloramientos aislados al norte de la Sierra de Camarones, al occidente de Matanzas. Este grupo está formado por las formaciones Madruga y Capdevila.

Formación Madruga (Paleoceno)

Provincias Habana y Pinar del Río

Lewis (1932) designa las lutitas calcáreas que afloran en las cercanías de Madruga, provincia de la Habana.

De Golyer (1918) designa en esta formación el nombre de “Margas de Loyano” a unas capas de margas presentes en la unidad.

La fauna estudiada por Cushman y Bermúdez es equivalente a la Formación Midway de Texas. Uno de los foraminíferos típicos de la formación es *Operculinoides bermudezi* (Palmer). Así como también la *Globoquadrina dehiscens*, *Globigerina scobinata* y *Globorotalia membranacea*, pertenecientes a la colección.

Formación Capdevila (Eoceno Temprano)

Provincia Habana

Según Palmer (1934) está compuesta por lutitas calcáreas y areniscas finas. Se considera que la fuente de sedimentos fueron las rocas del arco volcánico cretácico. Las condiciones en que se depositaron las rocas de esta formación imprimieron en ella características distintivas, ya que durante su sedimentación se estaban produciendo fuertes movimientos tectónicos fundamentalmente de carácter horizontal. La fauna de la formación es muy rica, especialmente en especie de foraminíferos dentro de los cuales se encuentran *Globorotalia capdevilensis* (Cushman y Bermúdez), *Globorotalia palmerae* (Cushman y Bermúdez), *Angulogerina naranjoensis* (Cushman y Bermúdez).

Dentro de la colección se encuentran los siguientes especímenes: *Anomalinoidea*, *Bulimina pupoides*, *Globorotalia hirsuta*, *Textularia candeiana*, *Uvigerina flintii* y *Valvulineria*.

Grupo Universidad (Eoceno Temprano)

Provincia Habana

Según Bermúdez (1950), litológicamente consiste en estratos gruesos y masivos de margas calcáreas. Ecológicamente es de origen marino, mares abiertos, con predominio de fauna pelágica. El grupo se divide en dos formaciones: la Formación Toledo (margas blancas, formadas principalmente por radiolarios) y la Formación Príncipe. Las principales especies de foraminíferos que caracterizan al Grupo Universidad son: *Truncorotalia aragonensis* (Nuttal), *Anomalina dorri* Cole var. *aragonensis* Nuttal, entre otras.

Las especies de foraminíferos fueron originalmente descritas, en parte del Eoceno Inferior, Formación Aragón de México.

De este grupo se recolectaron los siguientes ejemplares *Globigerina*, *Globigerina ciperoensis*, *Globigerina rohori*, *Globigerinatheka semiinvoluta*, *Globorotalia altispiroides*, *Globorotalia crassata*, *Globorotalia mayeri* y *Orbulina suturalis* que fueron incluidas en la colección.

Formación Loma Candela (Eoceno Medio)

Provincia Pinar del Río

Según Bermúdez (1950), estas capas se encuentran colocadas directamente suprayacente al Grupo Universidad, pero separadas por una gran discordancia. Litológicamente consiste en calizas, margas calcáreas y conglomerados costeros con matriz formada de marga.

La microfauna de la Formación Loma Candela es muy rica y variada y en ella se encuentran abundantemente representadas numerosas especies.

La Formación Loma Candela se puede correlacionar estrechamente con la Formación Charco Redondo y la Caliza de Guaso de la provincia de Oriente. También es correlacionable con la Formación Guayabal de México y con las calizas Tallase y Lake City de Florida. La única especie dentro de la colección es *Globigerinatheka kugleri*.

Formación Jabaco (Eoceno Tardío)

Provincia Pinar del Río, Habana, entre otros

Las capas más bajas del Eoceno Superior de la provincia de Pinar del Río fueron nombrados por Bermúdez (1937) como "Formación Jabaco". Se depositó en un ambiente de aguas poco profundas, con algunas rocas de facies nerítica, el conjunto litológico comprende, margas, margas calcáreas y calizas de diferentes tipos. Estas capas se extienden a la provincia de la Habana, Matanzas, Las Villas y

Camagüey, y en la provincia de Oriente fueron designadas por Taber (1944) con el nombre de “Formación San Luis”.

El Miembro Jicotea de la Formación Jabaco es el más rico en foraminíferos pelágicos que en bentónicos, la asociación fosilífera la constituyen: *Amphistegina cubensis*, *Anomalina bilaterales*, *A. dorri*, *Globigerina ampliapertura*, *Turborotalia centralis* (Cushman y Bermúdez), *Globigerinatheka mexicana barri*, *Hantkenina alabamensis*.

Se tienen en la colección las siguientes especies pertenecientes a esta formación: *Civrieuxia palmerae*, *Chiloguembelina cubensis*, *Globigerina ciperoensis*, *Globigerina haoae* y *Globorotalia cultrata*.

Cuenca de Guantánamo – Guaso

Está constituida por las cuencas de los ríos Guantánamo (con su afluente Jaibo), Guaso (con su afluente Bano), Hondo, Seco y otros más que constituyen la totalidad del Valle de Guantánamo y de la cuenca de la bahía homónima. La Formación San Luis pertenece a esta cuenca, de Cuba oriental.

Formación San Luis (Eoceno Tardío)

Provincia Oriente

Según Taber (1934) la Formación San Luis, está formada litológicamente por margas, lutitas y calizas que se encuentran en las cercanías de San Luis, tiene un amplio desarrollo en la región centro y sur de la antigua provincia de oriente en la cuenca de Guantánamo, en el sinclinorio central, en las áreas adyacentes a las cuencas Guacanayabo-Nipe, borde norte de la Sierra Maestra y en la Sierra Nipe- Cristal-Baracoa, sur de la Sierra del Purial y al norte del pueblo de Pilón.

Lewis y Straczek (1955), aplicaron el nombre de “Camarones conglomerate member” a las capas más altas de la Formación San Luis que afloran en la parte norte del valle Emilia.

Fueron recolectadas e incluidas dentro de las muestras analizadas en este trabajo de investigación las especies: *Amphistegina multicamera*, *Globigerina*, *Globorotalia scobinata* y *Plesiotypes paratalia*.

Oligoceno – Mioceno

Los primeros sedimentos que se depositaron en el Oligoceno de Cuba fueron las Margas Alava, que es el miembro inferior de la Formación Tinguaro, que está típicamente representada en la llanura de Colón, provincia de Matanzas.

En la transición del Eoceno Tardío al Oligoceno Temprano dejan de encontrarse ciertas especies típicas de este período como son: *Hantkenina alabamensis* Cushman, *Globorotalia cerroazulensis* (Cole), *Globorotalia centralis* Cushman y Bermúdez, *Rotaliatina mexicana* Cushman, *Bulimina jacksensis* Cushman y numerosas otras especies.

En la Formación Tinguaro se pueden reconocer dos horizontes bien definidos, el más bajo es el Miembro Alava y el más alto es el Miembro Adelina.

En el Mioceno Temprano se depositaron las capas de la Formación Cojímar, época en la cual en Cuba empezó una invasión de los mares, que llegaron a cubrir gran parte de las formaciones más antiguas previamente depositadas. Directamente por encima de Cojímar y Paso real se depositó durante el Mioceno Medio la Formación Canímar y para el Mioceno Tardío de Cuba se tiene la depositación de la Formación El Abra.

La microfauna de la Formación El Abra es correlacionable con las capas de la Formación Playa Grande del Grupo Cabo Blanco de Venezuela.

Cuenca Los Palacios

Formación Tinguaro (Oligoceno Temprano a Medio)

Provincia Matanzas, entre otras

Litológicamente la Formación Tinguaro consiste en margas calcáreas que se van haciendo más compactas según sube en la sección. Contiene rica microfauna con muchas formas de foraminíferos pequeños con abundantes especies de foraminíferos planctónicos y bentónicos, los que indican una ecología de aguas profundas.

En la isla de Trinidad, la parte más baja de la Formación Ciperó lleva abundante microfauna que se puede correlacionar con la de la Formación Tinguaro. Las zonas bioestratigráficas establecidas por Bolli (1978) para la base de la Formación Ciperó se pueden reconocer en la Formación Tinguaro. La fauna de las zonas de *Globigerina ampliapertura* y *Globorotalia opima opima* parece ser equivalente a la del Miembro Alava y la de las zonas de *Globigerina ciperóensis ciperóensis* y *Globorotalia kugleri* a la del Miembro Adelina.

Ejemplares de la colección que pertenecen a esta unidad: *Amphistegina cubensis*, *Amphistegina gibbosa*, *Globigerina linaperta*, *Globigerina ayalai*, *Globigerina colomi*, *Globigerina ciperóensis*, *Globigerina senni*, *Globigerina trilocolinooides*, *Globigerinatheka semiinvoluta*, *Globoquadrina gobularis*, *Globorotalia aragonensis*, *Globorotalia aspensis*, *Globorotalia bullbrooki*, *Globorotalia lehneri* y *Globorotalia obesa*.

Formación Cojímar (Mioceno Temprano)

Provincia Habana, Matanzas, Pinar del Río y Oriente

Correspondiente a la cuenca Los Palacios, las capas de marga calcárea que afloran a lo largo del flanco norte del anticlinal Habana –Matanzas fueron distinguidas por Palmer (1934) con el nombre de Formación Cojímar. La microfauna

de esta unidad es muy rica y variada, conteniendo abundantes foraminíferos tanto bentónicos como pelágicos.

Las zonas faunísticas propuestas por Bermúdez (1966) son: *Uvigerina cubana*, *Siphogenerina lamellata*, *Siphogenerina transversa*.

La misma secuencia de estas zonas se han observado en Trinidad, Venezuela, República Dominicana y otros lugares.

La Formación Cojímar es de edad probablemente Mioceno Temprano a Medio y se puede correlacionar estrechamente con la porción más alta de la Formación Ciperó de la isla de Trinidad.

El género *Sphaeras* presente en la colección pertenece a la Formación Cojímar.

Plioceno

Al final del Plioceno parece que la isla de Cuba emergió por completo y llegó a tomar la forma que tiene actualmente, quedando definitivamente separada del continente. Hasta la fecha la única unidad estratigráfica que ha sido reconocida es la Formación Matanzas (Bermúdez, 1950).

Formación Matanzas (Mioceno Tardío – Plioceno)

Provincia Matanzas

La Formación Matanzas fue nombrada por Spencer (1894) “Caliza y Margas de Matanzas”.

En el área donde fue descrita la Formación Matanzas de Spencer, Bermúdez (1950) observa encima de la Caliza Güines, una discordancia (posiblemente la misma observada por Spencer). Por encima, reconoce tres unidades: Canímar (Mioceno

Medio; caliza margosa); El Abra (Mioceno Superior; areniscas y conglomerados); Matanzas (según Bermúdez, Plioceno; caliza margosa).

Las especies *Globigerinoides canimarensis* y *Globorotalia hirsuta* se encuentran dentro del conjunto de muestras clasificadas.

Cuaternario

Durante el Cuaternario tuvo lugar en Cuba una subida y retirada progresiva de los mares, los que dejaron su huella en la serie de terrazas de rocas calcáreas endurecidas que se pueden admirar en muchos lugares de la costa (ver Figura 4.16)

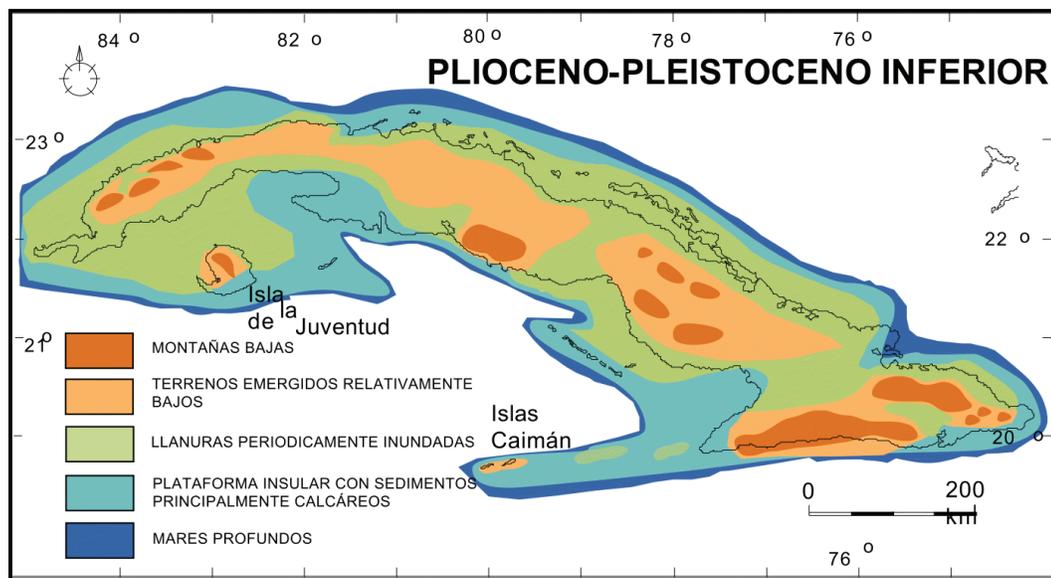


Fig. 4.16 Paleogeografía del Plioceno-Pleistoceno Inferior de Cuba. Tomado y modificado de www.redciencia.cu/cdorigen/arca/imagen/mpplio.gif

Jamaica

Jamaica, la tercera isla más grande del Caribe, Situada en el Mar Caribe a 144 km al sur de Cuba y a 190 km al oeste de La Española. La capital es Kingston.

Las formaciones geológicas predominantes la constituyen las series de origen oceánico del Oligoceno que se localizan en el centro y oeste, así como en el extremo este de la isla, por lo cual se infiere que gran parte de la misma estuvo cubierta por el mar hasta ese período; posee dos elementos montañosos, las Montañas Azules (Blue Mountains) y la Sierra Central, los cuales están constituidos por un núcleo de conglomerados, tobas y calizas del Cretácico, rodeado por otras rocas del Cretácico Superior y el Eoceno; en la depresión entre ambos elementos, a través de fracturas, se originaron intrusiones que, por erosión, quedaron al descubierto; existen margas del Mioceno y Oligoceno Superior en una pequeña zona del NO; el Pleistoceno está representado en el SE, y el Holoceno en el SO por arrecifes de coral y material aluvial.

En la morfología, se destacan las extensas mesetas de caliza blanca que corresponden al Oligoceno marino, así como las montañas, es decir, las Azules de 2.292 m. y la Sierra Central de 1.685 m.

En la Figura 4.17 se representan las diferentes formaciones geológicas de Jamaica mediante el mapa geológico, además se aprecia la ubicación relativa dentro de las Antillas Mayores. En la Figura 4.18 se presenta un cuadro de correlación del Terciario en Jamaica.

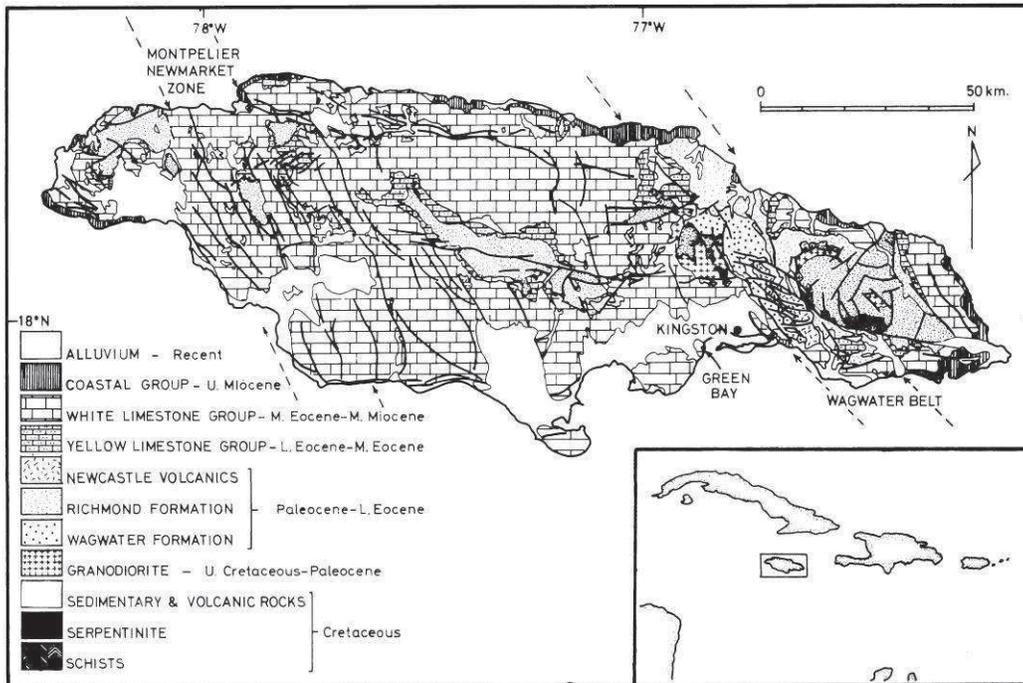


Fig. 4.17 Mapa Geológico de Jamaica.
Tomado de The Geological Society of America, 1991

AGE	GROUP	SHALLOW WATER FACIES		DEEP WATER FACIES
		LAGOONAL	SHELF EDGE	
PLEISTOCENE	COASTAL	(CORAL REEF)		MANCHIONEAL FORMATION
PLIOCENE		AUGUST TOWN FORMATION		BOWDEN FORMATION BUFF BAY FORMATION
MIOCENE	WHITE	NEWPORT FORMATION		MONTPELIER FORMATION
OLIGOCENE		WALDERSTON FORMATION	BROWN'S TOWN FORMATION	
EOCENE	Upper	SOMERSET FORMATION		BONNY GATE - GIBRALTAR FORMATION
	Middle	TROY-CLAREMONT FORMATION	SWANSWICK FORMATION	
PALEOCENE	Lower	CHAPELTON FORMATION		FONT HILL FORMATION
	WAGWATER	CLYDESDALE LST. WOODFORD LST. WAGWATER SUMMERFIELD	HALBERSTADT LST. CHEPSTOW FORMATION	RICHMOND FORMATION
CRETACEOUS		MASEMURE FORMATIONS		

Fig. 4.18 Cuadro de correlación de la estratigrafía del Terciario en Jamaica.
Tomado de The Geological Society of America, 1991

Formación Buff Bay (Mioceno Medio)

Está ubicada en la parte norcentral de Jamaica, pertenece a la comunidad de Portland. La unidad fue definida originalmente por Robinson (1969), quien litológicamente la describe como areniscas, sedimentos carbonáticos que están moderadamente endurecidos. Berggren (1993), reporta foraminíferos planctónicos y Katz y Miller (1993) reportan foraminíferos bentónicos.

Ejemplares presentes en la colección de la Formación Buff Bay: *Candeina praenita*, *Globorotalia canariensis*, *Globorotalia scitula* y *Spharoidinella immatura*.

Formación Bowden (Plioceno)

Según Pickerill *et al.* (1991), los estratos del Cenozoico tardío, al SE de la isla en el área costera de Post Morant, están formados por la Formación Bowden (Plioceno), el Old Pera Beds de la Formación Manchioneal (Pleistoceno Temprano) y la Formación Post Morant (Pleistoceno Tardío), todas correspondientes al Grupo Coastal.

Según Pickerill (1991), la Formación Bowden consiste de una unidad basal, 5 m de conglomerados y capas de arenisca que constituyen el denominado “the Bowden shell bed” recubierto por aproximadamente 145 m de margas con raras bioturbaciones y una delgada capa de caliza. Esta unidad es muy fosilífera, de hecho el “Bowden shell bed” constituye los depósitos más fosilíferos en toda Jamaica y probablemente en el Caribe entero.

Pickerill (1998), ha interpretado los conglomerados y las areniscas en la secuencia como producto de sedimentos de flujos de gravedad, más específicamente turbiditas y las margas como depósitos pelágicos y hemipelágicos de corrientes de turbiditas de baja densidad. En general la Formación Bowden ha sido depositada relativamente en un entorno marino profundo. La unidad es correlacionable con las formaciones Playa Grande y Cubagua en Venezuela.

La *Amphistegina*, *Amphistegina angulata*, *Amphistegina lessoni*, *Amphistegina rotundata*, *Globorotalia canariensis*, *Globorotalia miocenica*, *Gypsina discus* y la *Lenticulina bowdensis* son todos los ejemplares contenidos en la colección pertenecientes a la Formación Bowden.

Isla de La Española

Santo Domingo es la capital de República Dominicana y ésta junto con Haití, son conocidas como la isla de La Española, ocupa una posición casi equidistante entre Cuba y Puerto Rico. El *Paso del Viento* la separa de Cuba, el *Canal de Jamaica* la separa de Jamaica y otro canal, el de *La Mona*, separa la isla de Puerto Rico.

En la Figura 4.19 se muestra un mapa geológico de la isla La Española, donde se pueden apreciar secuencias estratigráficas desde el Cretácico hasta el Reciente.

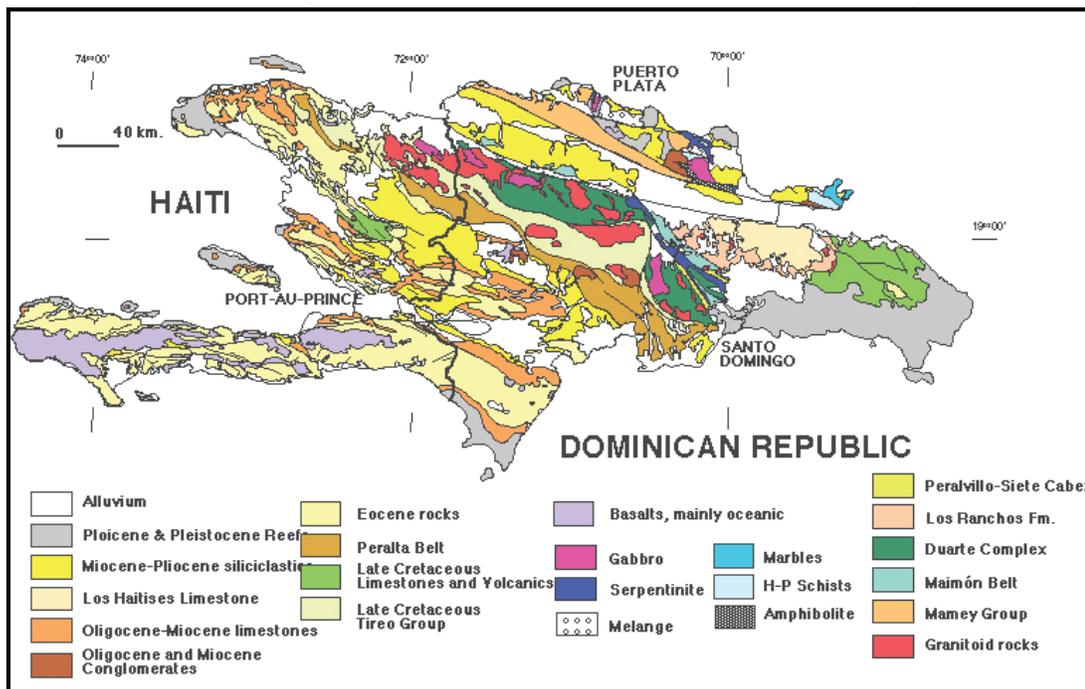


Fig. 4.19 Mapa Geológico de la isla La Española.
<http://palaeo.gly.bris.ac.uk/palaeofiles/lagerstatten/DomAmber/geoSet.jpg>

República Dominicana

Las rocas expuestas en la isla Española muestran el segmento de la isla como una compleja historia de vulcanismo, plutonismo, metamorfismo y levantamiento tectónico similar al de otros arcos de islas. La posición presente de la isla está a lo largo del límite norte entre la Placa de Caribe que se mueve hacia el este y la Placa de Norte América que se mueve hacia el oeste.

La isla Española consiste en un sustrato de edad Jurásico Tardío - Cretácico - Eoceno Temprano que constituye el basamento de cuencas sedimentarias del Terciario superior. La isla se divide en diez zonas o provincias morfogenéticas que se corresponden con sus alineaciones o escarpes bien definidos y cada una de ellas tiene características geológicas que las distinguen de sus contiguas.

En República Dominicana afloran rocas de diferentes edades, desde volcánicas y metamórficas del Cretácico hasta sedimentarias del Terciario y Cuaternario. Las sedimentarias han sido sujetas a una extensa deformación que ha dado origen al desarrollo de un intenso plegamiento principalmente en las sierras Neiba y Batoruco.

En el borde septentrional de la Cordillera Central de República Dominicana, se encuentra el Valle del Cibao, el cual se divide en la cuenca de Cibao Occidental y la cuenca del Valle Oriental; la cuenca del Valle Occidental está entre la Cordillera Septentrional y la Cordillera Central, compuesta por sedimentos fluviales en el centro del valle, caliza detrítica, arenisca calcárea de facies litoral, Formación Hidalgos que son calizas masivas puras, a veces arenosas del Eoceno Medio.

Las formaciones Cercado, Gurabo y Mao corresponden al Grupo Yaque, ubicado en la Cordillera Septentrional de República Dominicana.

Formación Trinchera (Oligoceno)

Según Dohm, en Bermúdez (1949), la Formación Trinchera está representada por una serie detrítica concordante sobre la Formación Sombrerito compuesta por lutitas arenosas, areniscas y conglomerados. Con espesor que va de 500 a 1500 m, sobrepuesta localmente se encuentra la Formación Florentino, que son calizas arrecifales, también de edad Oligoceno Tardío.

Los ejemplares correspondientes a la Formación Trinchera estudiados en la colección son: *Sphaeroidinellopsis grimsdalei*, *Globorotalia fohsi lobata*.

Formación Tabera (Oligoceno)

Esta formación litológicamente se compone de conglomerados, caliza arrecifal subordinada a turbiditas calcáreas, lutitas grises intercaladas con areniscas.

La Formación Tabera es correlacionable con las calizas coralinas de Antigua (Italia) y en Venezuela con la Formación El Paují de la cuenca de Maracaibo.

Bermúdez (1949) y Schuchert (1935), establecen que la Formación Tabera está formada por un conglomerado basal sobre el basamento, contiene *Heterostegina antillea*, *Lepydociolina crassata*, *L. marginata*, *L. schlumbergeri*, entre otros.

El ejemplar perteneciente a la Formación Tabera estudiado en la presente investigación corresponde a la *Amphistegina taberana*.

Formación Gurabo (Mioceno Medio)

Esta formación está compuesta litológicamente por limolitas intercaladas con areniscas y conglomerados. Woodring (1921) considera que la Formación Gurabo y la Formación Bowden de Jamaica son aparentemente de la misma edad, ya que tienen nueve formas de corales en común.

Dentro de los ejemplares que se estudiaron en la colección se tienen: *Amphistegina guraboensis*, *Amphistegina rotundata*, *Amphistegina tubereolata*, *Cuareolina angusta*, *Planorbulina clominicana*, *Planorbulinella trinitatensis*.

Formación Mao (Mioceno Tardío – Plioceno)

Esta unidad está compuesta litológicamente por calizas arrecifales y arcillas. Cooke (1921) describió las formaciones “Arcilla Mao” y “Caliza Mao Adentro”, la primera descansa sobre la segunda y ésta a su vez sobre la Formación Gurabo. La “Caliza Mao Adentro” consiste principalmente de calizas conglomeráticas interestratificadas con margas o lodositas calcáreas; por su parte la “Arcilla Mao” la constituye lodositas calcáreas o margas, semejantes a la de “Caliza Mao Adentro”. Debido a esta semejanza litológica Bermúdez (1949) las denomina Formación Mao.

La Zona de *Globorotalia tumida tumida* se caracteriza en la Formación Mao por la presencia de *Globorotalia tumida tumida*, *Globorotalia tumida plesiotumida*, *Globoquadrina dehiscens*, *Sphaeroidinellopsis subdehiscens subdehiscens*, *S. seminulina seminulina*, *Pulleniatina primalis*, *Globigerinoides obliquus extremus* y *Globorotalia dutertrei*. De acuerdo con Parker (1967) la Zona de *Globorotalia margarita* se extiende desde la Zona N 18 hasta la Zona N.19 de Banner y Blow (1965).

Según Van den Bold (1968), la Formación Mao tiene una edad comprendida entre la Zona de *Globorotalia margarita* y la zona de *G. inflata* e indicó que la Formación Gurabo en la primera de estas zonas.

La Formación Mao corresponde en edad con la parte superior de la Formación Quebradillas del norte de Puerto Rico. Así como también es correlacionable con parte de la Formación Ponce y con la parte superior de los miembros Cerro Verde y Cerro Negro de la Formación Cubagua, situados al NE de Venezuela (Bolli y Bermúdez, 1965).

Las especies que corresponden a esta colección y a la Formación Mao son:
Amphistegina floridana, *Amphistegina guraboensis*.

Haití

Haití comprende la tercera parte de la isla la Española, al oeste de la República Dominicana entre el Mar Caribe y el Atlántico norte, es esencialmente una isla montañosa, en el norte de la isla se ubica la Sierra de Monte Cristi y la del Cibao que constituyen la columna vertebral de Haití.

La geología de Haití sigue siendo muy poco conocida, es posible que las rocas metamórficas encontradas sean de edad pre - Cretácico, pero las rocas más antiguas, según los fósiles corresponden al Sistema Cretácico y la secuencia geológica es muy similar a la de Jamaica.

Algunas de las unidades litoestratigráficas de relevancia en Haití para el estudio que se realiza se comentan a continuación.

Formación Maissade (Mioceno)

Según Jones (1918), la Formación Maissade se localiza en la parte central del Plateau de Haití al SO de la cuenca de San Juan, compuesta litológicamente por areniscas y material carbonoso (lignito).

La Formación Maissade representa un ambiente marino poco profundo con invasión tierra adentro por la costa, esto según Maurrasse (1982).

Según Bermúdez (1949), la Formación Maissade es generalmente considerada una facies lateral de las formaciones Thomonde y Las Cahobas. La edad de esta unidad, según Butterlin (1960), se atribuye al Mioceno Temprano- Mioceno Medio, sin embargo Maurrasse (1982), establece una probable edad Plioceno.

En la Figura 4.20 se muestra un cuadro de correlación de las Antillas Mayores, donde se aprecia la sección que corresponde a la cuenca de San Juan para el intervalo Oligo-Mioceno. Dentro de la colección se encuentra la especie *Cibicorbis herricki*, correspondiente a esta unidad litoestratigráfica de Haití.

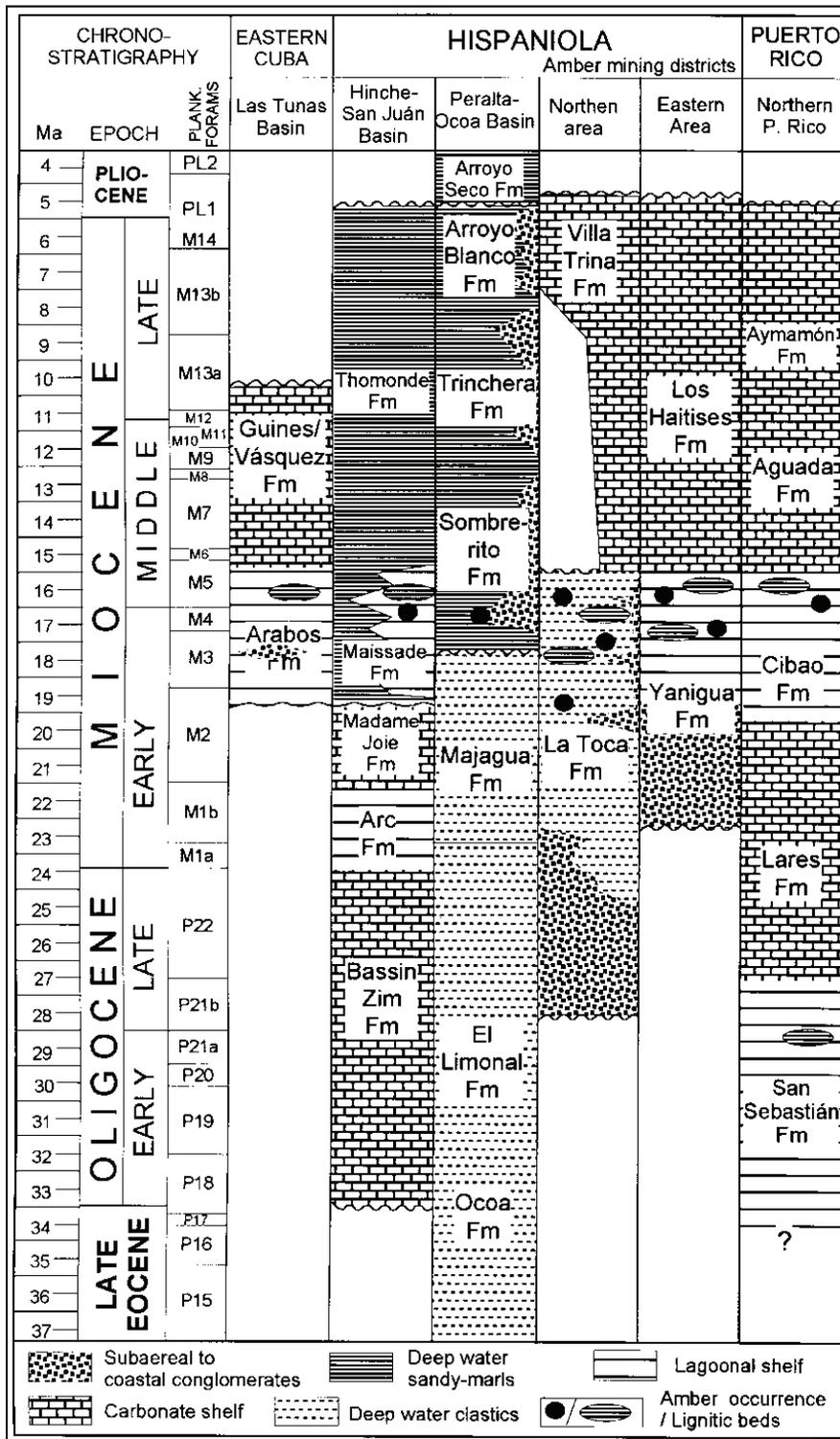


Fig. 4.20 Cuadro de secciones de las columnas del Oligoceno y Mioceno (Antillas Mayores). Tomado de <http://www.redciencia.cu/cdorigen/arca/paper/ambpr.pdf>

Puerto Rico

Es un estado libre asociado a los Estados Unidos de Norteamérica, corresponde a la isla más pequeña de las Antillas Mayores, rodeada por el Océano Atlántico al norte y el Mar Caribe al sur. Uno de los rasgos geológicos más representativos lo constituye la Fosa de Puerto Rico, la cual es localizada en el límite entre el Mar Caribe y el Océano Atlántico. Esta fosa está asociada con un complejo de transición en la zona de subducción al sur de las Antillas Menores y la placa que se extiende al occidente, desde Cuba y la isla de La Española hasta la Fosa de las Caimán y la costa de América Central.

En la Figura 4.21 se muestra un mapa geológico generalizado de secuencias Oligo- Mioceno de Puerto Rico.

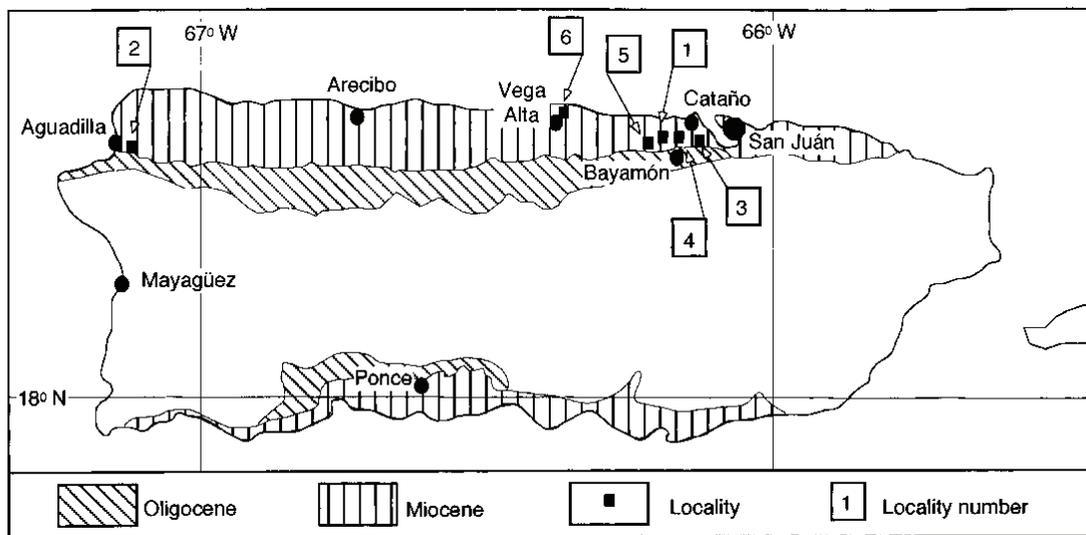


Fig. 4.21 Mapa Geológico generalizado de Puerto Rico.

Tomado y modificado de <http://www.redciencia.cu/cdorigen/arca/paper/ambpr.pdf>

La secuencia sedimentaria para el Mioceno está representada por: la Formación Cibao (Mioceno Temprano) horizontes y lentes clásticos, suprayacente la Formación Aguada (Mioceno Medio) y finalmente el Mioceno Tardío lo constituye la Formación Aymamon, estas últimas pertenecientes a plataformas carbonáticas. Una

inconformidad las separa de la Formación Quebradillas del Plioceno (Moussa *et al.*, 1987) la presencia de calizas caracteriza esta unidad.

La microfauna también se manifiesta en la isla de Puerto Rico como en el resto de la región Caribe-Antillana, con representantes de la especie *Globigerinoides primordius*.

Antillas Menores

Forman un arco al este de las Antillas Mayores, es decir en la parte oriental de la Placa del Caribe, en la zona donde converge la Placa del Caribe con la corteza oceánica del Atlántico, la tasa de convergencia es baja comparado con otras zonas de subducción (ver Fig. 4.22). Las islas que se encuentran dentro del arco de las Antillas Menores que son relevantes para el estudio de foraminíferos recolectados por el Dr. Bermúdez, corresponden a Barbados y Trinidad y Tobago.

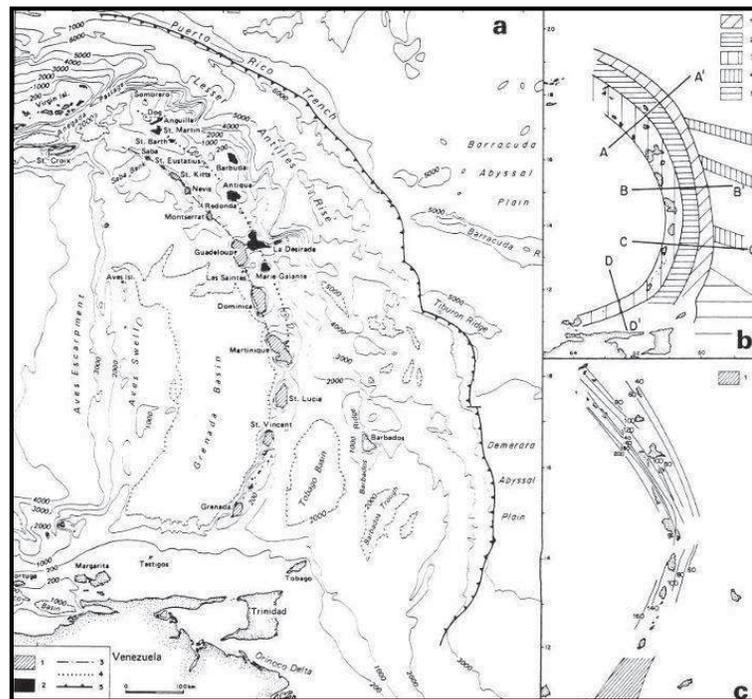


Fig. 4.22 Área de las Antillas Menores a) Mapa batimétrico, b) Estructura del arco de las Antillas Menores y c) Isobatas en Km de la zona de Benioff. Tomado de The Geological Society of America, 1991

Barbados

Es la isla de las Antillas Menores ubicada más al este, del grupo de las islas Windward. Mide 34 km de largo por 23 km de ancho. La ciudad más grande de la isla es su capital, Bridgetown. Tiene una formación coralina y los depósitos de coral que forman la isla se asientan sobre rocas sedimentarias.

Las regiones costeras de Barbados son llanas, y en el interior de la isla presenta terreno montañoso. La mayor elevación es el monte Hillaby, que alcanza los 336 m. Geológicamente Barbados es una de las formaciones más fascinantes que el hombre ha conocido, es el resultado de la colisión de la Placa del Atlántico con la del Caribe, durante millones de años la gradual acreción de los sedimentos oceánicos y la tectónica regular han hecho que barbados “pop” se levante. En la Figura 4.23 se aprecia un mapa geológico de una parte de Barbados, que prácticamente está formado por calizas arrecifales y sedimentos oceánicos.

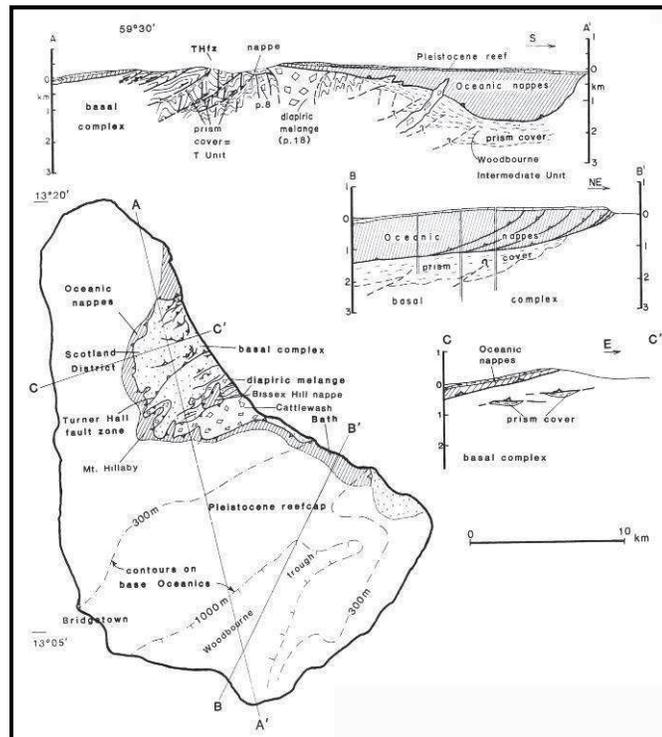


Fig. 4.23 Mapa Geológico de una parte de Barbados.
Tomado y modificado de The Geological Society of America, 1991

Cushman y Bermúdez (1945) y Bolli (1957) mencionan que la isla de Barbados es muy rica en corales, también en microfauna y establecen la Zona de *Catapsydrax dissimilis*.

En Barbados fueron recolectadas las siguientes muestras de foraminíferos *Globoquadrina advena*, *Catapsydrax dissimilis*, *Globigerinatella insueta*, todos de edad Mioceno.

Trinidad y Tobago

La República de Trinidad y Tobago es un estado independiente ubicado en el sur del Mar Caribe, sobre la plataforma continental de la Costa Oriental de Venezuela. Consiste de dos islas principales, la isla Trinidad -la mayor y más poblada-, la isla Tobago, de mucho menor tamaño.

Trinidad fue una vez conectada a parte del continente de América del Sur, sin embargo, quedó aislada del continente sudamericano después de una serie de eventos globales. Desde el Pleistoceno una serie de cambios de temperatura que se produjeron como resultado del avance y retroceso de los glaciares del mundo, los aumentos y descensos en el nivel del mar, hacen que durante este período se genere un cambio continuo de las temperaturas globales, en esta etapa Trinidad se separó de Venezuela. El aumento del nivel del mar llenó toda la cuenca entre Trinidad y Venezuela y formó el Golfo de Paria, de esta forma Trinidad queda separado de América del Sur.

Geológicamente, Trinidad puede ser sub-dividida en las siguientes provincias geológicas: Cuenca del Sur, Central Range, Cuenca del Norte, Costa Norte Área Marina y La Cuenca de Colón. En la Figura 4.24, se presenta un mapa esquemático de la geología de Trinidad, donde se observa que la sedimentación se inicia en el Jurásico Tardío con la depositación de la Formación Maracas hasta el Reciente con terrazas pleistocénicas y aluviones.

Por otra parte Tobago fue una isla volcánica, originada por un volcán submarino que mediante sus numerosas erupciones aumentó de tamaño y los corales empezaron a crecer a sus alrededores; al emerger la isla los corales le dieron la forma que posee actualmente. Esta isla fue asignada políticamente a Trinidad por su cercanía en comparación con las Antillas Menores y especialmente de Barbados. La cuenca de Tobago es una prospectiva área para el petróleo, es semejante a la de Granada pero menos profunda y está adyacente a la de estribo de Barbados. En la Figura 4.25, se muestra un mapa geológico de Tobago, donde se aprecian las diferentes unidades litoestratigráficas para el período Cretácico-Reciente.

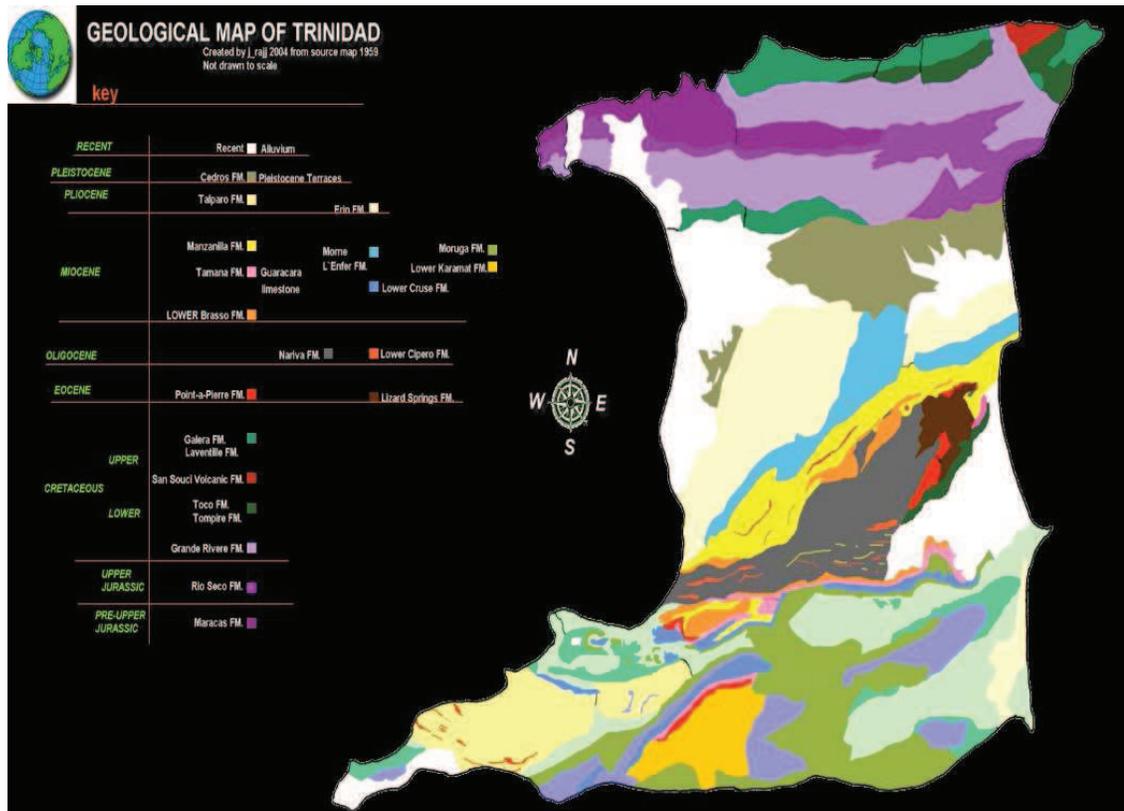


Fig. 4.24 Mapa Geológico de Trinidad. Tomado y modificado de www.geocities.com/j_rajj/trinidad_geological_map.html

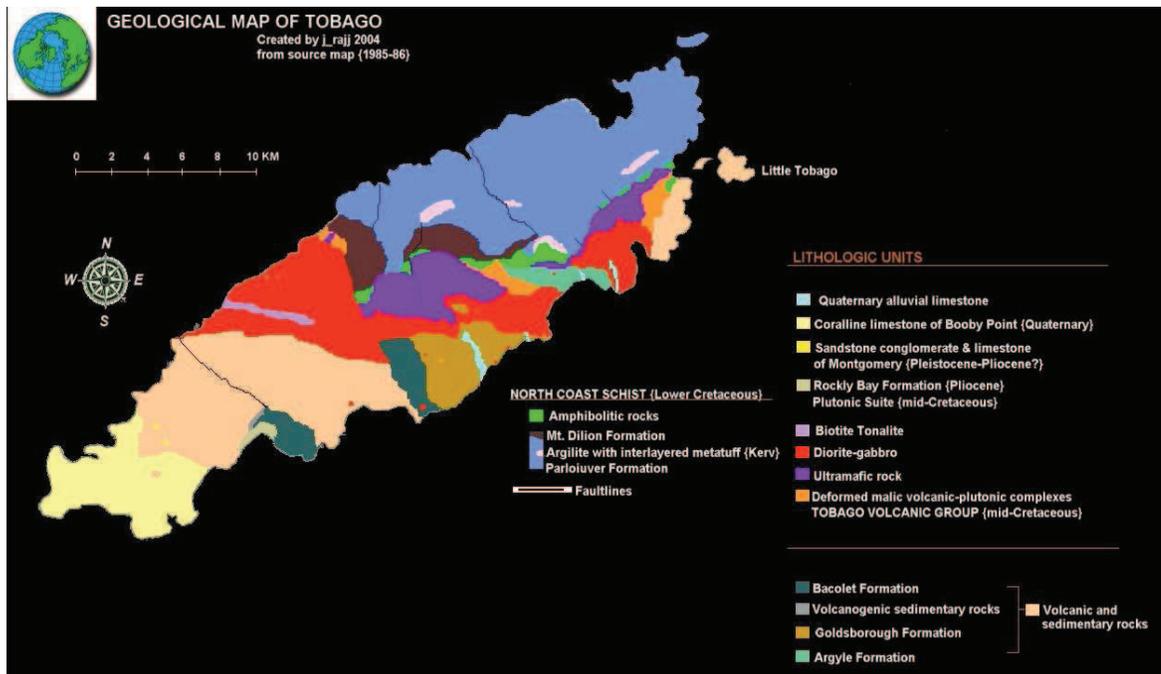


Fig. 4.25 Mapa Geológico de Tobago. Tomado y modificado de www.geocities.com/j_rajj/tobago_geology.html

Las unidades litoestratigráficas correspondientes a los foraminíferos presentes en la colección son las formaciones: Lizard Spring, San Fernando y Cipero.

Formación Lizard Spring (Paleoceno – Eoceno Temprano)

La Formación Lizard Spring descansa discordantemente sobre la Formación Guayaguayare del Cretácico Superior. Según Cushman & Renz (1946) litológicamente está formada por margas y mudstones con variaciones de color crema a verdes grisáceos, la microfauna es rica, sobre todo en formas planctónicas; suprayacente a la Formación Lizard Spring está la Formación del Navet del Terciario. Así, la Formación Lizard Springs ocupa una zona de transición entre el Cretácico-Terciario.

Pertenecen a esta unidad los siguientes ejemplares de foraminíferos: *Globigerina trilocolinoides*, *Globorotalia albeari*, *Globorotalia velascoensis*, *Globorotalia aequa*.

Formación Cipero (Oligo – Mioceno)

La microfauna es abundante en la formación, se designaron la Zona de *Globigerina concinna* como la inferior extrema de sus tres divisiones faunales de la Formación Cipero. Se amplió su descripción e indicó que la zona se reconoce principalmente por la presencia de *Globigerina* cf. *concinna*, restringida a este intervalo y que corrientemente se presenta por oleadas. Bolli (1957) describió la especie índice con el nombre de *Globigerina ciperoensis* (nov.), diferente la *G. concinna* europea, y el nombre de la zona se alteró de acuerdo. Posteriormente, el mismo autor (1957) refinó la zonación de la Formación Cipero y también dividió su *Globigerina ciperoensis* en tres subespecies. La Zona de *G. ciperoensis* fue dividida en las tres zonas de *Globigerina ampliapertura*, *G. ciperoensis ciperoensis* y *Globorotalia opima opima*.

La Formación Cipero es correlacionable con las formaciones Pozón del Grupo Agua Salada y Carapita en Venezuela.

En la colección estudiada se cuenta con los siguientes ejemplares de foraminíferos: *Globigerina ampliapertura*, *Globigerina winkleri*, *Globorotalia opima opima*, *Globoquadrina dehiscens*, *Catapsydrax dissimilis*.

En la Figura 4.26, se muestra un cuadro de correlación de las diferentes unidades litoestratigráficas de Trinidad y las de Venezuela oriental, para el período Cretácico-Pleistoceno, donde se pueden apreciar las formaciones antes mencionadas.

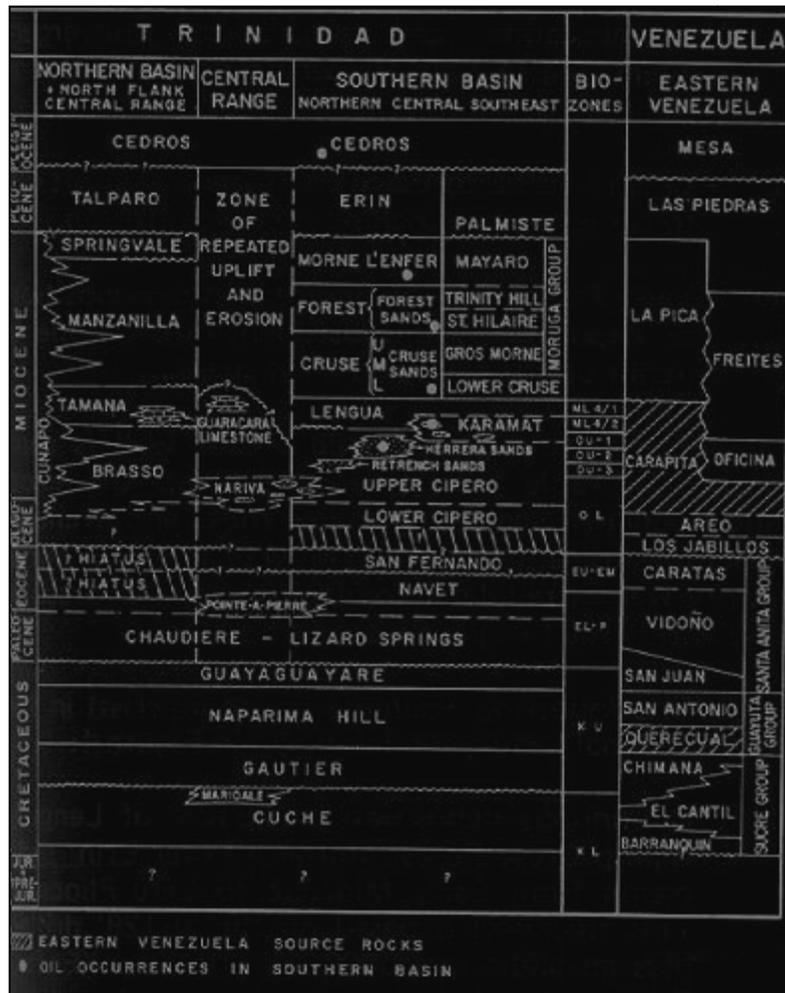


Fig. 4.26 Estratigrafía de las formaciones de Trinidad con la correlación en el noreste venezolano.
Tomado de <http://www.gstt.org/Geology/lexicon/strat2.htm>

Países costeros del Caribe

Panamá

Panamá es un país de América Central ubicado entre Costa Rica, Colombia, Mar Caribe y el Océano Pacífico (ver Figura 4.27), en este territorio se encuentra el canal de Panamá; forma junto con Costa Rica una provincia geológica bien definida denominada el Bloque Chorotega, el cual ha sido estudiado por numerosos autores

dentro de los cuales se tiene (Astorga *et al.*, 1989 y 1991; Escalante, 1990 y Seyfried *et al.*, 1991).



Fig. 4.27 Ubicación geográfica de Panamá.

Tomado y modificado de www.embpanamamexico.com/images/mapa_panama2.gif

Según Schuchert (1945), el antiguo Mar Caribe se prolongaba abierto hasta el Pacífico; el levantamiento del puente terrestre Costa Rica – Panamá cortó tal comunicación y enlazó América del Sur con América Central, dicho levantamiento ocurre según el autor para el Cretácico Tardío generado por la actividad de numerosos volcanes.

La estratigrafía sedimentaria en Panamá, es estudiada en las diferentes cuencas, correspondientes a las tres principales zonas geológicas (Del canal, Oriental y Occidental), las principales cuencas la forman: Chiriquí, Bocas del Toro, Panamá Central, Darién y Península de Azuero.

Dentro de las unidades litoestratigraficas estudiadas en la colección, se encuentran las formaciones Charco azul y Armuelles del Plioceno- Pleistoceno, ubicadas en el distrito de Baru, Puerto Armuelles, Provincia de Chiriqui, correspondientes a la cuenca de Chiriquí.

Las rocas sedimentarias de la época Plioceno, están representadas por la Formación Charco Azul, constituida por lutitas con intercalaciones de areniscas y turbiditas, correspondientes a un ambiente marino; ubicada al oeste y noroeste de finca Quebrada Sucia, así como en el sitio Cerritos. Por otro lado, las sedimentarias del Plioceno- Pleistoceno corresponden a la Formación Puerto Armuelles, constituida por conglomerados de matriz arcillosa, que se estratifican con areniscas guijarrosas, lutitas limosas y conglomerado basal con bloques andesíticos y basálticos, se ubica en la zona comprendida por el sector al este del poblado de San Pedrito, el cerro Brujo, sitio Las Galletas y el río Cerro Brujo; también al sur del cerro Chocuaco y el sector norte de la confluencia del río Pavón y quebrada Vaquedaño.

Los ejemplares que corresponden a estas formaciones que se encuentran dentro de la colección son los siguientes: *Globigerina quadrilatera*, *Globorotalia cibaensis*.

4.2.2 Golfo de México

La sección correspondiente al Golfo de México, se describe de igual forma que la región Caribe – Antillana, tomando en cuenta sólo las formaciones geológicas donde están presentes los ejemplares estudiados. Será dividida en dos partes, México (estados de la costa del Golfo de México) y Estados Unidos de América (llanura costera del Golfo de México).

México (estados de la costa del Golfo de México)

Es un país que ocupa la parte meridional de América del Norte, limita al norte con los Estados Unidos de América; al este, con el Golfo de México y el Mar Caribe; al SE con Belice y Guatemala, y al oeste con el Océano Pacífico.

La estratigrafía de este país resulta de gran relevancia, y está representada por las siguientes unidades estratigráficas (formaciones) Velasco, Aragón, Guayabal, Chapopote y Alazán (Ver Figura 4.28).

TABLA ESTRATIGRAFICA							
NOMENCLATURA TIEMPO				CUENCA SEDIM. TAMPICO MISANTLA	AREAS BEJUCO-LA LAJA		
ERA	PERIODO	EPOCA	EDAD	* FORMACION	† FORMACION		
CENOZOICO	TERTIARIO	MIO-CENO	LANGHIANO	TUXPAM		TUXPAM	
			BURDIGALIANO				
		OLIGOCENO	SUPERIOR	CHATTIANO	MESON	ESCOLIM COATZINTLA	MESON
				ALAZAN	PALMA REAL SUPERIOR	PALMA REAL SUPERIOR	
			INFERIOR	RUPELIANO	PALMA REAL INF.	PALMA REAL INF.	
				MORCONES	MORCONES		
		MIOCENO	SUPERIOR	BARTONIANO PRIAPONSIANO	CHAPOPOTE	TANTOYUCA	CHAPOPOTE
				LUTECIANO	GUAYABAL		GUAYABAL
			INFERIOR	YPRESIANO	ARAGON	ARAGON	
				CHCONTEPEC SUPERIOR	VELASCO SUPERIOR	VELASCO SUPERIOR	
		PALEOCENO		LANDIANO	CHCONTEPEC MEDIO	VELASCO MEDIO	VELASCO MEDIO
				MONTIANO	CHCONTEPEC INFERIOR	VELASCO INFERIOR	VELASCO INFERIOR
				DANIANO	CHCONTEPEC BASAL	VELASCO BASAL	VELASCO BASAL
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	MENDEZ		MENDEZ	
			CAMPANIANO				
			CONIACIANO	SAN FELIPE		SAN FELIPE	
			TURONIANO	AGUA NUEVA		AGUA NUEVA	
		MEDIO	CENOMANIANO ALBIANO	TAMAULIPAS SUPERIOR	TANAPPA TANAPPA TANAPPA	TAMAULIPAS SUPERIOR	TANAPPA
			INFERIOR	APTIANO	HORIZONTE OTATES		HORIZONTE OTATES
			BARREMIANO	YMAULIPAS INFERIOR		TAMAULIPAS INFERIOR	
			HUATERVIANO				
			VALANGINIANO				
			BERNARDIANO				
JURASICO SUPERIOR				PIMIENTA			

* AGUILERA H. E. TESIS PROFESIONAL 1962
 + ARAUJO M. J. PROYECTO C-1031-IMP-1977
 FORMACION AUSENTE

Fig. 4.28 Cuadro de correlación de las unidades litoestratigráficas de México Oriental.
 Tomado y modificado <http://www.sociedadgeologica.org.mx/index.php>

Formación Velasco (Paleoceno)

Cushman y Trager (1924), mencionan que esta unidad está constituida por lutita homogénea de grano fino con capas delgadas de bentonita. Se extiende de norte a sur a lo largo del Sinclinal de Magiscatzin, desde Ciudad Victoria hasta Tullillo, Tamaulipas, en el flanco oeste del Campo Ebano – Pánuco, en la parte este de la Faja de Oro y todo el frente de la Sierra Madre Oriental.

Según López - Ramos (1956, 1979) fue dividida en dos biozonas, una conocida como Velasco Inferior y la otra como Velasco Basal, la primera se caracteriza por predominio de las familias de foraminíferos Globorotaliidae y Globigerinidae, se presentan formas de *Globorotalia membranacea*. La segunda es caracterizada por el predominio absoluto de ejemplares de la familia Globigerinidae.

López-Ramos (1956, 1979), menciona que por la cantidad de foraminíferos bentónicos encontrados en la biozona Velasco Inferior, permite interpretar que se depositó entre un ambiente que va de nerítico externo a batial; mientras que para la biozona Velasco Basal, se interpreta un ambiente batial.

Por otro lado Alegret y Thomas (2001), sugieren en base al contenido de foraminíferos un ambiente de depósito batial y abisal para los sedimentos de esta formación.

Los ejemplares que corresponden a esta unidad están representados por: *Globorotalia velascoensis*, *Globigerina scabrosa*.

Formación Aragón (Eoceno Temprano)

Nuttall (1930) es el primero en aplicar el nombre de Formación Aragón para las rocas que se encuentra infrayacentes a la Formación Guayabal. López-Ramos (1979) indica que está constituida por una lutita gris verdosa, en la base se presentan bandas de bentonita y hacia el tope nódulos calcáreos.

Según PEMEX (1988), esta formación es característica de la superficie y subsuelo de las cuencas de Tampico – Misantla y de Veracruz.

PEMEX (1988) menciona que el contenido foraminífero está representado por los géneros: *Globorotalia*, *Globigerina*, *Aragonia*, *Textularia* y *Haplophragmiodes*. También considera que por su litología y contenido fosilífero el ambiente depositacional es nerítico externo a batial y nerítico interno por su asociación de foraminíferos bentónicos.

Nuttall (1930) encontró una similitud de edad y microfauna de esta unidad con la Formación Midway de Texas, por otro lado López – Ramos (1979) menciona una posible equivalencia con la parte superior de la Formación Chicontepec.

Pertenece a esta unidad el siguiente ejemplar de foraminífero *Globorotalia frondosa*.

Formación Guayabal (Eoceno Medio)

Según PEMEX (1988) consiste de lutitas de color gris azul y pardo, presenta delgadas intercalaciones de arenisca arcillosa y calcárea, además de lechos de bentonita. Localmente, al SO de Poza Rica, Veracruz, incluye cuerpos de conglomerados lenticulares con intercalaciones de lutita. La formación es rica en moluscos, briozoarios, corales y foraminíferos. Además indica que el ambiente de depositación varía de batial superior a nerítico externo y nerítico interno; sus cambios de espesor indican el depósito en un cañón submarino con inclinación hacia el sur que recibía sedimentos del occidente.

Muir (1936) menciona que es equiparable a las formaciones Claiborne Inferior y Cook Mountain, de Texas y Louisiana.

Micropaleontólogos de PEMEX (1988) (Dorr, en Muir, 1936; S. Santoyo y otros), indican que el conjunto faunístico está representado por los siguientes

foraminíferos: *Amphistegina mexicana* Cole, *Ceratobulimina eximia* Rzehak, *Cibicides sassei* Cole, *Discocyclina cushmani* Vaughan, *Eponides guayabalensis* Cole, *Fronicularia interrupta* Karrer, *Globigerina mexicana* Cushman, *Globigerina topilensis* Cushman, *Globigerina cryptonphalus* Cushman, *Globorotalia spinulosa* Cushman, *Globorotalia albeari*, *Hantkenina longispina* Cushman, *Nodosaria mexicana* Cushman, *Operculina bartschi* Cushman, *Plectina dalmatita* Liebus, *Robulus mexicanus* Cushman, *Uvigerina blancocostata* Cole, *Uvigerina elongata* Cole y *Uvigerina rippeasis* Cole. La *Globigerina bakeri* corresponde a la colección estudiada.

Formación Chapopote (Eoceno Tardío)

El nombre Chapopote – Tantoyuca fue propuesto por Ickes (1913) para una sola formación que posteriormente fue estudiada por Ver Wiebe (1924). Sansores y Girard (1969) enmendaron las definiciones y consideran a esta unidad compuesta por dos formaciones diferentes del Eoceno Superior. La Formación Chapopote caracterizada por margas de color gris a verdoso con delgadas intercalaciones de arcillas bentónicas depositadas en aguas profundas, con afloramientos en San José de las Rusias, Tamaulipas y al sur de Cerro Azul, Veracruz, y la Formación Tantoyuca formada por areniscas y conglomerados.

Pertenecen a esta formación los siguientes ejemplares de foraminíferos: *Crisbrohantkenina bermudezi*, *Globorotalia cerroazulensis*.

Formación Alazán (Oligoceno Temprano – Oligoceno Medio)

La Formación Alazán litológicamente está constituida por margas y lutitas. Sobreyace concordantemente a la Formación Chapopote e infrayace a la Formación Mesón, es correlacionable con la Formación Vicksburg de Texas.

Dentro de los foraminíferos más característicos se tiene: *Ammonospirata mexicana* Cushman, *Bolivina alazanensis* Cushman, *Bolivina tectiformis* Cushman,

Rectobolimina mexicana Cushman, *Robulus calcar* Nuttall, *Eponides umbonatus* Reuss, *Uvigerina nuttalli* Cushman, entre otras.

Los foraminíferos que corresponden a la Formación Alazán presentes en la colección estudiada son los siguientes: *Rectobolivina mexicana*, *Bifarina videsburgensis*.

Estados Unidos de América (llanura costera del Golfo de México)

Es un país situado casi en su totalidad en América del Norte, entre Canadá y México. Constituye una de las potencias más desarrolladas del mundo, formada por 50 estados, un distrito federal y las dependencias en las Antillas y Oceanía. Los estados de importancia para la investigación son los ubicados en el sur y SO de los Estados Unidos, haciendo referencia a Florida, Texas y Alabama.

El Golfo de México es una cuenca marítima contenida entre los litorales de México, Estados Unidos y Cuba, constituida básicamente por diapiros de sal formados en el Jurásico. Está formado por las unidades litoestratigráficas que se muestran en la Figura 4.29, la cual permite observar la configuración que caracteriza al golfo en dirección norte - sur y oeste - este.

Grupo Midway (Paleoceno)

Está compuesto por las formaciones Midway y Kincaid en Texas. Se superpone discordantemente a las margas, calizas y lutitas del Grupo Navarro del Cretácico. El Midway superior consta de margas y calizas intercaladas con glauconitas. Se depositó en la parte occidental de la Cuenca de Burgos ubicada a lo largo de la planicie costera del Golfo de México.

Al Grupo Midway pertenecen los siguientes ejemplares de foraminíferos presentes en la colección *Globigerina pseudobulloides* y *Nodogenerina*.

Grupo Jackson (Eoceno Superior)

Está ubicado en la llanura costera del golfo oriental compuesto por las formaciones: Whitsett, McElroy, Wellborn sandstone, y Caddell. Se indica que la mayoría de los estratos del Grupo Jackson, en la zona sur - central de Texas y Louisiana; mientras se extiende al SO de Misisipi - Alabama con las formaciones Yazoo y Moodys Branch y hacia el SE de Florida se manifiesta con la Formación Ocala.

Pertenecen al Grupo Jackson los siguientes ejemplares de foraminíferos presentes en la colección *Globorotalia centrellis*, *Globigerina yeguaensis*, *Globorotalia cocoaensis* y *Globoquadrina galavisi*.

CAPÍTULO V

INTERPRETACIÓN PALEOECOLÓGICA

En el planeta toda la biota está sometida a las condiciones ambientales existentes a lo largo de su geografía, y de ellas depende el rango de supervivencia y prolongación en el tiempo de las diferentes especies, así como el control de la diversidad de ellas, en los ecosistemas tropicales, y particularmente en los marinos donde se encuentra el mayor número de organismos vivos.

En este sentido, en los ecosistemas marinos existen múltiples interrelaciones entre los especímenes del medio acuático, y por esta razón, por lo general no están confinadas a áreas limitadas, sino que poseen amplitud para desarrollar sus diferentes modos de vida, por lo que también la extinción de especies es menos probable que en los ecosistemas terrestres. Tomando en cuenta las interrelaciones entre especies, sus comportamientos, hábitos y otras características que poseen en vida, se pueden conocer las especies del pasado haciendo referencia a su paleoecología, es decir, a las condiciones ambientales que han dado lugar a la evolución de las mismas y sus formas actuales.

Entre la gran diversidad de la naturaleza se encuentran los organismos correspondientes al reino protista, dentro del cual se encuentran los foraminíferos, objeto de estudio en esta investigación. Por su amplia distribución en los ambientes marinos, desde la zona intermareal hasta el mar profundo en los trópicos particularmente, y su capacidad a los cambios bruscos del medio ambiente, permiten ser excelentes bioindicadores en la evaluación de condiciones ambientales existentes en el pasado geológico.

Para realizar la interpretación paleoecológica serán analizados diferentes aspectos y características de los foraminíferos plácticos y béticos, acotando que

sólo son inferencias, puesto que el número de muestras no es significativo para establecer una afirmación rígida acerca de los foraminíferos presentes en la Colección del Dr. Pedro Joaquín Bermúdez en la región Caribe – Antillana y el Golfo de México, desde el Cretácico Superior al Reciente.

Dentro de los parámetros tomados en cuenta para realizar el presente análisis se tienen condiciones de batimetría, considerada fundamental, dado que refleja la mayor cantidad de variaciones con respecto al resto de los parámetros, como es el hecho de que a mayor profundidad menor será la temperatura. Algunos de los parámetros a evaluar serán el nivel de oxígeno en el agua, la salinidad, el contenido de CaCO₃, la luminosidad y el tipo de sustrato. Sin embargo, todos ellos están sujetos a importantes eventos tanto geológicos como tectónicos, siendo éste el caso de la deriva de la placa Caribe, la cual ha generado a lo largo de tiempo geológico desde su formación, cambios estructurales significativos que han afectado sin lugar a dudas las condiciones ambientales, siendo una de ellas las corrientes marinas relacionadas directamente con la presencia de los foraminíferos.

La determinación de las condiciones ambientales relacionadas con los parámetros mencionados en la región bajo estudio, se hace a un conjunto de 625 muestras de foraminíferos, distribuidas en los diferentes países y edades del tiempo geológico. En la Figura 5.1, en la cual se puede apreciar que las regiones más representativas en cuanto a número de muestras para una misma edad corresponden a Cuba y Venezuela, mostrando para el Eoceno una particular similitud. También se observa que la distribución de muestras a lo largo de la región no es uniforme, lo que no permitirá hacer un análisis veraz, ya que no se obtendría un resultado estadísticamente confiable. De manera que sólo se harán inferencias sobre ciertas condiciones a partir de los géneros existentes.

Por otra parte en la Figura 5.2, se aprecia la representación de las muestras para Cuba y Venezuela a través del tiempo, siendo el caso de Venezuela el de mayor número de muestras en comparación con el resto de los países.

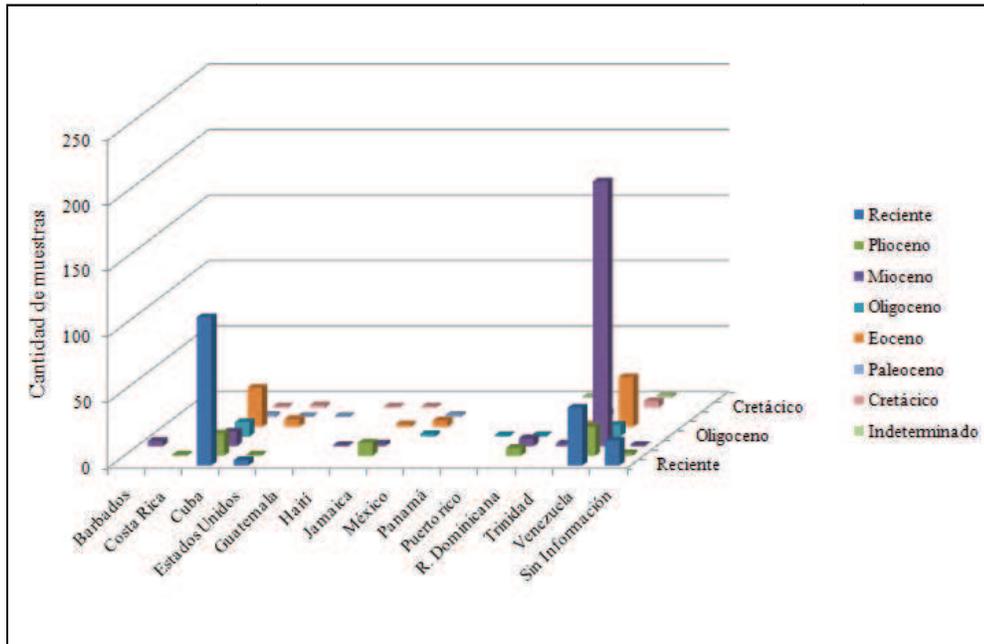


Fig. 5.1 Distribución por países de las muestras de foraminíferos del Cretácico Superior al Reciente en la región Caribe – Antillana y Golfo de México

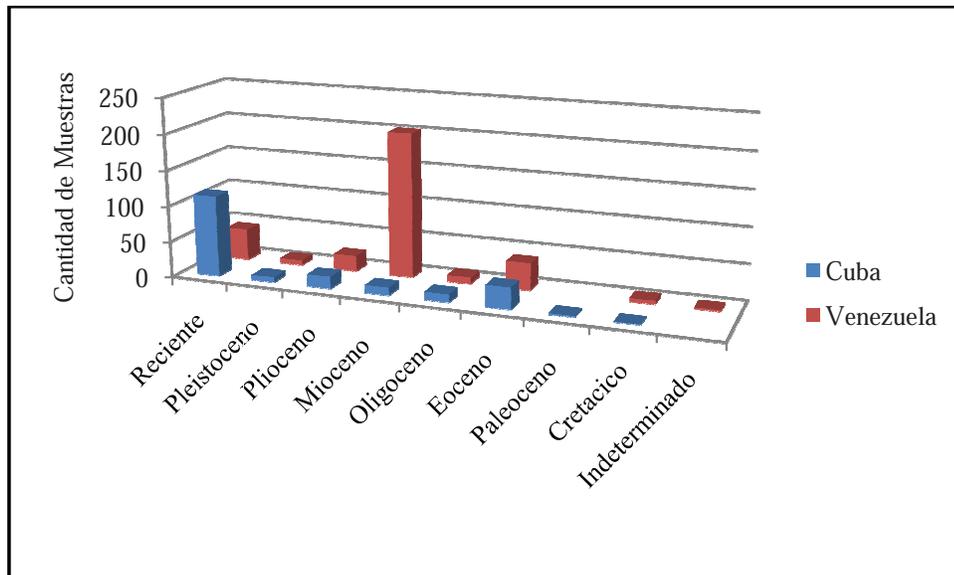


Fig. 5.2 Distribución de las muestras de foraminíferos del Cretácico Superior al Reciente en Cuba y Venezuela

Una vez conocida la distribución de las muestras de foraminíferos, se busca integrar los parámetros que controlan los paleoambientes. En cuanto a la batimetría se infiere que la mayoría de las muestras particularmente Cuba y Venezuela (por la relación entre pláncnicos y bénticos, ver Figuras. 5.3 y 5.4) se encuentran a profundidades entre la plataforma y la zona batial, lo que indica una mayor proliferación de foraminíferos pláncnicos distribuidos en la columna de agua. En el resto de los países se tienen profundidades variables que van desde los 130 a 1500 m, igualmente se manifiesta un dominio de las especies de pláncnicos, ya que los organismos bénticos son los que se adaptan a condiciones precarias en los ambientes marinos. Cabe destacar que este tipo de análisis batimétricos debe realizarse a través del método de Cluster, ya que es el que puede arrojar una mayor veracidad de los resultados.

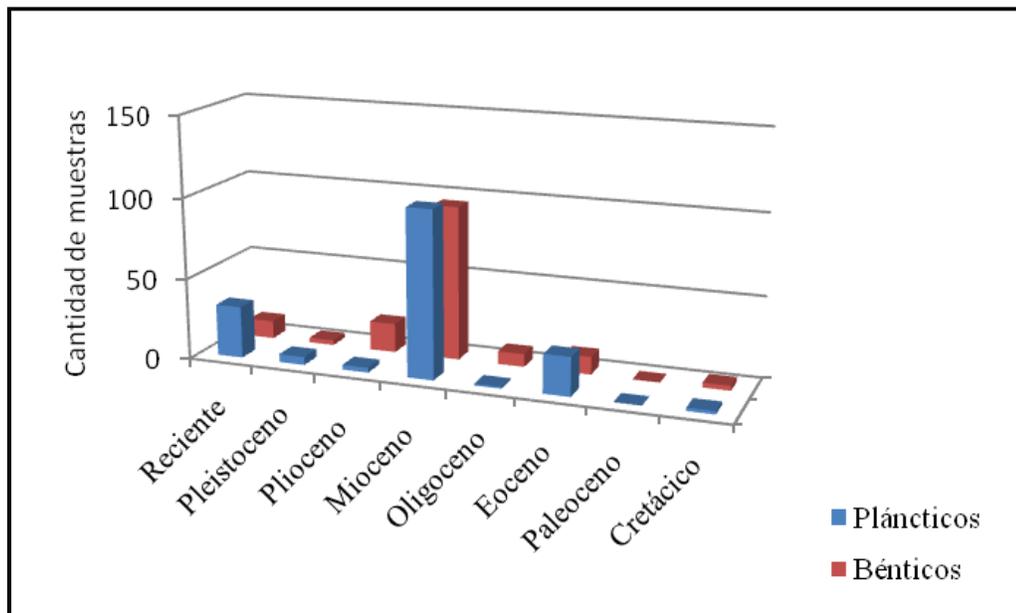


Fig. 5.3 Relación foraminíferos pláncnicos y bénticos del Cretácico Superior al Reciente en Venezuela

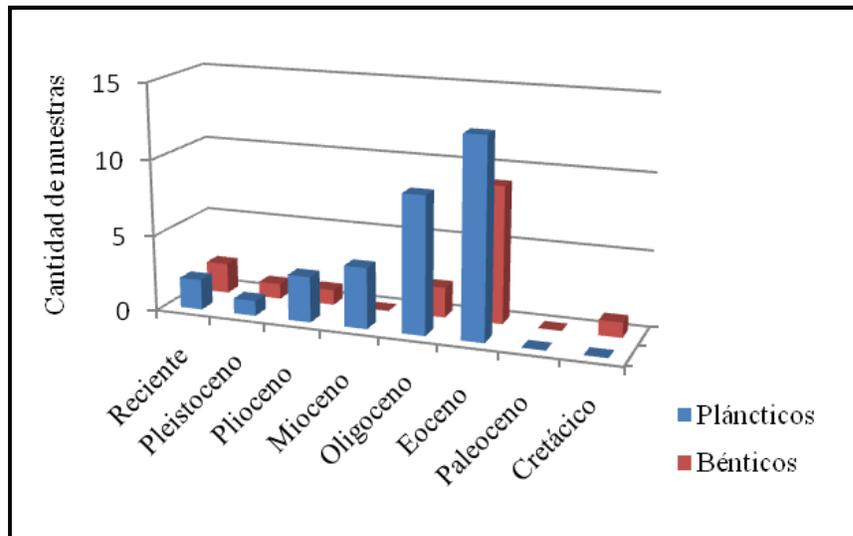


Fig. 5.4 Relación foraminíferos plácticos y béticos del Cretácico Superior al Reciente en Cuba

Parámetros físico – químicos del fondo oceánico (oxígeno disuelto, temperatura y salinidad)

A parte de la batimetría otro de los parámetros de importancia son los niveles de oxígeno disueltos en el agua (oxigenación), así como el alimento disponible, ya que estos controlan el desarrollo, espesor de la pared, tamaño, morfología, distribución y asociaciones de los foraminíferos.

La oxigenación de una cuenca está relacionada con la velocidad relativa de las corrientes, donde las aguas con mayor circulación tendrán un mayor contenido de oxígeno disuelto mientras que las más lentas conservarán una menor cantidad de oxígeno disuelto. También se relaciona con la temperatura, de manera que las corrientes ricas en oxígeno con mayor velocidad de circulación serán más frías mientras que las poco oxigenadas y con menor circulación serán más cálidas.

Partiendo de la estrecha relación existente entre la morfología de los foraminíferos béticos actuales y los diversos microhábitats ocupados por estos (Lucena, 2004) se distinguieron tres morfogrupos, los aeróbicos, que habitan en

sedimentos donde la cantidad de oxígeno disuelto en las aguas es mayor que 0.5 ml/l; los intermedios (valores comprendidos entre 0.5 y 0.1 ml/l) y los anaeróbicos, presentes cuando la cantidad de oxígeno disuelto no supera los 0.1 ml/l. Explican que una configuración oxigenada presenta más de 0,5 ml/l de oxígeno disuelto, presentando formas aeróbicas compuestas por organismos esféricos, planoconvexos y lenticulares, mientras que una anóxica contiene menos de 0,1 ml/l de oxígeno disuelto, donde coexisten formas anaeróbicas compuestas por organismos aplanados, cónicos y cilíndricos. Indica que una zona de oxígeno mínimo con menos de 0,1 ml/l de O₂ va a presentar principalmente especies de los géneros: *Bolivina*, *Bulimina* y *Buliminella*.

En el trabajo de Lucena (2004) también se establece una relación entre los organismos aeróbicos (A) y anaeróbicos (N) que llama índice de oxígeno disuelto $IO = (A \cdot 100) / (A + N)$, donde los resultados más elevados indican mayor cantidad de oxígeno disuelto. Se acota que esta relación depende directamente de la cantidad de muestras de foraminíferos béticos que se tengan para cada región.

Este análisis se puede realizar sólo en algunos de los países de la región estudiados, ya que las muestras de foraminíferos béticos son representativas en esos casos, entre ellos Cuba y Venezuela, y de igual forma el porcentaje de IO sólo se realizará para estos dos países puesto que los demás no cuentan con un número significativo de muestras.

En la Figura 5.5 se muestra la distribución de los foraminíferos béticos desde el Cretácico al Reciente para Venezuela, observándose un incremento en el Mioceno con respecto a las demás épocas geológicas, lo que permite inferir que para ese tiempo hubo algún evento que causó un incremento de estos organismos.

Por otra parte en la Figura 5.6, se muestra una tabla con los diferentes foraminíferos béticos (anaeróbicos, aeróbicos) haciendo referencia a géneros y cantidad para cada uno. Con todos estos datos se buscó un índice de oxígeno disuelto

(IO) promedio, que arrojó un valor de 47% indicando niveles intermedios de oxígeno disuelto para el intervalo estudiado.

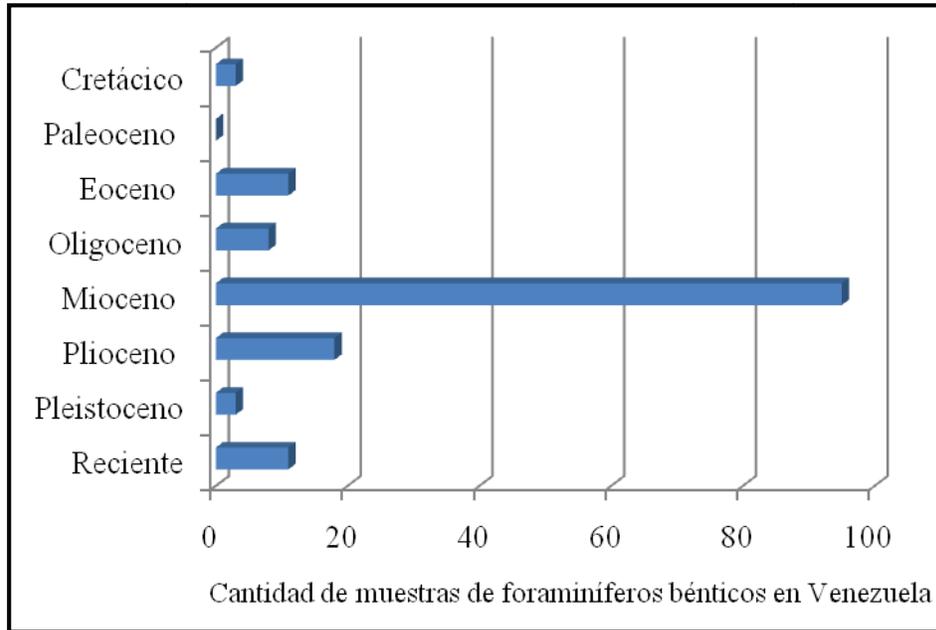


Fig. 5.5 Foraminíferos bénticos del Cretácico Superior al Reciente en Venezuela

Venezuela			
Genéro infaunal/anaeróbico	Nº	Genéro infaunal/aeróbico	Nº
<i>Amphicoryna</i>		<i>Amphistegina</i>	3
<i>Bolivina</i>	4	<i>Cancris</i>	1
<i>Brizalina</i>	4	<i>Cibicides</i>	3
<i>Bulimina</i>	6	<i>Discorbis</i>	1
<i>Cassidulina</i>	2	<i>Elphidium</i>	
<i>Chilostomella</i>		<i>Eponides</i>	2
<i>Globobulimina</i>		<i>Gyroidina</i>	1
<i>Lagena</i>		<i>Lenticulina</i>	14
<i>Liebusella</i>		<i>Planulina</i>	1
<i>Marginulinopsis</i>	4	<i>Pyrgo</i>	
<i>Nodosaria</i>	1	<i>Quinqueloculina</i>	2
<i>Saracenaria</i>	1	<i>Sigmoilopsis</i>	1
<i>Textularia</i>	3	<i>Triloculina</i>	3
<i>Uvigerina</i>	11		
Total	36	Total	32

Fig. 5.6 Foraminíferos bénticos del Cretácico Superior al Reciente en Venezuela. El renglón N° indica la cantidad de géneros de foraminíferos anaeróbicos y aeróbicos presentes en la colección

En las Figuras 5.7 y 5.8, se muestra un gráfico y una tabla con la distribución de béticos para Cuba, con un incremento en el Eoceno y se representan los géneros que están presentes, tanto los anaeróbicos como los aeróbicos.

De igual forma se calculó el IO promedio para Cuba el cual resultó de 41%, valor muy parecido al de Venezuela, lo cual indica que los niveles de oxigenación eran parecidos durante ese período de tiempo.

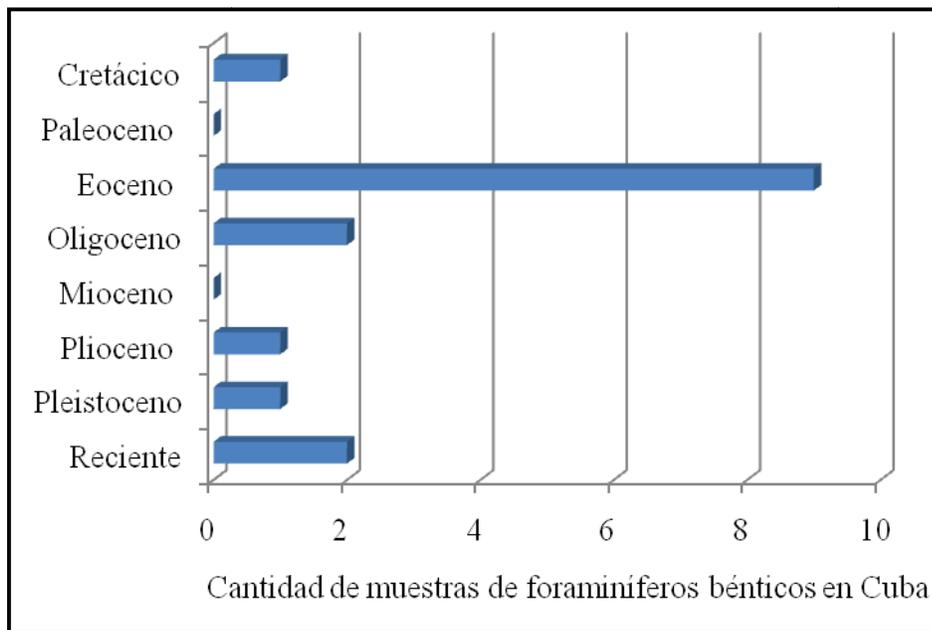


Fig. 5.7 Foraminíferos béticos del Cretácico Superior al Reciente en Cuba

Cuba			
Genéro infaunal/anaeróbico	Nº	Genéro infaunal/aeróbico	Nº
<i>Amphicoryna</i>	1	<i>Amphistegina</i>	6
<i>Bolivina</i>		<i>Cancriis</i>	
<i>Brizalina</i>		<i>Cibicides</i>	1
<i>Bulimina</i>	3	<i>Discorbis</i>	
<i>Cassidulina</i>	3	<i>Elphidium</i>	1
<i>Chilostomella</i>	1	<i>Eponides</i>	1
<i>Globobulimina</i>		<i>Gyroidina</i>	
<i>Lagena</i>		<i>Lenticulina</i>	1
<i>Liebusella</i>	2	<i>Planulina</i>	
<i>Marginulinopsis</i>		<i>Pyrgo</i>	1
<i>Nodosaria</i>		<i>Quinqueloculina</i>	1
<i>Saracenaria</i>	4	<i>Sigmoilopsis</i>	
<i>Textularia</i>	1	<i>Triloculina</i>	
<i>Uvigerina</i>	2		
Total	17	Total	12

Fig. 5.8 Foraminíferos bénticos del Cretácico Superior al Reciente en Cuba. El renglón Nº indica la cantidad de géneros de foraminíferos anaeróbicos y aeróbicos presentes en la colección

Sin embargo se puede decir que la diversidad de comunidades de foraminíferos bénticos y la presencia de asociaciones mixtas infaunales y epifaunales indican condiciones ambientales estables en el Mioceno para Venezuela. De lo que se puede interpretar que el IO está mostrando una oxigenación de las aguas suficiente para el desarrollo de asociaciones mixtas de foraminíferos bénticos aeróbicos y anaeróbicos.

El sustrato también forma parte del hábitat de los foraminíferos, en los más suaves, arcillosos y limosos los organismos son libres sobre el bentos, mientras que en los duros y granulares se sujetan o adhieren al mismo. El parámetro condiciona la alimentación de los foraminíferos, es decir los que están libres sobre el sustrato son detritívoros y los sujetos son herbívoros. Así como también se refleja en las paredes

de los organismos aglutinados, ya que en las zonas de mayor energía los granos serán más gruesos que los que se encuentran a niveles de energía más bajos.

El sustrato es un factor importante para el desarrollo de los foraminíferos aglutinados y tiene influencia cualitativa. También puede tener influencia para la distribución cuantitativa de estos organismos cuando el sedimento es heterogéneo.

La cantidad de muestras de foraminíferos para la región estudiada permite inferir que el sustrato predominante es arcilloso-limoso, tomando en cuenta información previa, indicando áreas de baja energía y abundante contenido alimenticio, pero tomando en cuenta que también existen sustratos duros evidenciados en las muestras correspondientes a foraminíferos béticos recolectados en Cuba y Venezuela específicamente.

La temperatura está definida como un factor que condiciona la distribución horizontal e influye en la distribución vertical de todas las especies. Se ha observado que durante los cambios estacionales existen variaciones en la diversidad de especies, que condicionan la apariencia, tamaño, forma y composición de la concha de los foraminíferos y se encuentra relacionada directamente a la salinidad, oxigenación, nivel de compensación de los carbonatos, profundidad y circulación de las aguas (esta última muy importante en la investigación ya que la deriva de la placa Caribe desde el Cretácico origina cambios en la dirección de las corrientes y por consiguiente en la temperatura). Un ejemplo notable es el cierre del Istmo de Panamá en el Plioceno, el cual tuvo una inmediata repercusión oceánica y modificó probablemente el clima del Atlántico Norte al desviar hacia ahí todo el caudal de la corriente ecuatorial, y reforzando la corriente del Golfo de México. A su vez las aguas cálidas transportadas por la Corriente del Golfo ayudaron a la iniciación de las glaciaciones en las altas latitudes del hemisferio norte (ver Fig. 5.9).

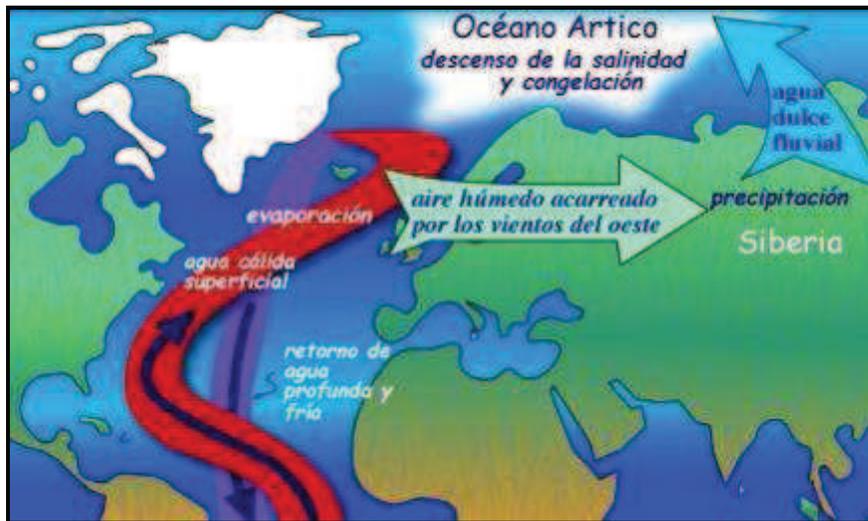


Fig. 5.9 Dirección de las Corrientes tropicales al cerrar el Istmo de Panamá en el Plioceno, generando las glaciaciones cuaternarias.
Tomado y modificado de: <http://homepage.mac.com/uriarte/climaplioceno.html>

La temperatura constituye un parámetro que varía según la latitud, ya que para latitudes altas se tienen temperaturas bajas y en las bajas latitudes temperaturas altas. En la Figura 5.10 se muestra un perfil de temperatura y presión (T/P) para el océano. Como se puede apreciar la temperatura desciende a medida que aumenta la profundidad. La termoclina es la curva que indica las capas en donde la temperatura del agua cambia rápidamente con la profundidad.

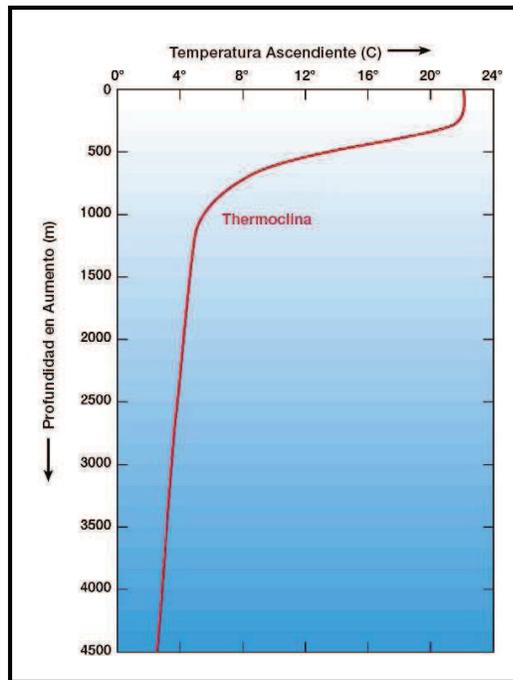


Fig. 5.10 Perfil de temperatura y profundidad (T/P) del océano. Como puede verse la temperatura desciende a medida que aumenta la profundidad.

Tomado y modificado de <http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/Water/temp.sp.html>

Como se ha mencionado anteriormente la temperatura ha desempeñado un rol muy importante en el desarrollo de los organismos, sus incrementos y descensos a lo largo del tiempo geológico ha definido las características de las especies. Los cambios de niveles en la temperatura que están asociados directamente a eventos geológicos de mayor impacto sin lugar a dudas son los tectónicos. En la Figura 5.11 se muestra una sucesión de acontecimientos cálidos y fríos a lo largo del Cenozoico que de una u otra forma afectaron la existencia de los organismos. También se observa el descenso de la curva desde el Paleoceno hasta las glaciaciones cuaternarias, cuya sucesión se deduce a partir de los isótopos de (O^{18}/O^{16}), el cual es un análisis que se le hace a las conchas de foraminíferos, ya que segregan sus conchas de $CaCO_3$, a partir de elementos disueltos en el agua donde habitan. En condiciones más frías se encontrará mayor cantidad de isótopos de O^{18} por haberse enriquecido el O^{16} que es más ligero.

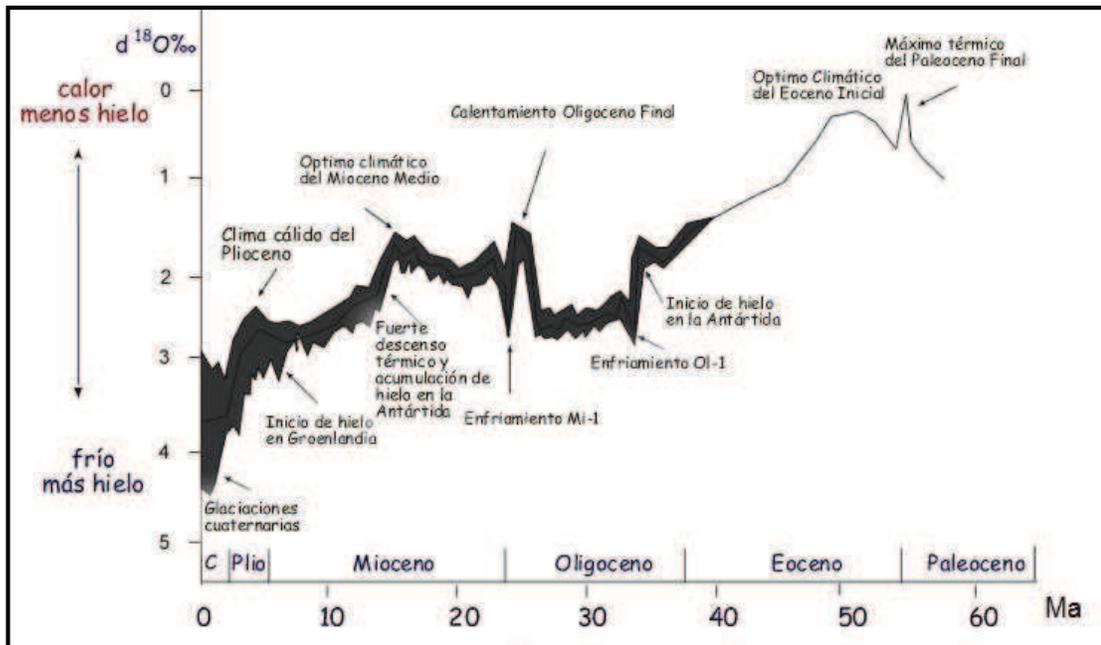


Fig. 5.11 Sucesión de acontecimientos cálidos y fríos a lo largo del Cenozoico (últimos 60 millones de años) deducidos de la evolución de la ratio de los isótopos del oxígeno en los foraminíferos fósiles del fondo de los mares.

Tomado y modificado de <http://homepage.mac.com/uriarte/cenozoico.html>

Murray (1979) indica los rangos de temperatura en la cual habitan por lo general los foraminíferos, indicando si son de temperaturas frías, frías-templadas, templadas-frías, templadas, templadas-cálidas y cálidas o tropicales. Para poder llevar estas temperaturas a un gráfico de temperaturas relativas hay que parametrizarlas, es decir transformarlas a números con el fin de obtener las variaciones de temperatura a lo largo de la columna de agua.

En el trabajo de Lucena (2004) también se estableció una zonación batimétrica y térmica donde se distinguieron cuatro zonas:

1) Zona A, línea de playa de 0-9 m y temperatura 31,5-21,5 °C, abundancia de géneros de las familias *Miliolidae*, *Peneroplidae* y *Valvulinidae*, y localmente *Calcarinidae*.

2) Zona B, 9-110 m, temperatura 24,8-18,9 °C, disminuyen los *Miliolidae* y *Peneroplidae* y predominan *Lagenidae*, *Textulariidae*, *Buliminidae* y *Amphisteginidae*.

3) Zona C, 900-1500 m, temperatura 7,61-4 °C, predominan especies de *Globigerinidae* y *Globorotaliidae*.

4) Zona D, 3650-5200 m, temperatura 2-1,83 °C, semejante a la Zona C.

Tomando en cuenta estas consideraciones se realizaron gráficos de profundidad y temperatura relativos para Cuba y Venezuela, países como se ha mencionado anteriormente poseen los mayores números de muestras.

En las Figuras 5.12 y 5.13 correspondientes a Venezuela, se pueden observar las relaciones de temperatura y profundidad en función del tiempo, observando que para el Mioceno existe una correspondencia en cuanto a relación de T/P, ya que ésta es la época para la cual se tienen un número significativo de muestras. La tectónica del Caribe, provocó la profundización de las aguas, lo que permitió el descenso de la temperatura y la reproducción de organismos pláncnicos.

De igual forma se realizó este análisis para Cuba, donde los resultados son parecidos a los de Venezuela, como se muestra en las Figuras 5.14 y 5.15, en general se puede inferir que las condiciones ambientales para estas etapas del tiempo geológico tienen algunos ascensos y descensos en la temperatura lo que indica somerización y profundización en las cuencas donde vivieron los foraminíferos presentes en la colección.

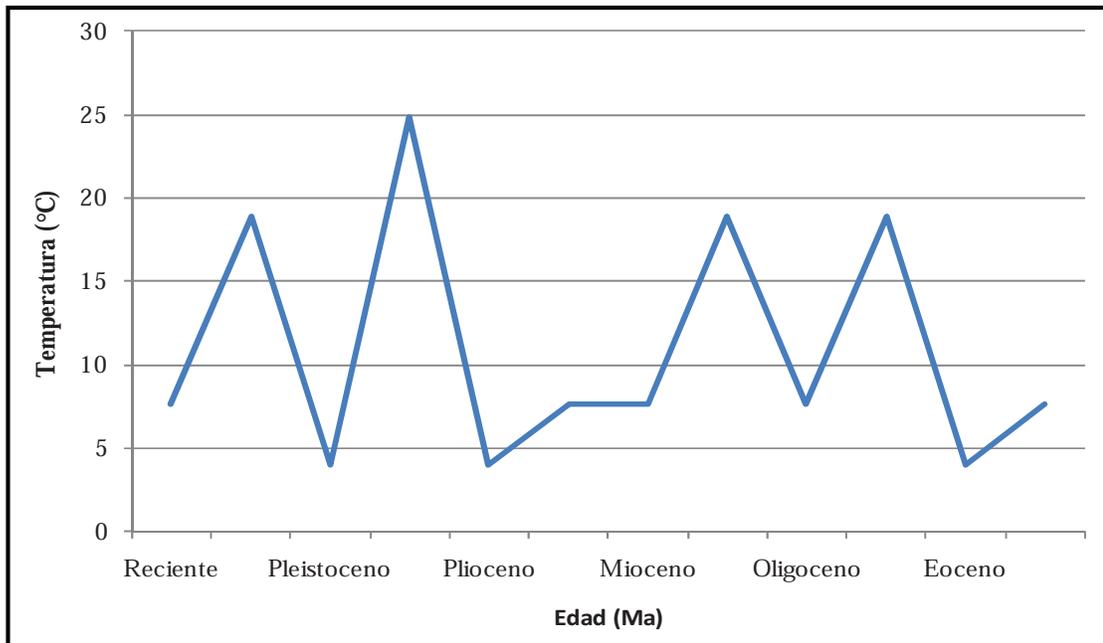


Fig. 5.12 Relación de variación de la temperatura durante el Cenozoico en Venezuela

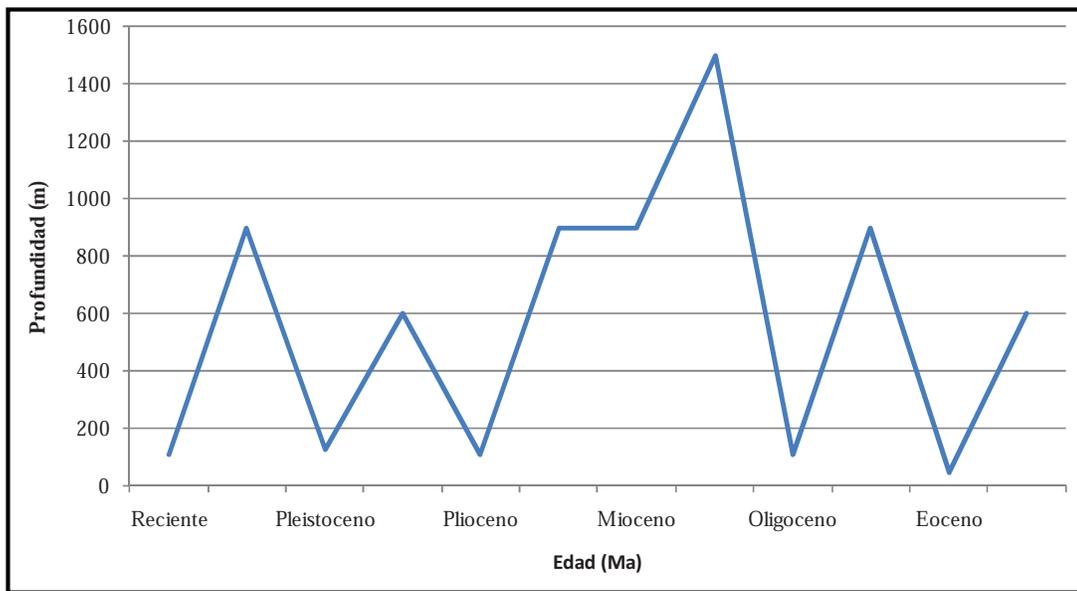


Fig.5.13 Relación de variación de la profundidad durante el Cenozoico en Venezuela

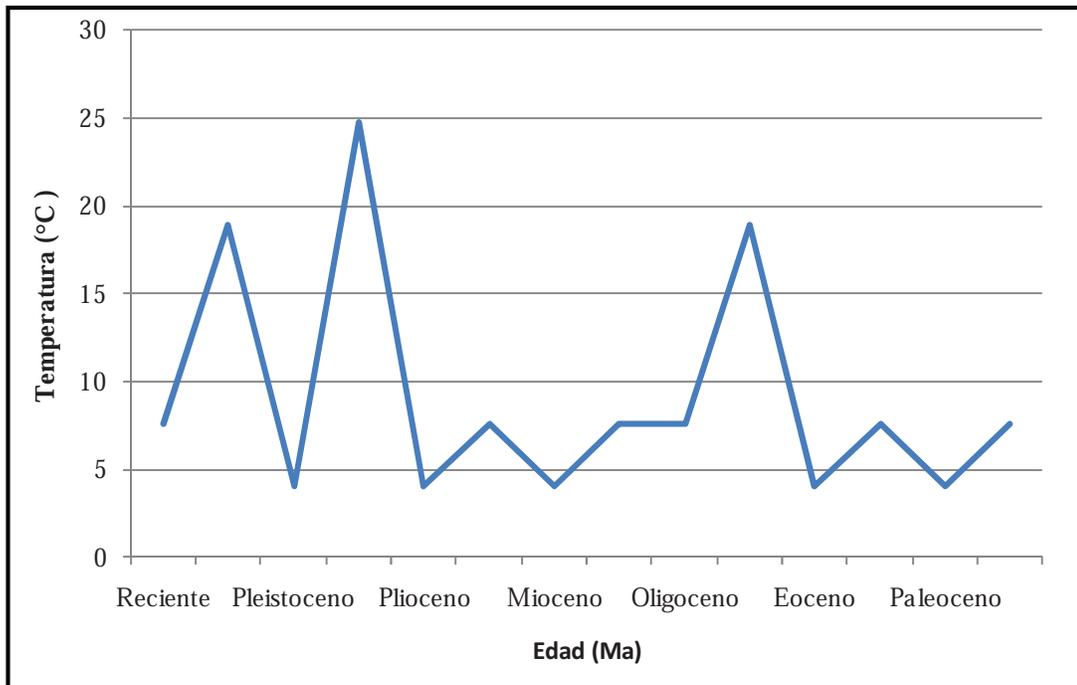


Fig. 5.14 Relación de variación de la temperatura durante el Cenozoico en Cuba

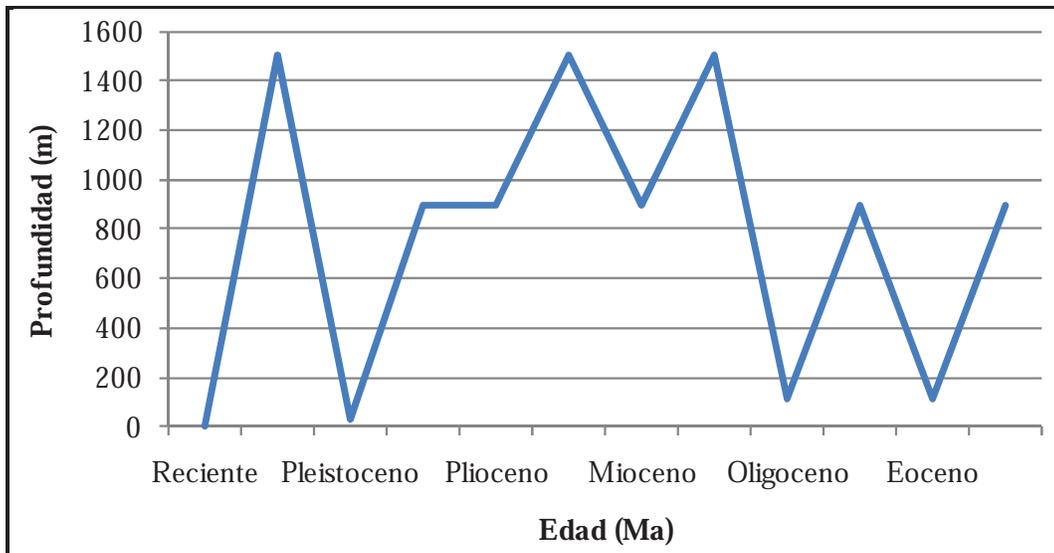


Fig. 5.15 Relación de variación de la profundidad durante el Cenozoico en Cuba

Por otra parte la temperatura conjuntamente con la profundidad y otros factores afectan de forma directa el caparazón o pared de los foraminíferos, es decir si son aglutinadas (arenáceas) o calcáreas (hialinas y aporcelanadas) estas características permiten discriminar el ambiente en el cual viven los organismos. Por esta razón se realizó un conteo estadístico de las muestras de foraminíferos en la región estudiada (siendo las más representativas Cuba y Venezuela), dando como resultado los observados en las Figuras 5.16, 5.17, 5.18 y 5.19, donde para Venezuela se puede apreciar el dominio de las paredes calcáreas (generalmente hialinas) sobre los aglutinadas, con un incremento significativo en el Mioceno, indicando que la mayor parte de estos organismos vivieron a profundidades variables por encima de la zona abisal (menos de 2000 m) a temperaturas que van 10 °C a 4 °C.

De igual forma se observaron estos resultados para Cuba, donde también existe un dominio de pared calcárea a lo largo del Cuaternario, mostrando un incremento en el Eoceno y Reciente respectivamente.

Esto nos lleva a inferir que las condiciones de temperatura y profundidad de los organismos varían para ambos países, correspondiendo a edades diferentes para cada uno, lo que posiblemente se deba a variaciones que afectaron la fauna de estos países. Lo que para el caso de Cuba pudo haber sido provocado por la colisión con la plataforma de las Bahamas en el Eoceno; y en el caso de Venezuela la colisión de la Placa Caribe con el extremo norte venezolano en el Mioceno.

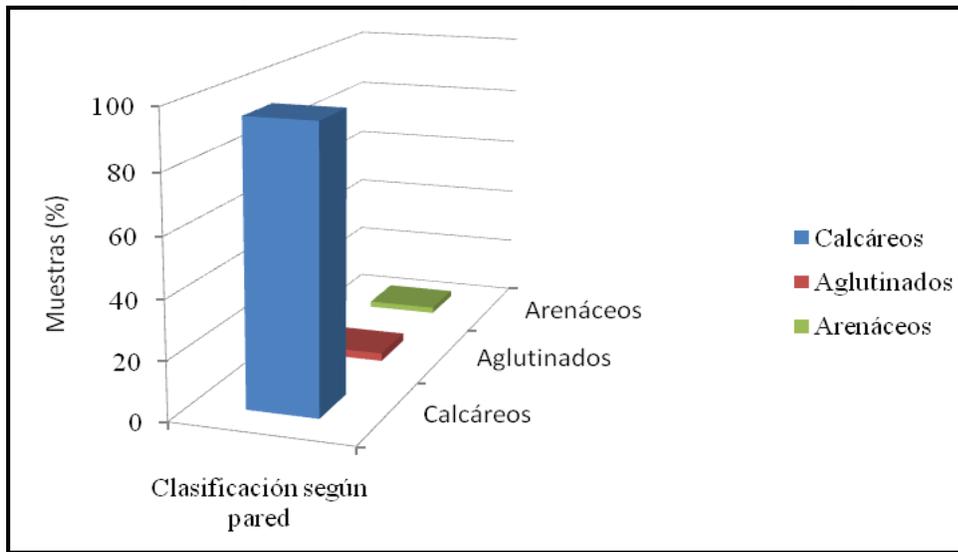


Fig. 5.16 Clasificación de los foraminíferos según la pared en Venezuela presentes en la colección

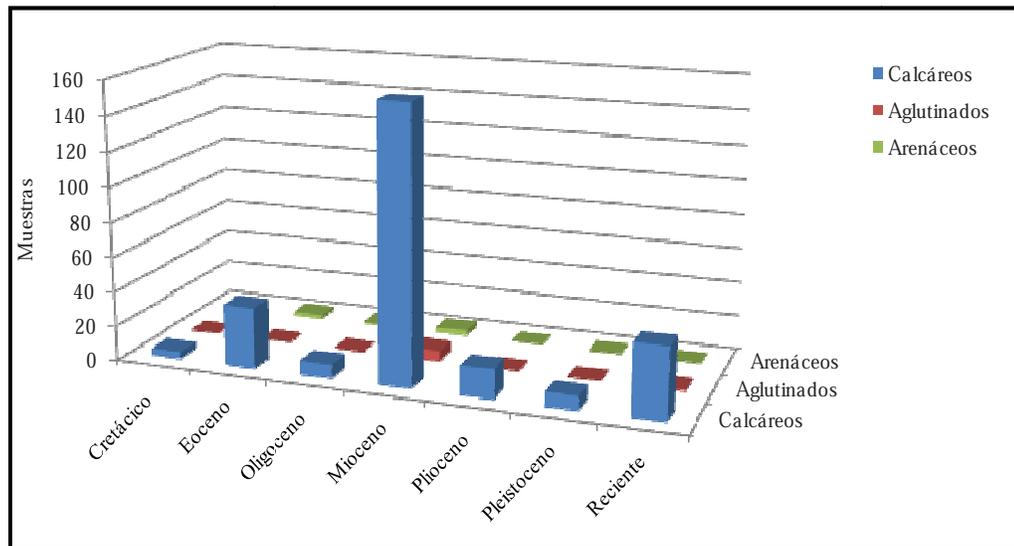


Fig. 5.17 Clasificación de los foraminíferos según la pared del Cretácico Superior al Reciente en Venezuela presentes en la colección

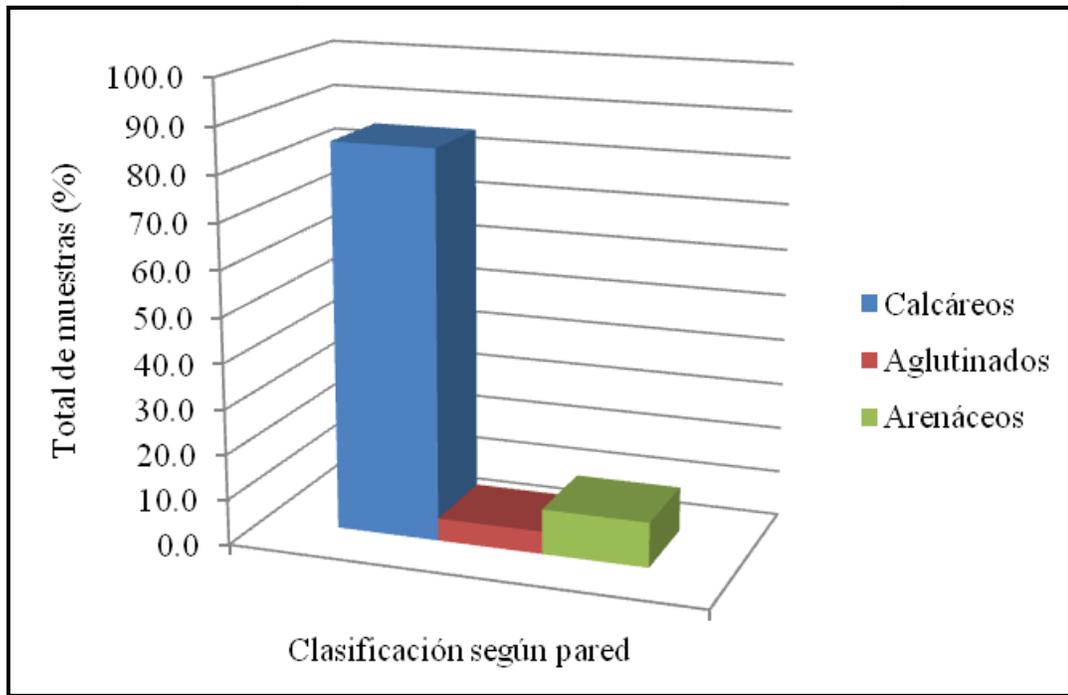


Fig. 5.18 Clasificación de los foraminíferos según la pared en Cuba presentes en la colección

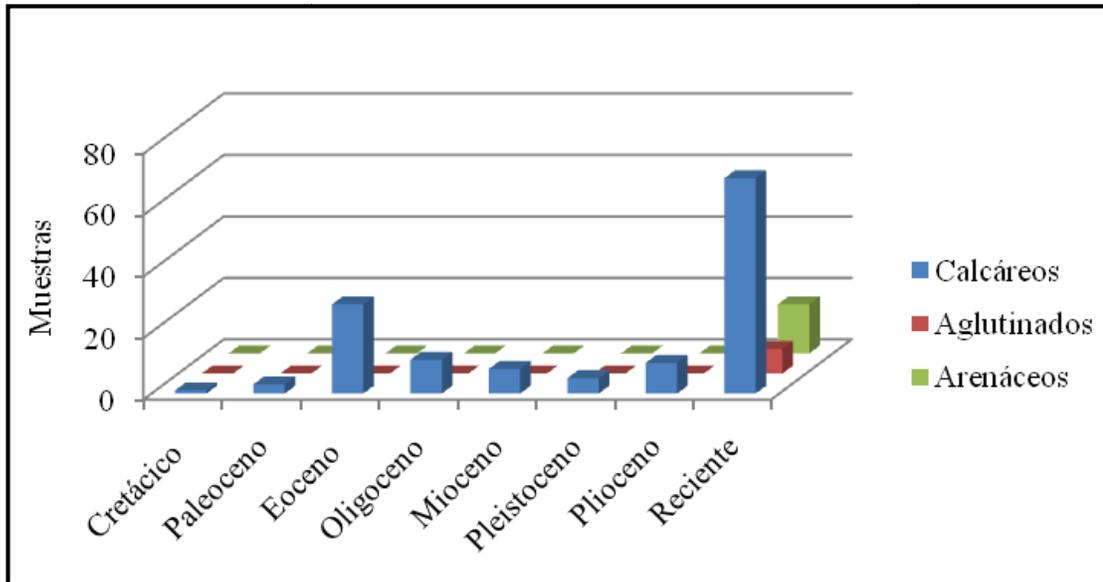


Fig. 5.19 Clasificación de los foraminíferos según la pared del Cretácico Superior al Reciente en Cuba presentes en la colección

La salinidad es uno de los parámetros que no revela mayor cambio en las asociaciones de foraminíferos por lo general. Según Murray (1979) la gran mayoría de los organismos encontrados son de ambientes marinos con salinidades normales (35%). En los casos donde aparecen organismos que pudieran asociarse a otras salinidades, éstos representan un bajo porcentaje, por lo que no sería estadísticamente confiable. Lo que por el contrario se pudiera asociar es la relación temperatura y salinidad, puesto que a menores temperaturas el agua tiende a ser menos salina, sin embargo la variación de temperatura ocurre en un bajo rango.

Por esta razón podemos considerar que la salinidad a la cual estuvieron sometidos los foraminíferos de esta colección en la región Caribe - Antillana y Golfo de México fue de condiciones de salinidad normal.

Con la descripción de cada uno de los principales parámetros que controlan las condiciones ambientales para la biota marina, se puede realizar una integración con la finalidad de conocer los rasgos paleoecológicos de los foraminíferos de la colección estudiada para la región del Caribe, las Antillas y el Golfo de México. En este sentido tomando como base los resultados arrojados por los datos de los microfósiles en los diferentes países se realizan inferencias, y además se toma en cuenta la cantidad de muestras significativas descartando para el análisis las no representativas estadísticamente.

Teniendo a Cuba y Venezuela como los países con mayor porcentaje de muestras en la región de estudio, se infiere que las condiciones ambientales desde el Cretácico hasta nuestros días dependen de eventos geológicos para cada etapa y a su vez todo está interrelacionado.

Como ejemplo de ello se tiene que para el Paleoceno no haya una representación de foraminíferos en la mayor parte de los países en estudio, lo que podría coincidir con una extinción masiva de organismos en el límite Cretácico -

Paleoceno, asociado posiblemente a un impacto de meteorito, y que pudo haber afectado la presencia de los foraminíferos de igual manera.

A medida que se avanza en el Eoceno, Oligoceno, Mioceno, Plioceno, Pleistoceno y Reciente las condiciones seguirán variando y con ellas los organismos. Las variaciones se deben en su mayoría a eventos de orden tectónico, en el presente caso la deriva de la Placa Caribe desde el Cretácico hasta la actualidad, generando a su paso una serie de cambios en las zonas limítrofes con las placas norteamericana suramericana y atlántica.

Finalmente los mapas de distribución de las muestras de foraminíferos en la región estudiada (ver mapas anexos), muestran una mayor concentración de ejemplares para Cuba y Venezuela en comparación con el resto de los países que conforman la región, lo cual corrobora de alguna manera los análisis realizados mediante las relaciones estadísticas efectuadas anteriormente.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Una vez realizada la reorganización planteada para la colección, se pudo llegar al análisis paleoecológico, a través del estudio de las formas de vida y condiciones de los foraminíferos. En este punto cabe enfatizar que no se cierra una línea de investigación con respecto a este valioso material que representa la Colección UCV Dr. Pedro Joaquín Bermúdez (región Caribe – Antillana y Golfo de México), sino por el contrario se abren múltiples posibilidades para realizar mayores avances a partir del trabajo realizado en esta oportunidad. De manera que se dejan varios tópicos a tratar en futuras investigaciones sobre este tema. De las actividades realizadas se pueden hacer algunas acotaciones:

- Mediante la reorganización de las muestras de foraminíferos que pertenecen a la colección se logró publicar una base de datos, la cual está disponible para toda la comunidad de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, otras instituciones y demás entes que deseen hacer uso de esta información colocada al alcance del público en general. La base de datos fue publicada en el *software* de la Plataforma Alejandría, la cual es un instrumento útil para difundir el conocimiento científico, y a su vez permite la mejora de sus alcances a través de las sugerencias que puedan ser realizadas a futuro por los usuarios.
- Dicha reorganización también dio lugar a la elaboración de un catálogo físico denominado “Catálogo de Foraminíferos Colección UCV Dr. Pedro Joaquín

Bermúdez”, el cual contempla la descripción de los 135 géneros de foraminíferos presentes dicha colección, entre pláncnicos y béticos. Contribuye de forma directa con los trabajos realizados en la materia hasta la fecha siendo una herramienta muy importante para la consulta rápida ya que se hace una descripción de las características más relevantes de cada género. Sin embargo, no contiene las descripciones por especies, lo que representa una desventaja si se desea hacer una consulta más específica.

- La abundancia de muestras existentes para Cuba y Venezuela con respecto a los demás países de la región en estudio, permitió realizar algunas inferencias de las condiciones ambientales a las que estuvieron sometidos los foraminíferos durante el Cuaternario (edad donde se tienen el mayor número de muestras), a través de relaciones estadísticas entre las formas de vida de los mismos (pláncnicos y béticos), estructura de caparazones, entre otros.
- El mapa de distribución geográfica de las muestras de foraminíferos refleja que la mayor concentración de géneros y especies se encuentran en Cuba y Venezuela para el Eoceno y Mioceno respectivamente, lo cual favoreció el análisis sobre las condiciones paleoecológicas que imperaban en el límite norte de la placa Caribe (Cuba) y el límite sur (Venezuela).
- El análisis realizado también conduce a la generación de interesantes interrogantes sobre los efectos que provocó la placa del Caribe durante su deriva hacia el norte en un principio y luego al este, ya que al interactuar con las placas adyacentes (Norteamericana, Atlántica y Suramericana) causó una acción directa sobre las corrientes oceánicas, y por ende sobre el hábitat de los foraminíferos. Sin embargo, en esta oportunidad sólo fue posible realizar algunas inferencias sobre la paleoecología de las muestras distribuidas en las regiones y edades propuestas, dado que se hace necesario contar con un número mayor de ellas para tener una visión acertada de la evolución del Caribe a través de la bioestratigrafía, ya que es una región muy extensa.

6.2 Recomendaciones

- Realizar una recolección de muestras para las regiones estudiadas, en las cuales son escasas el número que se tiene de ellas (específicamente los países con menos muestras son Costa Rica, Guatemala, Haití, Panamá, Puerto Rico, Barbados, y Trinidad y Tobago), para ser anexadas posteriormente al Museo Geológico Dr. José Royo y Gómez, que complementen la colección y permitan realizar análisis más profundos, certeros y veraces a nivel estadístico.
- Realizar una reorganización e interpretaciones con el resto de las láminas sistemáticas que posee la Colección del Dr. Bermúdez y que no fueron incluidas en este análisis, ya que requieren ser tratadas en grupos pequeños y de forma exhaustiva, dado que poseen mayor información que las empleadas.
- Ampliar la selección de especies de foraminíferos incluidas en el catálogo digital, así como realizar futuras interpretaciones paleoecológicas y bioestratigráficas de aquellas que no han sido objeto de estudio para incrementar el valor de la información recopilada hasta la fecha.
- Desarrollar la selección de géneros incluidos en el catálogo físico, pero en este caso por especies, de manera que se tenga un compendio más completo de las descripciones de foraminíferos pertenecientes a la colección.
- Desarrollar análisis más detallados sobre la batimetría de los géneros presentes en la colección, mediante métodos estadísticos multivariantes uno de ellos el de Cluster, así como también estudios detallados de los caparazones de foraminíferos tomando en cuenta su morfología, tamaño y composición, ya que estas características son importantes en el desarrollo de la vida evolutiva del organismo a lo largo del tiempo geológico.

- Se observó la mayor abundancia de muestras en Venezuela para el Mioceno, lo que indica que las condiciones ambientales eran favorables para los organismos, por lo cual se recomienda un estudio detallado posterior, ya que podría brindar un aporte significativo a la evolución del Caribe.
- Promover y apoyar de una forma directa las salidas de campo dentro y fuera del país, a través de nuevas asignaturas que impulsen la participación de los estudiantes de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, y brindando el apoyo técnico, académico y económico indispensable para alcanzar los objetivos que se planteen en la materia.
- Proporcionar mejoras y dotaciones de equipos nuevos al laboratorio de micropaleontología de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, pues sólo de esa forma y con la colaboración de los micropaleontólogos se podrá avanzar en el campo de la micropaleontología en el país.

REFERENCIAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apuntes Shell. (1980). *Curso de Bioestratigrafía*. Trabajo no publicado. Caracas: Autor.
- Bermúdez, P. (1961). *Contribución al estudio de las Globigerinidea de la región Caribe-Antillana (Paleoceno-Reciente)*. Caracas: Editorial Sucre.
- Bermúdez, P. y De Rivero, F. (1963). *Estudio sistemático de los foraminíferos quitinosos, microgranulares y arenáceos*. Caracas: Ediciones de la Biblioteca de la Universidad Central de Venezuela.
- Bermúdez, P. y De Rivero, F. (1963). *Micropaleontología general*. Barcelona, España: Ediciones Gea.
- Bermúdez, P. (1966). *Consideraciones sobre los sedimentos del Mioceno Medio al Reciente de las costas central y oriental de Venezuela*. Caracas: Boletín Geológico.
- Bermúdez, P. y Gámez, H. (1966). *Estudio paleontológico de una sección del Eoceno*. Caracas: Sociedad de Ciencias Naturales La Salle.
- Bizon, G. y Bizon J. (1972). *Atlas des principaux foraminifères planctoniques du bassin méditerranéen (Oligocène à Quaternaire)*. París: Editions Technip.
- Bolli, H. (1957). *The Genera Globigerina and Globorotalia in the Paleocene-Lower Eocene Lizard Springs Formation of Trinidad*. B.W.I., U.S. Nat. Mus. Bull. N° 25, p. 78, pl. 20, figs. 5-7.
- Bolli, H.; Beckmann, J. y Saunders, J. (1994). *Benthic foraminiferal biostratigraphy of the South Caribbean region*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bolli, H. y Bermúdez, P. (1965). *Zonation based on planktonic foraminifera of middle Miocene to Pliocene warm-water sediments*. Caracas: Asociación Venezolana de Geología. Boletín Informativo, 8(5): p. 121-149.
- Bolli, H; Saunders, J. y Perch-Nielsen, K. (1985). *Plankton stratigraphy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cushman, J. y Parker, F. (1975). *Bulimina and related foraminiferal genera (2a ed.)*. Lochem, Países Bajos: Antiquariaat Junk.

- Díaz de Gamero, M. (1961). *Estudio Paleontológico de una Sección medida en el Saladillo, Distrito Miranda Estado Falcón*. Trabajo Especial de Grado no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Díaz de Gamero, M. (1967). *Paleontología de la Formación El Veral (Mioceno) Estado Falcón*. Trabajo de Ascenso publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Díaz de Gamero, M. (1976). *Estratigrafía y Micropaleontología del Oligoceno y Mioceno Inferior del Centro de la Cuenca de Falcón, Venezuela*. Trabajo de Ascenso publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Díaz de Gamero, M. (1982). *Estratigrafía y Micropaleontología de la Parte Norte de la Subcuenca de Agua Salada Falcón Oriental*. Trabajo de Ascenso publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Dusenbury, A y Wolcott P. (1949). *Rocas metamórficas cretácicas en la Cordillera de la Costa*. Venezuela: Asociación Venezolana Geológica.
- Fernandes, J. (2004). *Estratigrafía de la Formación Cubagua en la Zona Noroccidental de la Península de Araya*. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Furrazola, G. y Núñez, K. (Comps.). (1997). *Estudios sobre geología de Cuba*. Ciudad de La Habana: Centro Nacional de Información Geológica.
- Giffuni, G., Díaz de Gamero, M. y Castro, M. (1992). *Análisis secuencial del Neógeno de la región de Cumarebo, Falcón nororiental, basado en estudios bioestratigráficos*. Venezuela: Sociedad Venezolana de Geólogos.
- González de Juana, C. (1980). *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Caracas: Ediciones Foninves.
- Jam, P. y Méndez, A. (1962). *Geología de las islas de Margarita, Coche y Cubagua*. Caracas: Sociedad de Ciencias Naturales La Salle.
- Lamb, J. (1964-b). *The geology and paleontology of the rio Aragua surface section, Serranía del Interior, State of Monagas*. Venezuela: Asociación Venezolana de Geólogos.
- Lamb, J. y Sulek. (1965-b). *Definition of the Cachipo Member of the Carapita Formation*. Venezuela: Asociación Venezolana de Geólogos.
- Loeblich, A. (1957). *Studies in foraminifera*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution.

- Loeblich, A. y Tappan, H. (1988). *Foraminiferal genera and their classification*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Lucena, F. (2004). *Análisis Paleoecológico de la Formación Cubagua utilizando la comparación de morfotipos y géneros de foraminíferos béticos*. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Macsotay, O. y Moore, W. (1974). *Cronoestratigrafía de algunas Terrazas Cuaternarias marinas, del nororiente de Venezuela*. Caracas: Cuadernos Azules 12, 3ra. Conf. Derechos del Mar, Naciones Unidas.
- Mann, P.; Escalona, A. y Castillo, M. (2006). Regional geologic and tectonic setting of the Maracaibo supergiant basin, western Venezuela. *AAPG Bulletin*, 90 (4), 445-477.
- Mendoza, V. (2005). *Geología de Venezuela*. Trabajo no publicado, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar.
- Muñoz, N. (1973). *Geología sedimentaria del flysch eoceno de la isla de Margarita*. Caracas: Revista GEOS.
- Murray, J. (1979). *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera*. New York: Longman Scientific and Technical.
- Pérez, A. (2004). *Paleoceanografía de la Formación Cubagua basada en el estudio de los foraminíferos béticos*. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Pindell, J. (1997). *Mesozoic-Cenozoic Tectonic and Stratigraphic Development of the Eastern Caribbean and Northern South America: Implications for Eastern Venezuela and Trinidad*. Trabajo no publicado, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire.
- Schuchert, C. (1935). *Historical geology of the Antillean-Caribbean region or the lands bordering the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Schlumberger. (1997). *Wec 1997 Evaluación de Pozos*. Caracas: Autor.
- Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. (1979). *Foraminiferal ecology and paleoecology*. Houston, Texas: Autor.
- Stainforth, R. (1971). *La Formación Carapita de Venezuela oriental*. IV Congreso Geológico Venezolano, 1971, Memoria, Bol. Geol., Caracas, Publ. Esp. 5, 1: 433-463.

- Stifano, M. (1993). *Estratigrafía de la Formación Carapita en su sección tipo y en la sección del pozo ORS-52*. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Sulek, J. (1961). Miocene correlations in the Maturin sub-basin. Venezuela: *Asociación Venezolana de Geólogos*.
- Taylor, G. (1960). *Geología de la Isla de Margarita, Venezuela*. Caracas: III Congreso Geológico Venezolano.
- The Geological Society of America. (1990). *The Caribbean region*. Colorado: Autor.
- The Geological Society of America. (1991). *The Gulf of Mexico basin*. Colorado: Autor.
- Truskowski. (2005). *Guías de ecología y paleoecología de los foraminíferos*. Trabajo no publicado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Vignali, C. (1965). *Estudio geológico de las rocas sedimentarias de Araya*. "Geos", Univ. Cent. Venez., Caracas, (13): 23-36.
- Weisbord, N. (1957). *Notes on the geology of the Cabo Blanco area, Venezuela*. Bull. Amer. Paleont., 38(165): 5-25.
- Wozniak, J. y Wozniak, M. (1987). *Bioestratigrafía de la región nor-central de la Serranía de Falcón, Venezuela nor-occidental*. Venezuela: *Boletín de Geología*.
- Yoris, F. (1984). *Definición de la Formación Chimana en la Serranía del Interior, Venezuela nororiental*. Cumaná: XXXIV Convención Anual ASOVAC.
- Lamb, J. y Sulek. (1965-a). *Miocene turbidites in the Carapita formation of eastern Venezuela*. Venezuela: *Asociación Venezolana de Geólogos*.
- Macsoy, O. 1965. *Carta faunal de microfósiles correspondientes a las formaciones cenozoicas de la Península de Araya, Estado Sucre*. Geos, Caracas, 13: 37-49.
- Barun, S. (2002). *Modern foraminifera* (2a ed.). Baton Rouge, Reino Unido: Autor.
- Bermúdez, P. (1963). *Las formaciones geológicas de Cuba* (2a ed.). La Habana: Ministerio de Industrias, Instituto Cubano de Recursos Minerales.

REFERENCIAS EN FUENTES ELECTRÓNICAS

- Alejandría. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.alejandria.biz>

- Celis, S. (1983). Estudio paleoecológico preliminar de los foraminíferos bentónicos de probable edad pleistocénica de Salina Grande, Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* [Revista en línea], 26 (2). Consultado el 8 de enero de 2009 en: [http://satori.geociencias.unam.mx/5-1/\(13\)Celis.pdf](http://satori.geociencias.unam.mx/5-1/(13)Celis.pdf)
- Código Geológico de Venezuela. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.pdvsa.com/lexico>
- Corbí, H.; Caracuel, J.; Soria, J.; Pina, J. y Yébenes, A. (2008). Asociaciones de foraminíferos del Messiniense y Plioceno del sector norte de la Cuenca del Bajo Segura. *Sociedad Geológica de España*. [Página web en línea]. Consultado el 8 de enero de 2009 en: <http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo44/Art30.pdf>
- Cushman Foundation. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: http://www.cushmanfoundation.org/awards/awardees/loeblich_tappan.html
- Diz, P.; Francés, G. y Vilas, F. (2000). Microhábitats de foraminíferos bentónicos en la Ría de Vigo y su aplicación a la interpretación paleoecológica. *Journal of Iberian Geology* [Revista en línea], 26 (99). Consultado el 8 de enero 2009 en: <http://www.ucm.es/BUCM/revistas/geo/16986180/articulos/JIGE0000110099A.PDF>
- Educación Ambiental en la República Dominicana. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.jmarcano.com/biografia/bermudez.html>
- Embajada de Panamá en México. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: www.embpanamamexico.com/images/mapa_panama2.gif
- Extremos. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.extremos.org.ve/Nuevo-articulo,57.html>
- Extremos. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.extremos.org.ve/Biografia-del-Dr-Jose-Royo-y-Gomez.html>
- Geo Science World. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://jpaleontol.geoscienceworld.org/cgi/content/extract/79/2/207>
- Geography Network. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.geographynetwork.com/>
- Guías Costa Rica. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.guiascostarica.com/provi/osa.htm>
- Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: http://www.ivic.ve/memoria/bios/royo_y_gomez_jose.htm

- López, C. (1998). Estudio micropaleontológico de 15 muestras Proyecto Décima Región Norte, Cuenca de Llanquihue. *Sigeo*. [Página web en línea]. Consultado el 8 de enero de 2009 en: <http://sigeo.sernageomin.cl/website/sigeo/Documentos/Productos/resumenes/BSN015213.pdf>
- Losilla, M.; Rodríguez H.; Schosinsky, H.; Stimson, J. y Bethune, D. (2001). *Los acuíferos volcánicos y el desarrollo sostenible en América Central*. [Libro en línea]. Consultado el 24 de septiembre de 2009 en: http://books.google.co.ve/books?id=utfSrI8xEIAC&pg=PA165&lpg=PA165&dq=formacion++charco+azul+mioceno&source=bl&ots=Q8V9yqDFIM&sig=IBx2K4WgVllKsjuiXSEx6IHxtJU&hl=es&ei=QxK8SqW-BYbg8Qav56mSDg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q=&f=false
- Mapa Geológico de Tobago. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: www.geocities.com/j_rajj/tobago_geology.html
- Mapa Geológico de Trinidad. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: www.geocities.com/j_rajj/trinidad_geological_map.html
- Molinares, C.; Martínez, J.; Fiorini, F. y Jaramillo, C. (2007). Ambientes de acumulación y foraminíferos bentónicos de la Formación Tubará (Plioceno del Valle Inferior del Magdalena). *Smithsonian Tropical Research Institute*. [Página web en línea]. Consultado el 8 de enero de 2009 en: http://striweb.si.edu/publications/PDFs/SCJp_Molinares2007_For.pdf
- Monografías.com. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos39/evolucion-tectonica-cuba/evolucion-tectonica-cuba2.shtml>
- Palaeobiology and Biodiversity. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://palaeo.gly.bris.ac.uk/palaeofiles/lagerstatten/DomAmber/geoSet.jpg>
- Pickerill, R.; Donovan, S.; Mitchell, S. y Keighley, D. (1998). *Late Cenozoic Trace Fossils from Southeast Coastal Jamaica*. [Libro en línea]. Consultado el 1 de septiembre de 2009 en: http://books.google.co.ve/books?id=RZbjcQEvfN4C&pg=PA155&lpg=PA155&dq=coastal+group++of+jamaica&source=bl&ots=Xdkab-1W7K&sig=q4ebmyCsrXyhilgk785xd8ZffsM&hl=es&ei=UrSdSvaiGaOJ8Qb0p7CzAw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4#v=onepage&q=coastal%20group%20%20of%20jamaica&f=false...pagina

- Pindell, J. (1988). A plate-kinematic framework for models of Caribbean evolution, Tectonophysics. [Página Web en línea]. Consultado el 25 septiembre de 2009. Disponible en: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1988Tectp.155.121P>
- Pindell, J. (1994). Evolución del Golfo de México y el Caribe. Geología del Caribe.). [Página Web en línea]. Consultado el 23 septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.google.co.ve/#hl=es&q=Pindell%2C+JL%2C+1994%2C+Evoluci%C3%B3n+del+Golfo+de+M%C3%A9xico+y+el+Caribe&meta=&aq=f&aq=&fp=b943dcbc572e7d23>
- Pindell, J. y Barrett, S. (1990). Geological evolution of the Caribbean region. [Página Web en línea]. Consultado el 20 de septiembre de 2009 en: http://www.tectonicalysis.com/site/download/abstract_caribbean90.htm
- Red Cubana de la Ciencia. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: www.redciencia.cu/cdorigen/arca/imagen/mpplio.gif
- Red Cubana de la Ciencia. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.redciencia.cu/cdorigen/arca/paper/ambpr.pdf>
- Sociedad Geológica Mexicana. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.sociedadgeologica.org.mx/index.php>
- The Geological Society of Trinidad and Tobago. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.gstt.org/>
- The Palynological Society. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.palynology.org/history/loeblich.html>
- The University of California. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.ess.ucla.edu/faculty/loeblich.asp>
- Universidad de Granada. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/CaribMetGeol/caribbean.htm>
- Universidad de Sonora. (2009). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.geologia.uson.mx/academicos/olivia/carbonatadas/ambientesdese dimentacioncarbonatada.htm>
- Zavaleta, R. (2002). Estudio de foraminíferos en láminas delgadas de edad Cretácica en una porción sur de México. *3er Coloquio de Jóvenes Talentos en Investigación Científica*. [Página web en línea]. Consultado el 8 de enero de 2009 en: <http://investigacion.uagro.mx/3coloquio/exa/15.pdf>