

**CICLOS TECTONICOS Y SEDIMENTARIOS
EN EL NORTE DE COLOMBIA Y SUS
RELACIONES CON LA PALEOECOLOGIA**

Por

Hermann Duque Caro
Geólogo

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO - MINERAS
BOGOTA D.E. 1972**

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN - ABSTRACT	1 - 2
INTRODUCCION	3
ESTRATIGRAFIA	4
SECCION DEL ARROYO ALFEREZ	4
LIMOLITAS	4
TURBIDITAS	5
CARBONATOS	8
RELACIONES ESTRATIGRAFICAS CON LAS FACIES INFERIORES YA DISCUTIDAS . . .	10
SECCION DE CARMEN-ZAMBRANO	11
ARCILLOLITAS	12
TURBIDITAS	13
CARBONATOS	14
RELACIONES ESTRATIGRAFICAS CON LAS UNIDADES MAS ANTIGUAS	16
PERIODOS DE ESTABILIDAD E INESTABILIDAD . . .	18
CONCLUSIONES	19
AGRADECIMIENTOS	20
BIBLIOGRAFIA	21

FIGURAS

1	Mapa geológico general del Terciario Marino. entre	4 y 5
2	Cuadro de Facies Litológicas, ambientes y microfauna relacionados a movimientos tectónicos.	7
3	Distribución de las islas eugeosinclinales en la costa norte	9

RESUMEN

En estudios estratigráficos realizados recientemente en las secciones del Arroyo Alférez (Cretáceo - Paleogeno) y la de Carmen - Zambrano (Paleogeno - Neogeno), situadas en la Costa Norte de Colombia, ha sido posible reconocer variaciones cíclicas en el contenido de carbonato de calcio. Esto se ha interpretado, entre otras causas, como debido a la *solución diferencial y descalcificación de la fauna*, consecuencia directa del aumento en la profundidad de la cuenca.

Teniendo en cuenta este fenómeno, se plantean dos ciclos tectónicos y sedimentarios separados por períodos de tectonismo intenso y erosión, los cuales están confirmados por cambios paleoecológicos bruscos en los ambientes de depósito. Estos ciclos se pueden comparar en un sentido general con las *Facies geosinclinales* de Auboin (1965) y sirven como unidades *estratigráficas prácticas* para correlaciones regionales. De esta manera los ciclos reconocidos se proponen como unidades *tiempo - roca*.

ABSTRACT

Cyclic variations in the calcium carbonate content are discussed based on recent stratigraphic studies performed in the Arroyo Alferez (Upper Cretaceous - Paleogene) and the Carmen - Zambrano (Paleogene - Neogene) sections in the North Coast of Colombia.

This is interpreted as the result of *differential solution* being produced by a deepening in the basin.

According to this phenomenon, two tectonic and sedimentary cycles are distinguished. The cycles are separated by periods of tectonism and erosion which are confirmed by sudden paleoecological changes in the depositional environment. Also, the cycles can be compared in a broad sense with the "Geosynclinal Facies" (Auboin, 1965) and they appear to be practical tools for regional correlations. Thus, the cycles here recognized are proposed as *time - rock* units.

INTRODUCCION

Hasta la fecha muy poco se ha publicado acerca del Terciario marino del norte de Colombia especialmente al occidente de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Aunque esta región ha sido trabajada con alguna intensidad por diferentes empresas de petróleo, la información obtenida desafortunadamente, ha permanecido inédita. Lo poco publicado trata muy superficialmente la litoestratigrafía y ambientes de depósito, dándole mayor importancia a la discusión de una edad determinada.

Desgraciadamente, aunque parezca paradójico el Terciario marino del norte de Colombia es muy abundante en fósiles, de ahí que siempre los problemas se hayan tratado de resolver con base exclusivamente en éstos, velando así los problemas litoestratigráficos y sedimentarios.

Se desconocen por ejemplo, las extensiones geográficas de las unidades *estrictamente roca* y sus relaciones horizontales. Unidades que no presentan mayores similitudes entre sí, por el solo hecho de agrupar fósiles de la misma edad, han sido enlazadas, atribuyendo algunas veces las diferencias litológicas a cambios laterales de facies.

En este trabajo no se dará mayor énfasis a la nomenclatura estratigráfica existente, por ser sus definiciones originales muy vagas en cuanto a características litológicas, contactos y relaciones estratigráficas reales, con las unidades infra y suprayacentes, además de que las secciones tipo no han sido localizadas con precisión. Todo esto hace que su uso sea poco práctico en el campo y sea necesaria una revisión y redefinición de esta nomenclatura.

ESTRATIGRAFIA

Con el fin de obtener una visión global, se ha tratado de agrupar la estratigrafía del norte de Colombia en *litofacies* en un sentido regional muy amplio, relacionando su litología y características sedimentarias, con la paleoecología, tectónica y variaciones del carbonato de calcio (CaCO_3) a través del tiempo.

Una nomenclatura formal estratigráfica, se irá creando a medida que las diferentes facies propuestas, se vayan detallando en las diferentes cuencas y subcuencas en el norte de Colombia.

Se han escogido como secciones tipo, la del Arroyo Alférez entre Cerro Cansona y San Carlos, para el Cretáceo superior y el Paleogeno y la sección de Carmen-Zambrano, para el Paleogeno superior y el Neogeno. Estas dos secciones se han superpuesto la segunda a continuación de la primera, ya que están separadas únicamente por una zona de pliegues, que tectónicamente no ha afectado su continuidad.

SECCION DEL ARROYO ALFEREZ

Esta seccion está localizada en la esquina suroriental del cuadrángulo D-8, en las áreas de Cansona y San Carlos (fig.1). Las facies reconocidas desde la más antigua hasta la más joven, son:

LIMOLITAS

En las lomas de Cansona (D-8) y Chalán (E-8) donde se

G E O S I N C L I N A L D E B O L I V A R

Blow 1969		C O L O M B I A			E C U A D O R		P E R U																					
		Duque	Petters y Sarmiento	En base a Bandy 1968		SIGAL 1969		SECHURA - ZORRITOS LA BREA-PARIÑAS																				
Edad	Zonas	Cuadrángulos D-8-9, E-8		Carmen-Zambrano		Atrato-Truandó (CHOCO)		ESMERALDAS - MANABI - GUAYAS																				
		FACIES	Zonas de "conjunto"	Zonas bentónicas	Costa del Pacifico		Zonas reconocidas	Unidades Litológicas																				
		MIOCENO SUP. A PLEISTOCENO		MIOCENO SUP. A PLEISTOCENO		Cuaternario y Plioceno		MIOCENO SUP. y mas alto																				
NEOGENO	MIOCENO	Carbonatos	TUBARA	Planctonicos en estudio		<i>Rotalia beccarii</i>		Sedimentos no consolidados (con: <i>Rotalia beccarii</i>)		MIOCENO SUP. y mas alto	Capas con <i>Sphaeroidinellopsis</i> y <i>Globorotalia menardii</i> Montera (con moluscos)	Tumbe Cardalitos Zorritos (con moluscos)																
				<i>Globorotalia acostaensis</i>		<i>Uvigerina subperegrina</i>		Grupo Rio Salado (en parte) (con: <i>Globigerina nephentes</i> <i>Globorotalia acostaensis</i> <i>Globorotalia menardii</i>)					acostaensis	Borbón Onzale Charapoto Angostura														
				<i>Globorotalia menardii</i>		<i>Bulimina carmenensis</i>									menardi/nephentes mayeri nephentes ruber/enaguensis	Hiato Regional												
				Hiato Regional													fohsi (y 4 subzonas)	Hiato Regional										
				Turbiditas		<i>Globorotalia periphera acuta</i> <i>Globorotalia peripheroronda</i>		Grupo Rio Salado (en parte) (con: <i>Globorotalia periphera acuta</i> <i>Globorotalia peripheroronda</i> <i>Globorotalia praemenardii</i>)											Orbulina glomerosa insueta trilobus stainforthi dissimilis kugleri ciperensis	Vrche Subibaja Dos Bocas								
				Arcillolitas		<i>Globigerinoides</i> <i>Globoquadrina</i>		Grupo Truandó con: <i>Globoquadrina dehiscens</i> ssp. <i>Globigerina tripartita rohri</i> <i>Globigerina ciperensis</i> <i>Globigerina postcretacea</i> <i>Globorotalia opima opima</i>													Tosagua La Cruz	Hiato Regional						
				Carbonatos		<i>Globigerina angulisurealis</i> <i>G. angustumbilicata</i> <i>Globigerina selli</i> <i>Globorotalia opima opima</i>		No reconocido															Playa Rica Barbasco	Hiato Regional				
				Carbonatos		Planctonicos en estudio																			opima opima ampliapertura chipolensis/micra	Hiato Regional		
				Carbonatos		<i>Bulimina jacksonensis</i> <i>Globigerina yeguensis</i>		<i>Bulimina jacksonensis</i>																			cerro-azulensis semi-involuta rohri mexicana leheneri aragonensis	Los Canas
				Carbonatos		<i>Globorotalia bolivariana</i> <i>Acarinina mackannai</i>		Grupo Barrial con: <i>Globorotalia bolivariana</i> Grupo Sautata con: <i>Globorotalia aragonensis</i>																				
Carbonatos						Cone Hill Mirador Chira Verdún Pozo Talara Cabo Blanco Chacra Pariñas Greda Palida Salina Negritos	Hiato Regional																					
Carbonatos								Grupo Azucar { Engabo Chanduy Estancia	Hiato Regional																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos						Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																					
Carbonatos								Maestrichtiense Guayaquil Callo + volcanico tardio	GRUPO MALPASO { Balcones Mesa Petacas																			
Carbonatos																												

encuentran mejor expuestas, estas facies consisten de limolitas de color crema, con frecuencia oxidadas y cherts con intercalaciones de rocas verdes (ofiolitas) de 10 a 20 cms. Hacia su porción más baja observada en Cansona, contienen lentejones y concreciones calcáreas, algunas veces con amonita.

La microfauna encontrada en su parte superior, consiste principalmente de foraminíferos predominantemente planctónicos de edad Campaniano-Maestrichtiano (Cerro Cansona). En su porción más baja hasta ahora observada, se encontraron amonitas de edad Coniaciano (Arroyo Cacao en Cerro Cansona) y foraminíferos planctónicos: *Marginotruncana concavata* (Arroyo Columbita, Chalán).

Las características litológicas junto con el predominio de la fauna planctónica, permiten clasificar estas facies como depositadas en un ambiente marino relativamente profundo (fig. 2).

La tectónica es especialmente intensa y compleja en el área del presente estudio; de aquí que el espesor observado sea aproximado y se haya calculado en 700 metros. Estas facies también se han reconocido en los cuadrángulos E-7-8 y F-7-8 (fig. 3), al suroeste del área tipo y comprende parte de lo que se llamó *informalmente* Complejo de Chalán (cf. Duque, 1968).

TURBIDITAS

Estas facies, junto con las anteriores de *Limolitas*, son las rocas más antiguas encontradas en el margen occidental de la Costa Norte y delimitan las diferentes cuencas terciarias de la región.

En el Arroyo Alférez se presentan como intercalaciones rítmicas de lutitas y grauvacas en bancos de 10 hasta 50 cms.

Estas facies fueron estudiadas al sur del área tipo (San Andrés, cuadrángulo E-8) por Zimmerle (1968), en relación a la ocurrencia de serpentina detrítica incluida dentro de las series rítmicas de la Formación Luruaco. Este autor clasificó estas facies como *turbiditas*, principalmente por su ritmicidad y por presentar estratificación gradual (“graded bedding”). Estas mismas características han sido reconocidas a lo largo de la región costera septentrional, v.gr.: área tipo, San Cayetano (D-9) y Luruaco (C-9) entre otras localidades, confirmando así su origen turbidítico.

Uno de los hechos más notables observados dentro de estas facies, es su gran abundancia en radiolarios en asociación con foraminíferos exclusivamente arenáceos, y la ausencia total de foraminíferos planctónicos, que deberían ocurrir conjuntamente con los radiolarios. Esta ausencia anormal de foraminíferos planctónicos, se ha interpretado como consecuencia de fenómenos de *solución diferencial y descalcificación* de la fauna, por la profundización de la cuenca.

Estudios recientes sobre la *solución diferencial* en los foraminíferos planctónicos (cf. Rudiman y Heezen, 1967, Blow, 1969, entre otros), han demostrado que las variaciones en la abundancia de los foraminíferos depositados en bajas profundidades oceánicas, pueden dar indicaciones más o menos precisas de la ecología superficial en el momento del depósito. En áreas más profundas, tales variaciones son debidas principalmente, a la *solución diferencial* entre las faunas. En experimentos hechos en el Océano Atlántico Ecuatorial, la profundidad mínima bajo la cual se comenzó a observar la solución diferencial, fué de 4.000 metros. La mayor parte de las asociaciones faunísticas calcáreas en profundidades mayores de 4.000 metros se disolvieron diferencialmente y en profundidades mayores de 5.000 metros, se pudo observar ya una solución casi total.

Este fenómeno parece que está íntimamente ligado a la no ocurrencia de foraminíferos planctónicos fósiles dentro de las facies

Fig.2-CUADRO DE FACIES LITOLÓGICAS AMBIENTES Y MICROFAUNA RELACIONADOS A MOVIMIENTOS TECTÓNICOS

Secciones Tipo	Espec	Facies	Variación en CaCO ₃	Períodos de estabilidad e inestabilidad	Ambientes y fauna	ZONACION		Edades
						Peters y Sarmento 1956	"Zonas de conjunto"	
Sección Colmen-Zambrano	Tubera	CARBONATOS Predomina de sedimentos ricos en CaCO ₃ , calizas, areniscas y lutitas Espesor 2015 m	Abundante	Estabilidad?	Aguas someras Fauna calcárea Foraminíferos Pelecípodos	<i>Rotalia beccarii</i>	Muy pocas planctónicas (en estudio)	MIOCENO SUPERIOR y más alto
					<i>Uvigerina subperegrina</i>	?		
					<i>Bulimina carmenensis</i>	<i>Globarotalia acostensis</i> <i>Globarotalia merrilli</i>		
Sección Colmen-Zambrano	Ciclo del Carmen	TURBIDITAS Estratificación rítmica con alternancias de areniscas sucias y lutitas. Planos de estratificación marcados y evidencias de "slumping" hacia el tope. Espesor: 1940m	disminución	Inestabilidad	Aguas profundas Descalcificación de la fauna Predominio fauna arenácea sobre la calcárea. Fauna netrabajada	<i>Sigmolina tenuis</i>	<i>Globarotalia peripherocata</i> y <i>Globarotalia peripherocata</i>	MIOCENO INFERIOR Y MEDIO 1er parte
					<i>Siphonogenerina basispinata</i>	<i>Globarotalia peripherocata</i>		
					<i>Globigerina dissimilis</i>	<i>Globarotalia angustifurcata</i> <i>Globigerina angustifurcata</i> <i>Globarotalia opima opima</i>		
Sección Colmen-Zambrano	Ciclo de Consuelo	ARCILLOLITAS Arcillolitas grises con frecuencia amarillentas por oxidación, plásticas, asociadas con yeso Espesor: 1475 m	Abundante	Estabilidad?	Profundidades de 2000m En la parte alta radiolarios y predominio de la fauna planctónica.	<i>Globigerina dissimilis</i>	<i>Globigerinoides</i>	OLIGOCENO
					<i>Cibicides per lucidus</i>	<i>Globigerina angustifurcata</i> <i>Globarotalia opima opima</i>		
					<i>Bulimina jacksonensis</i>	<i>Bulimina jacksonensis</i> <i>Globarotalia yeguensis</i>		
Sección Alayo Alferez (Cerro Colorado-San Carlos)	Ciclo de Consuelo	CARBONATOS Lutitas grises glauconíticas, calizas macizas arenáceas, conglomeradas en la base Espesor: 850 m	Abundante	Inestabilidad	Aguas someras Macroforaminíferos Pelecípodos	<i>Bulimina jacksonensis</i>	Pelecípodos Macroforaminíferos <i>Globarotalia boliviana</i> <i>Agerina mckenna</i>	EOCENO MEDIO A SUPERIOR
						Radiolarios <i>Spiraplectammia</i>		
						<i>Spiraplectammia</i> <i>Rzehakina epigona</i>		
Sección Alayo Alferez (Cerro Colorado-San Carlos)	Ciclo de Consuelo	TURBIDITAS Estratificación rítmica y gradual, planos marcados de estratificación. Grauvacos y lutitas interestratificadas conglomeradas. Espesor: 1000m	Abundante?	Estabilidad?	Aguas profundas mayores de 5000m. Descalcificación de la fauna Radiolarios y fauna arenácea exclusivamente		<i>Globotruncana</i>	CRETACEO SUPERIOR y SUPERIOR PALEOCENO
						<i>Heterohelix</i>		

de turbiditas en discusión. Esto permite clasificar el ambiente de sedimentación, como de mar abierto, en profundidades mayores de 5.000 metros.

En el Arroyo Alferez, aunque la tectónica que ha afectado a esta facies es bastante intensa y frecuentemente fallada, su espesor se ha calculado en 1.000 metros aproximadamente. Hasta la fecha no se ha observado ningún accidente notable que ocurra en el contacto con las facies de limolitas, de ahí que se considere *conforme* y acorde con la continuidad de la sedimentación entre estas dos facies, como consecuencia de los ambientes respectivos de sedimentación.

La microfauna de estas facies fué discutida en una publicación anterior (Duque, 1968) en lo que se llamó *informalmente* Formación Tuchín, de la misma manera que se hizo énfasis en las pocas bases que se tenían para asignarle una edad de Paleoceno. Estas evidencias, junto con las anteriormente descritas, relacionan íntimamente estas *facies de Turbiditas* con las inmediatamente infrayacentes de *Limolitas*, tanto tectónica como paleoecológicamente, lo que ha permitido reunir las para caracterizar un período de tiempo, aquí llamado *Ciclo de Cansona* (fig.2).

CARBONATOS

Estos se encuentran representados también a todo lo largo del margen occidental de la Costa Norte, en los cuadrángulos F-8, E-8, D-8-9 y C-8-9. Se han llamado *facies de Carbonatos* debido al predominio de carbonato de calcio en los sedimentos. En la sección tipo y áreas adyacentes, estas facies constan de abajo hacia arriba de lutitas y conglomerados, areniscas conglomeráticas, calizas con macroforaminíferos, calizas con pelecípodos, lutitas y areniscas grises oscuras glauconíticas. La secuencia de conglomerados basales y areniscas conglomeráticas en intercalaciones, ocurre muy bien

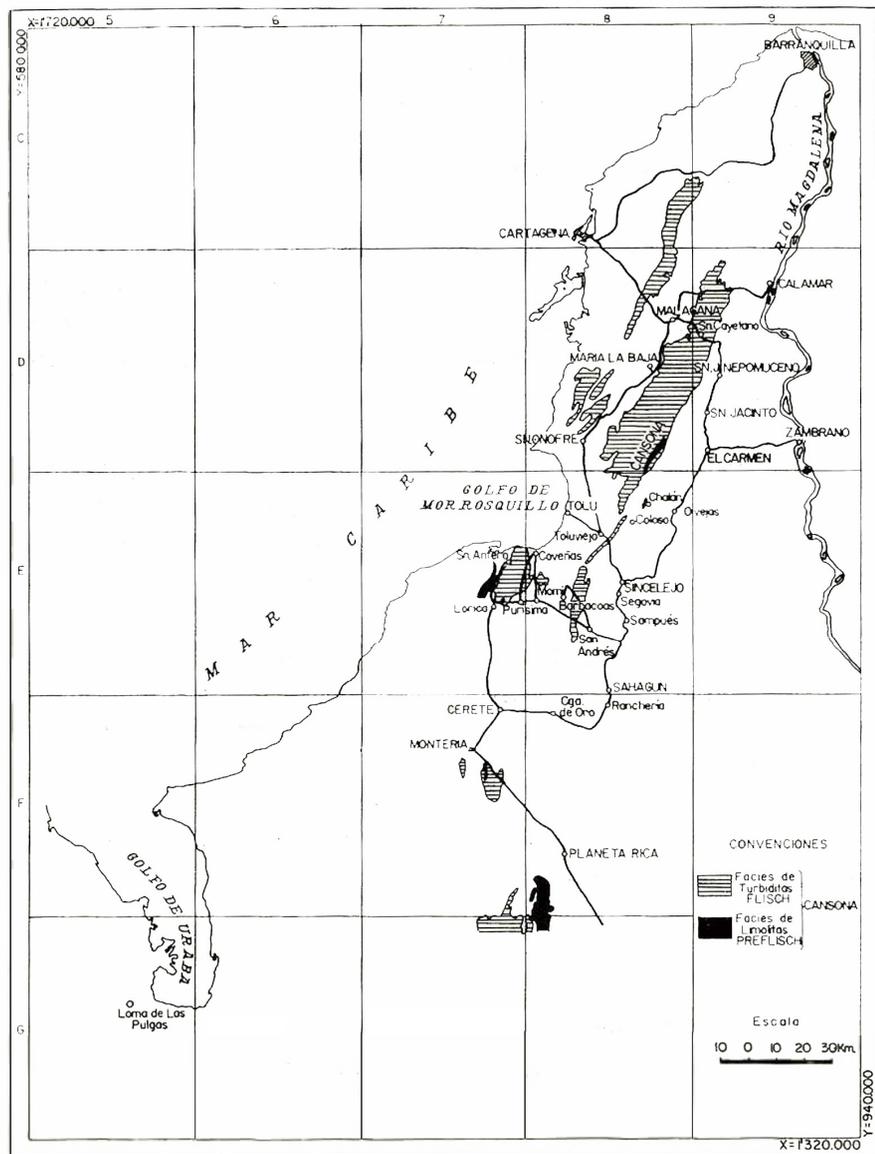


Fig 3. Distribución de las Islas Eugeosinclinales en la Costa Norte

expuesta en el Arroyo San Jacinto al Norte de la sección de Carmen-Zambrano (cuadrángulo D-9, fig.1).

Debajo de los conglomerados en la sección del Arroyo Alférez, en la localidad de San Carlos, ocurren unas lutitas oscuras con microfauna diagnóstica como *Globorotalia bolivariana* Petters, *Clavigerinella colombiana* (Petters) y *Acarinina mackannai* (White), las cuales permiten colocar la base de estas facies como Eoceno medio. Las areniscas y lutitas de la parte alta, contienen *Bulimina jacksonensis* Cushman, *Globigerina eocaenica* Bermúdez (no Terquem), *Globigerina ampliapertura* Bolli, *Globigerina yeguaensis* Weinzerl & Applin, entre otros. Esta microfauna pertenece al Eoceno superior.

La asociación de *Bulimina jacksonensis* - *Globigerina yeguaensis* (Duque, 1968) está dentro de la parte superior de estas facies, de la misma manera que la unidad estratigráfica *informal*, llamada Formación Sabaneta, corresponde a la parte inferior.

El ambiente de sedimentación, según las características litológicas observadas, la ocurrencia de pelecípodos y el predominio de la fauna bentónica, indica aguas someras con profundidades hasta de 200 metros.

El espesor calculado de las *facies de Carbonatos* en la sección - tipo fué de 850 metros.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS CON LAS FACIES INFERIORES YA DISCUTIDAS

Duque (1968) al discutir las asociaciones faunísticas del Eoceno, llamó la atención al carácter discordante que presentaban las rocas incluídas dentro del Eoceno con las inmediatamente inferiores.

En la actualidad esta discordancia ha podido ser confirmada litoestratigráficamente con exactitud: En el área de Toluvejo (Anticlinal de Toluvejo), las calizas de la parte media de las *facies de Carbonatos* hacen contacto con un nivel de lutitas grises oscuras con *Rzehakina epigona*. Faltarían aquí los conglomerados basales de las *facies de Carbonatos* y todas las *facies de Turbiditas*. En Chalán (E-8, Arroyo Columbita) los conglomerados basales de las *facies de Carbonatos*, hacen contacto con las *facies Limolitas*, las cuales en este lugar contienen fauna planctónica del Cretáceo superior (Coniaciano). Aquí faltarían las *facies de Turbiditas* y el intervalo más joven del Cretáceo superior: Santoniano, Campaniano, Maestrichtiano.

En el Arroyo Alférez, la sucesión aparece completa y el contacto con las *facies de Turbiditas* es aparentemente normal y sin ningún accidente físico visible. Sin embargo, si se comparan los ambientes de sedimentación entre estas dos facies, se puede observar que de profundidades mayores de 5.000 metros de las *facies de Turbiditas*, se pasa repentinamente a profundidades de 200 metros en las facies de *Carbonatos*. Este cambio brusco en los ambientes de sedimentación, junto con los accidentes estratigráficos anotados en las áreas adyacentes, no deja la menor duda en cuanto al carácter discordante de estas dos facies. Además, la ausencia de evidencias fósiles correspondiente al Paleoceno y Eoceno inferior, indica también la existencia de un *hiato* entre las *Turbiditas* de Cansona y los *Carbonatos* del Carmen, explicable si se tiene en cuenta que a finales del Cretáceo tuvieron lugar movimientos tectónicos de gran intensidad, reconocidos mundialmente.

SECCION DE CARMEN-ZAMBRANO

La bioestratigrafía de esta sección fué estudiada por Petters y Sarmiento (1956) y discutida posteriormente por Bürgl,

Porta, Eames *et al.*, y Stone. Casi ninguno de estos autores ha hecho mayor énfasis a la litoestratigrafía, ni han tenido en cuenta una de las bases fundamentales para discutir cualquier sección tipo, como es la de considerar primero si la secuencia establecida originalmente como tipo, presenta realmente una sucesión sedimentaria *normal* y *continua*. Quizás Porta (1962), es el único que llama la atención a alguno de los muchos problemas que esta sección tiene. Se ha dividido en tres facies de la misma manera que lo fué la sección del Arroyo Alférez.

ARCILLOLITAS

Se presentan en forma de lomas suaves que están muy bien expuestas en el Carmen de Bolívar y San Jacinto (D-9), donde descansan de manera conforme sobre las *facies de Carbonatos*. Están caracterizadas por arcillolitas grises azulosas, frecuentemente con señales de oxidación que les da una apariencia abigarrada, con mucho yeso y muy plásticas. Contienen abundantes foraminíferos especialmente planctónicos. Hacia la parte superior ocurre un aumento considerable en la fauna planctónica, la que se encuentra asociada a radiolarios.

El ambiente de estas arcillolitas corresponde a condiciones marinas en profundidades que oscilan en los 2.000 metros (fauna con *Melonis pompiloides*).

En la sección tipo tiene un espesor de 1.475 metros y su microfauna pertenece a las zonas de *Cibicides perlucidus* hasta la parte inferior de *Siphogenerina basispinata* de Petters y Sarmiento. Aunque el estudio detallado de la bioestratigrafía con base en la fauna planctónica está en preparación, las asociaciones planctónicas discutidas en Duque (1968), correspondientes a la llamada Formación Carmen, han sido reconocidas en estas arcillolitas. Aquí es importante anotar que en la parte inferior de estas facies se han podido reconocer asociaciones faunísticas muy ricas con *Globigerina angiporoides* Hornibrook, *Globigerina galavisi* Bermúdez, *Globigerina*

ampliapertura Bolli, *Globigerina anguliofficialis* Blow, *Globigerina prasaepis* Blow, *Cassigerinella chipolensis* (Cushman) entre otras especies, más antiguas que la Asociación de *Globorotalia opima opima* - *Globigerina oligocaenica* (Duque, 1968). También se han podido reconocer ejemplares típicos de *Globigerina ampliapertura*, *Globorotalia opima opima*, *Globigerina ciperoensis*, *Globorotalia kugleri*, *Globigerinita dissimilis* y *Globigerinita stainforthi*, que permitirán correlacionar la bioestratigrafía de estas facies con la de Trinidad y otras regiones del Caribe. Sin embargo algunas de las asociaciones con las cuales se encuentran estas especies riñen un poco con las propuestas por Blow (1969) en el intervalo cubierto por sus zonas P.18 a N.3 (P.22). Todos estos problemas se discutirán en el trabajo bioestratigráfico en preparación.

La edad indicada por la fauna planctónica va desde el Oligoceno hasta el Mioceno medio más antiguo.

TURBIDITAS

Estas facies se encuentran muy bien expuestas en las áreas del Carmen de Bolívar, San Jacinto y Guamo (D-9), descansan de manera conforme sobre las arcillas anteriores. Constan en general de una alternancia rítmica de lutitas y areniscas sucias, similares en algunas partes a las *facies de Turbiditas* del Arroyo Alférez. En su parte más alta, Hacienda Mandatú (Carretera Carmen-Zambrano) se pueden observar bloques de arcillolitas, incluidos dentro de las areniscas. Estas características y el hecho de encontrarse fauna retrabajada dentro de estas facies, permiten clasificarlas como depositadas por corrientes de turbidez.

La microfauna calcárea que está localizada en la base, cambia a predominantemente arenácea hacia el techo.

El ambiente reconocido, estaría comprendido en

profundidades hasta más de 4.000 metros donde se comienza a presentar el fenómeno de *Solución diferencial y descalcificación*. La bioestratigrafía fué estudiada por Petters y Sarmiento (1956) y está comprendida por las zonas de *Siphogenerina basispinata* (en parte) y *Sigmoilina tenuis*. Dentro de estas zonas se han podido reconocer especies planctónicas importantes como: *Orbulina suturalis* Bronnimann, *Globorotalia peripheroronda* Blow & Banner, *Globorotalia bermudezi* (Bolli), *Globorotalia peripheroacuta* Blow & Banner.

Esta microfauna permite reconocer únicamente con seguridad, hasta la zona de *Globorotalia fohsi barisanensis*.

El contacto superior de las turbiditas con los Carbonatos suprayacentes (Tubará), se ha considerado discordante, debido a que ineditamente encima de los sedimentos que contienen la Zona de *Sigmoilina tenuis*, con evidencias fosilíferas no más jóvenes que la parte inferior del Mioceno medio, ocurre una facies arcillosa con la Zona de *Bulimina carmenensis*, que como se discutirá más adelante no es más antigua que el Mioceno superior. Faltarían así en la sección tipo, las zonas superiores de *Globorotalia fohsi* y la zona de *Globorotalia mayeri*, ausencia que también será discutida más adelante.

El espesor de las *facies de Turbiditas* se ha calculado en 1.940 metros en la sección tipo.

CARBONATOS

Estas facies se encuentran presentes en la sección de Carmen-Zambrano (D-9), Huertas, Caracol y Cerrito (E-8), Carretera Montería a Puerto Rey (F-6) y especialmente en el margen costero cubierto por los cuadrángulos D-8, C-8 y C-9.

Consta principalmente de calizas y arenas calcáreas muy abundantes en moluscos, de lutitas con foraminíferos, arenas y conglomerados. Predominan los sedimentos calcáreos por lo cual se han clasificado como *Carbonatos*.

La fauna, especialmente los moluscos ha sido estudiada con alguna intensidad por diferentes autores: Anderson, Bürgl, Petters y Sarmiento, Porta, Werenfels, entre otros, y es de común ocurrencia dentro de las unidades litológicas que estos autores han llamado Cerrito, Tubará y Las Perdices principalmente.

En la sección tipo se encuentran arcillolitas y arenas en su parte inferior y calizas en su parte superior, con un espesor aproximado de 2.015 metros.

Corresponden a las zonas de *Bulimina carmenensis*, *Uvigerina subperegrina* y la Zónula de *Rotalia beccarii* de Petters y Sarmiento. En el muestreo y estudio detallado que se hizo en esta sección, ha sido posible reconocer dentro de la Zona de *Bulimina carmenensis* la ocurrencia de *Globorotalia menardii* s.l. (D'Orbigny) y *Globorotalia acostaensis* Blow. Esta asociación no es más antigua que la Zona de *Globorotalia menardii* de Trinidad y Zona de N.16 de Blow (1969). Las zonas de *Uvigerina subperegrina* y *Rotalia beccarii* son muy pobres en fauna planctónica en la sección de Carmen-Zambrano, lo que dificulta correlacionarlas con algunas de las zonas planctónicas clásicas.

Sin embargo, aunque estas facies se pueden reconocer muy fácilmente en toda la Costa Norte, existen muchos problemas relacionados con el origen, espesores, ambiente de depósito, asociaciones faunísticas y la edad de los sedimentos incluidos dentro de estas facies, especialmente en las áreas marginales. Ha sido posible apreciar espesores de más de 4.000 metros, en prácticamente arcillas puras, muy abundantes en fauna planctónica (foraminíferos y radiolarios), asociada a moluscos. Esta asociación riñe lógicamente con los factores ecológicos que controlan a estos dos grupos.

Mientras el predominio de la fauna planctónica indica ambientes de depósito profundos, los moluscos pertenecen a ambientes someros, donde obviamente no debe ocurrir la fauna planctónica en tal abundancia. Esto obliga a considerar que alguno de estos grupos no esté *in situ*. También las edades de los foraminíferos planctónicos relacionados a estos moluscos no son más antiguos que el Mioceno superior y suben hasta el Pleistoceno, mientras que las edades indicadas por los moluscos no son más jóvenes que el Mioceno medio. En opinión del autor estas áreas marginales de la Costa Norte fueron ambientes de depósito muy profundos, a pesar de contener moluscos, los que probablemente fueron transportados por derrumbes (slumping) desde áreas someras situadas en el interior.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS CON LAS UNIDADES MAS ANTIGUAS

Aunque en la sección tipo las relaciones estratigráficas visibles entre las facies de *Carbonatos* de Tubará y las *Turbiditas* del Carmen (fig.2) son aparentemente normales, se ha podido observar lo siguiente:

- a) Ocurrencias de fauna de las facies del Carmen redepositada en la parte inferior de las *facies de Carbonatos*, Zona de *Bulimina carmenensis*.

El redepósito (reworking) es un fenómeno muy común, especialmente notable en las zonas de *Sigmoilina tenuis* y *Bulimina carmenensis* tanto en la sección tipo de Carmen-Zambrano como en otras regiones situadas hacia el norte. Para citar un ejemplo, el cual puede ser confirmado en las microplacas originales de Petters y Sarmiento, *Globorotalia fohsi fohsi s.s.*, fué observada a través de casi toda la zona de *Bulimina carmenensis*: microplacas 13.186, 13.193, 13.174,

13.197, 13.234 y 13.242, donde Stone (1969) coloca el límite superior de la zona de *G. fohsi fohsi*. *Globorotalia fohsi fohsi* s. s., ocurre asociada con *Globorotalia acostaensis* Blow, *Globorotalia menardii* s.l. (D'Orbigny), *Globigerinoides ruber* s.s. (D'Orbigny), entre otros. Esta asociación no concuerda con las dispersiones verticales hasta ahora establecidas y reconocidas en el Caribe y la única explicación posible es el *redepósito* (cf. Duque, 1971).

- b) Falta absoluta de las zonas de *Globorotalia fohsi lobata*, *fohsi robusta* y *Globorotalia mayeri*, que debieran ocurrir inmediatamente encima de las zonas bioestratigráficas reconocidas en las facies de Turbiditas anteriormente discutidas. La ocurrencia de *Globorotalia fohsi fohsi* s.s., dentro de la Zona de *Bulimina carmenensis* asociada con fauna más joven, está indicando que estas zonas faltantes, sí se depositaron, por lo menos parcialmente, pero fueron erosionadas y redepositadas.
- c) Cambio brusco de los ambientes sedimentarios respectivos entre estas dos facies. Mientras en las *facies de Turbiditas* se encuentran formas de ambientes profundos (*Melonis pompiloides*), con evidencias de *solución diferencial* y predominio de la fauna arenácea; en las *facies de Carbonatos* ocurren faunas de aguas menos profundas y predominio de la fauna bentónica sobre la planctónica. En la sección tipo, los foraminíferos planctónicos se vuelven muy escasos en la Zona de *Uvigerina subperegrina* y están ausentes en la Zónula de *Rotalia beccarii* con moluscos cuya microfauna es característica de agua en ambientes marinos marginales y parálidos.

Todas las observaciones anotadas, favorecen la existencia de un *hiato* reconocido en la sección tipo, entre las *facies de Turbiditas del Carmen* y las *facies de Carbonatos* de Tubará. Este se produjo por un período de tectonismo intenso, con levantamiento y erosión durante el Mioceno inferior y medio (fig.2).

PERIODOS DE ESTABILIDAD E INESTABILIDAD

Si se comparan entre sí las diferentes facies establecidas (fig.2), se puede observar:

- a) Que la primera *facies de Carbonatos*, por su asociación de conglomerados, calizas arrecifales, areniscas de grano grueso y conglomeráticas, pelecípodos y microfauna principalmente bentónica, indica un ambiente de depósito relativamente tranquilo con movimientos epirogénicos oscilantes en profundidades hasta de 200 metros.
- b) Que las *facies de Arcillolitas y Limolitas* por su extensión geográfica y homogeneidad litológica, representa un ahondamiento de la cuenca y depósito de un ambiente tranquilo, afectado únicamente por movimientos epirogénicos de subsidencia. Esto se puede confirmar por el cambio progresivo de la fauna bentónica a predominio de la fauna planctónica calcárea, asociada a radiolarios.
- c) Que las *turbiditas* se produjeron dentro de un período de *inestabilidad* de la cuenca, como consecuencia de ajustes tectónicos y cambios en el talud (?), produciendo derrumbes (slumping) para crear las corrientes de turbidez y así un ambiente propicio para depositar estas turbiditas. Es muy característico de las *turbiditas*, presentar fauna resedimentada (reworking) lo que dificulta el estudio de la bioestratigrafía de este tipo de facies. La mayor parte de las perforaciones estudiadas del Neogeno marino del Norte de Colombia, presentan asociaciones autóctonas y alóctonas producidas entre otras causas por turbiditas.

CONCLUSIONES

- 1) Claramente se han podido reconocer dos períodos diferentes de sedimentación, a finales de los cuales se produjeron eventos tectónicos importantes.
- 2) Dentro de cada uno de estos períodos se ha reconocido una disposición cíclica, por la cual éstos se han clasificado como: *Ciclo de Cansona*, representado por *limolitas* y *turbiditas* (fig.2); y *Ciclo del Carmen*, representado por *carbonatos*, *arcillolitas* y *turbiditas*. El período correspondiente a los Carbonatos de Tubará, aunque no es posible demostrarlo pudiera corresponder al comienzo de un tercer ciclo.
- 3) Los diferentes eventos tectónicos ocurridos entre estos períodos, se han reconocido siempre *post-turbiditas*.
- 4) Los ciclos reconocidos se asimilan a ciclos tectónico-sedimentarios que pudieran compararse con los discutidos por Auboin (1965): El *Ciclo de Cansona* (Eugeosinclinal del Cretáceo superior) correspondería al período Geosinclinal (“Geosynclinal Period”), donde las limolitas por sus relaciones a rocas verdes (ofiolitas) corresponderían al *período pre-flisch* y las turbiditas al *período flisch*. El Ciclo del Carmen por sus características cronoestratigráficas y litológicas también se podría comparar con los *finales del período Geosinclinal* (“late Geosynclinal Period”).

Sin embargo, aunque el concepto de Geosinclinal se puede aplicar en sentido vertical esto ya no es posible en sentido horizontal, por presentarse las secuencias eugeosinclinal aisladas y controladas tectónicamente Este-Oeste y sin continuación estructural en el sentido del rumbo, aproximadamente Norte-

Sur (fig.3). Esto se ha podido reconocer en perforaciones de petróleo hechas al lado de estas secuencias. Stainforth (comunicación escrita) también observa dificultades semejantes en la aplicación de este concepto en áreas del llamado Geosinclinal de Bolívar el cual estaría relacionado con las áreas del presente trabajo.

- 5) Los ciclos expuestos, se pueden reconocer regionalmente a todo lo largo de la cuenca costera del Norte y además son muy prácticas como *unidades roca-tiempo* para datar la cronoestratigrafía local de una manera más precisa y sin estar sujetas a tanta controversia como lo está la nomenclatura clásica europea cuando se usa en correlaciones intercontinentales.
- 6) Se proponen como *unidades roca-tiempo*, los términos Cansona (Cansonian) para el primer ciclo, el cual correspondería a la época más antigua; *Carmen* (Carmenian), para el segundo ciclo, y Tubará para identificar la época más joven, dentro de la cual se halla actualmente la evolución geológica de los márgenes costeros de Colombia.

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer muy sinceramente al Dr. R.M. Stainforth sus valiosos comentarios y críticas hechos al manuscrito de este trabajo.

A la Shell Cóndor por el suministro de mapas con localidades fosilíferas; a los geólogos del Instituto por su colaboración durante la realización de algunos de los trabajos en el campo, un agradecimiento muy especial.

BIBLIOGRAFIA

- American Commission of Stratigraphic Nomenclature (1961).- Code of Stratigraphic *Nomenclature*. *Amer. Assoc. Petrol. Geol.* Vol. 45, No.5.
- Anderson, F.M., 1929.- Marine Miocene and Related deposits of North Colombia. *Cal. Acad. Sci. Procc. Fourth Series*, Vol. XVIII, No. 4, pp. 73-213, Plts. 8-23, March, 1929.
- Aubouin, J., 1965.- Geosynclines. *Developments in Geotectonics I, Elsevier Publishing Company*, pp. 1-335, figs. 1-67, tpls. I-II. New York, 1965.
- Bandy, O. L., 1961.- Distribution of Foraminífera, Radiolaria and Diatoms in sediments of the Gulf of California. *Micropaleontology*, Vol. 7, No.1, pp. 1-26, Pls. 1-5, January, 1961.
- Bandy, O. L., & Arnal, R.E., 1960.- Concepts of Foraminiferal Paleocology. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* Vol. 44, No. 12. pp. 1.921-1.932, 14 figs., December, 1960.
- Blow, W., H., 1969.- Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy. *Procced. First. Inter. Conference Plank. Microfos.* Geneva 1967, Ed. Bronnimann & Renz, Vol. I, pp. 1-422, figs. 1-43. pls. 1-54, Leiden, 1969.
- Bolli, H.M., 1957.- Planktonic Foraminifera from Oligocene - Miocene Cipero and Lengua Formations of Trinidad B.W.I. *U.S. Nat. Mus. Bull.* 215, pp. 97-123, 5 figs., 8 lms., Washington, 1957.
- _____, 1966.- Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on planktonic foraminifera. *Bol. Informativo Asoc. Venez. Geol. Min. Petrol.* Vol. 9, No. 1, January, 1966, pp. 3-32, tpls. 1-4.
- Bolli, H.M. & Bermúdez, P.J., 1965.- Zonation based on planktonic foraminifera

- of middle Miocene to Pliocene warm water sediments. *Bol. Informativo Asoc. Venez. Geol. Min. Petrol.*, Vol. 8, No. 5, May, 1965, pp. 121-149, pl. I, tpls. 1-2.
- Bürgl, H., 1961.- Historia Geológica de Colombia. *Rev. Acad. Sci. Fisic. Nat.* Vol. XI, No. 43, pp. 137-191, 41 figs. Bogotá.
- Duque, Caro, H., 1968.- Observaciones generales a la Bioestratigrafía y Geología Regional de los Departamentos de Bolívar y Córdoba. *Bol. de Geol. Univ. Indust. de Santander*, No. 24, pp. 71-87, fig. 1-3, Bucaramanga, Marzo, 1967.
- _____, 1971.- On planktonic Foraminiferal Zonation in the Tertiary of Colombia. *Micropaleontology*, Vol.17, No. 3, pp.365-368, July, 1971.
- Eames, F.E., Banner, F.T., Blow, W.H. & Clarke. W.J., 1962.- Fundamentals of Midtertiary Stratigraphical Correlations. *Cambridge University Press.* pp. 1-162, 17 pls., 20 figs., 1962.
- Petters, V. & Sarmiento, R., 1956.- Oligocene and Lower Miocene Bioestratigraphy of the Carmen-Zambrano Area, Colombia, *Micropaleontology*, Vol. 2, No. 1, pp. 7-35, 1 pl., 2 figs., 7 tpls. 1956.
- Pettijohn, F.J., 1967.- Sedimentary Rocks.- Harper & Brothers, 718 pp., 173 figs., 118 tpls., 40 pls., New York, 1967.
- Phleger, F.B., 1965.- Ecology and Distribution of Recent Foraminifera. *The John Hopkins Press*, 297 pp., pls. 1-11, figs. 1-83, Baltimore
- Porta, J.D., 1962.- Consideraciones sobre el estado actual de la Estratigrafía del Terciario en Colombia. *Bol. Geol. No.9*, pp. 5-43, 5 tpls. 1 figs., Universidad Industrial de Santander, 1962.
- _____, 1970.- On Planktonic Foraminiferal Zonation in the Tertiary of Colombia. *Micropaleontology*, Vol. 16, No. 2, pp. 216-220, Text fig. 1, April, 1970.

-
- Ruddiman, W.F. & Heezen, B.C., 1967.- Differential solution of Planktonic Foraminifera *Deep Sea Res.* Vol. 14, pp. 801-808, 12 figs., 1 tbl., 1967.
- Stone, B., 1968.- Planktonic Foraminiferal Zonation in the Carmen-Zambrano Area, Colombia. *Micropaleontology*, Vol. 14, No. 3, pp.363-364, text fig.1, July, 1968.
- Werenfels, A., 1926.- Una Sección Estratigráfica a través del Terciario de Tolú Colombia. *Eclog. Geol. Helvet.* Vol. 20, pp. 79-84- 1926, 2 figs.
- Zimmerle, W. 1968.- Serpentine Graywackes from the North Coast basin Colombia and their Geotectonic significance. *N. Jb. Miner. Abh.* 109, No. 1/2, pp. 156-182, Stuttgart, July, 1968, 6 figs., 2 tbls.
