

**CARACTERIZACIÓN PALINOESTRATIGRÁFICA DEL INTERVALO  
CAMPANIANO – MAASTRICHTIANO DEL POZO GUANDO 73,  
VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA**

**FERNANDO MANTILLA DURÁN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2009**

**CARACTERIZACIÓN PALINOESTRATIGRÁFICA DEL INTERVALO  
CAMPANIANO – MAASTRICHTIANO DEL POZO GUANDO 73,  
VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA**

**FERNANDO MANTILLA DURÁN**

**Trabajo de grado realizado como requisito para optar  
al Título de Geólogo**

**Director:**

**VLADIMIR TORRES TORRES  
ECOPETROL Instituto Colombiano del Petróleo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2009**

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	3
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2. LOCALIZACIÓN	4
3. CONTEXTO GEOLÓGICO DEL AREA DE ESTUDIO	5
4. ESTUDIOS ANTERIORES	8
5. CONCEPTOS DE PALINOFACIES Y PALEOPALINOLOGIA	10
5.1 PALINOFACIES	10
5.2 ESTUDIOS DE PALINOFACIES EN COLOMBIA	13
5.3 PALEOPALINOLOGÍA	13
5.4 ESTUDIOS PALEOPALINOLÓGICOS EN COLOMBIA	14
6. MATERIALES Y METODOS	16
7. RESULTADOS	18
7.1 CARACTERIZACIÓN PALINOFACIAL	18
7.2 ANÁLISIS PALINOLÓGICO	21
8. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	23
8.1 PALINOFACIES	23
8.1.1 Condiciones de depositación	23
8.1.2 Análisis cuantitativo de los Niveles palinofaciales	26
8.2 BIOESTRATIGRAFÍA Y MODELO DE EDAD	28
8.3 AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN A LO LARGO DEL TIEMPO	32
9. CONCLUSIONES	34
10. RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXOS	44

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1: Localización del pozo Guando 73.	4
Figura 2. Columna generalizada de la subcuena de Girardot. Modificada de Reyes & Osorio (2005).	7
Figura 3. Distribución generalizada de algunos fragmentos orgánicos en los diferentes ambientes de depositación. Materia orgánica amorfa (M.O.A.), palinomorfos marinos (PM), palinomorfos continentales (PC), fragmentos opacos (FO) y partículas amorfizadas (PA). Modificado de Sebag et al., 2006).	11
Figura 4. Distribución estratigráfica de las partículas orgánicas en donde se señalan los cuatro Niveles palinofaciales propuestos. Los valores numéricos de la grafica corresponden al porcentaje de abundancia.	19
Figura 5: Fotografías representativas de los Niveles palinofaciales A (A), B (B), C (C) y D (D). Las fotografías corresponden a un campo visual a 10X. Fitoclasto estructurado (FE), fragmentos opacos (FO), materia orgánica amorfa (M.O.A.), foram lining (FL) y quiste de dinoflagelado (QD).	20
Figura 6: Dendograma en donde se muestra la agrupación de muestras con composiciones similares.	24
Figura 7: Dendograma con restricción estratigráfica en donde se señalan 4 grupos que coinciden con los Niveles palinofaciales propuestos.	27
Figura 8: Esquema bioestratigráfico para el Cretácico Superior propuesto por Jaramillo & Rueda (2004) en donde se muestran algunos palinomorfos usados en la zonación. Modificado de Jaramillo & Rueda (2004).	29
Figura 9: Gráfico de presencia / ausencia de algunos morfotipos usados para reconocer la edad y las zonas señaladas.	30
Figura 10: Esquema comparativo de las palinozonas y los Niveles palinofaciales A, B, C y D, propuestos en este estudio.	31
Figura 11: variación de las palinofacies a lo largo del intervalo analizado.	33

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Unidades Litoestratigráficas del Cretácico en el Departamento de Tolima (Modificado de Ingeominas, 2001).	9
Tabla 2. Comparación de algunas clasificaciones de fragmentos orgánicos propuestas por diferentes autores. Modificada de Agamez & Ramirez (2001).	12
Tabla 3: Porcentaje de abundancia de partículas orgánicas en los Niveles palinofaciales identificados.	21

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1: Clasificación de partículas de composición orgánica propuesta Oboh-lkuenobe <i>et al</i> , (2005)	45
Anexo 2: Tabla de Conteo de partículas de composición orgánica del intervalo analizado.	46
Anexo 3. Microfotografías de algunos palinomorfos reportados.	48
Anexo 4. Carta de distribución de los palinomorfos presentes en el intervalo analizado.	54
Anexo 5. Columna estratigráfica del intervalo corazonado del pozo Guando 73.	55

## RESUMEN

**TÍTULO:** CARACTERIZACIÓN PALINOESTRATIGRÁFICA DEL INTERVALO CAMPANIANO - MAASTRICHTIANO, POZO GUANDO 73, VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA.\*

**AUTOR:** MANTILLA DURÁN, Fernando \*\*

**Palabras clave:** Palinofacies, Palinología, Campaniano, Maastrichtiano, Valle Superior del Magdalena.

Se analizaron 28 muestras palinológicas provenientes del intervalo corazonado del pozo Guando 73 (2322' – 2750'), ubicado en la cuenca del Valle Superior del Magdalena, Colombia, con el fin de caracterizar las asociaciones palinológicas y palinofaciales presentes. Las unidades presentes corresponden a la operacionalmente denominada Formación Arenisca Superior del Grupo Guadalupe (Fm. Labor y Tierna) y a la base de la Formación Guaduas. El análisis se llevó a cabo en 2 etapas: inicialmente se realizó un conteo sistemático de partículas orgánicas con el fin de determinar las variaciones composicionales a lo largo del intervalo estudiado; se reconocieron 4 palinofacies que fueron validadas estadísticamente mediante análisis de aglomeración (clúster). Los resultados palinofaciales reflejaron un régimen regresivo que coincide con el modelo estratigráfico propuesto para el campo Guando. Posteriormente, con el propósito de asignar un marco cronoestratigráfico, se desarrolló un análisis palinológico en donde se identificaron esporomorfos de relevancia bioestratigráfica dentro de los que se destacan *Buttinia andreevi*, *Duplotriporites ariani*, *Echimonocolpites protofranciscoi*, *Echitriporites trianguliformis*, *Gabonisorites vigourouxii*, *Echitriletes "intercolensis"*, *Foveotriletes margaritae* y *Spinizonocolpites baculatus*, además de los quistes de dinoflagelados *Andalusiella polymorpha*, *Cerodinium* spp, *Dinogymnium* spp, *Exochosphaeridium* sp, *Palaeohystrichophora infusorioides* y *Xenascus ceratioides* entre otros. Siguiendo la zonación palinológica empleada para la cuenca, se determinó una edad de Campaniano – Maastrichtiano al intervalo analizado. La integración de estas dos herramientas (palinología y palinofacies) constituye un criterio de correlación adicional que puede contribuir con la identificación de la continuidad lateral de los reservorios en el campo Guando.

---

\* Tesis de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Geología. Director: Vladimir Torres Torres.

## ABSTRACT

**TITLE:** PALYNOSTRATIGRAPHIC CHARACTERIZATION OF THE CAMPANIAN – MAASTRICHTIAN INTERVAL, WELL GUANDO 73, UPPER MAGDALENA VALLEY BASIN.\*

**AUTHOR:** MANTILLA DURAN, Fernando\*\*

**Key words:** Palynofacies, Palynology, Campanian, Maastrichtian, Upper Magdalena Valley basin.

Twenty eight palynological samples from the cored interval of the well Guando 73 (2322' – 2750'), located in the Upper Magdalena Valley basin, Colombia, were analyzed in order to characterize the palynofacial and palynological assemblages. The units present correspond to the operationally denominated Arenisca Superior of the Guadalupe Group (Fm Labor and Tierna) and the base of the Guaduas Formation. The analysis was developed in two phases: initially, a systematic counting of organic particles was made in order to determinate compositional variations along the studied interval; four palynofacies were recognized and statistically validated using cluster analysis. The palynofacial results suggest a regressive regime which coincides with the stratigraphic models proposed for the Guando field. Subsequently, a palynological analysis was developed to establish a chronostratigraphic frame. Sporomorphs with biostratigraphic relevance as *Buttinia andreevi*, *Duplotriporites ariani*, *Echimonocolpites protofranciscoi*, *Echitriporites trianguliformis*, *Gabonisorites vigourouxii*, *Echitriletes intercolensis*, *Foveotriletes margaritae*, *Spinizonocolpites baculatus* and dinoflagellate cysts *Andalusiella polymorpha*, *Cerodinium* spp, *Dinogymnium* spp, *Exochosphaeridium* sp, *Palaeohystrichophora infusorioides* and *Xenascus ceratioides* among others, were identified. Following the palynological zonation used in the basin, an age of Campanian – Maastrichtian was assigned. The integration of these two proxies (palynology and palynofacies), constitutes an additional correlation tool that could contribute to identify the lateral continuity of reservoirs in the Guando field.

---

\* Degree Thesis

\*\* Engineering's Faculty, Physical Chemistry, School of Geology. Director: Vladimir Torres Torres.

## INTRODUCCIÓN

Durante el Campaniano - Maastrichtiano, la cuenca del Valle Superior del Magdalena (VSM) estuvo dominada principalmente por ambientes marinos y transicionales en donde se depositaron unidades sedimentarias que en la actualidad son de interés para la industria del petróleo en Colombia. Algunos de estos cuerpos desarrollaron geometrías complejas debido a la alta dinámica del nivel del mar (Rovira, 2006). Esto, sumado a la complejidad estructural del área, dificulta el reconocimiento de la continuidad lateral de las secuencias, aumentando la incertidumbre en la localización de objetivos al momento de la perforación. A partir de esta problemática se hace necesario implementar herramientas estratigráficas (e.g. Bioestratigrafía) que contribuyan a caracterizar los sistemas petrolíferos de una manera más detallada. En los últimos años, los palinomorfos han demostrado ser una excelente herramienta bioestratigráfica y biocronológica en el VSM (e.g. Jaramillo & Yepes, 1994a; Rueda, 2008). Sin embargo, el potencial bioestratigráfico del contenido restante de materia orgánica en las muestras palinológicas no ha sido completamente aprovechado. El estudio de estas partículas (palinofacies), puede proporcionar información correspondiente a la historia depositacional de la roca (Batten, 2002), y constituye una herramienta complementaria en la caracterización de secuencias. Las palinofacies han sido empleadas en diferentes cuencas petrolíferas del mundo para definir ciclos estratigráficos (e.g. Dybkjaer, 2004; Oboh-Ikuenobe *et al.*, 2005 y Carvalho *et. al.*, 2006). Esta herramienta también ha sido usada en reconstrucciones paleoambientales (e.g. Jaramillo & Oboh-Ikuenobe, 1999; Oboh-Ikuenobe *et al.*, 1998) y en la evaluación de parámetros geoquímicos (e.g. Tyson, 1995; Ercegovic & Kostic, 2006), mostrando ser una herramienta bastante versátil.

El presente estudio, realizado a partir de muestras provenientes del pozo Guando 73, constituye la primera caracterización palinofacial sistemática generada para el

campo Guando y para la subcuenca de Girardot. La generación de más estudios palinológicos y palinofaciales en este campo, y su posterior integración con otras herramientas, brindará información no solo geocronológica sino también correspondiente a condiciones de depositación. Además contribuirá con la construcción de modelos estáticos confiables para el área.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar palinofacialmente las sedimentitas contenidas en el intervalo corazonado del pozo Guando 73, y proponer una edad para la secuencia analizada a partir de palinomorfos.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un conteo sistemático y clasificación de 300 partículas de materia orgánica por cada muestra.
- Identificar los cambios faciales a partir de la variación del tipo de materia orgánica.
- Identificar taxonómicamente los palinomorfos presentes en el intervalo analizado.

## 2. LOCALIZACIÓN

El estudio fue realizado a partir de muestras de núcleo del pozo Guando 73, localizado en el departamento del Tolima, sector oriental de la subcuenca de Girardot, Valle Superior del Magdalena. Las coordenadas de localización son: N: 953.690,526 m y E: 944.559,153 m (origen Bogotá) (Fig.1).

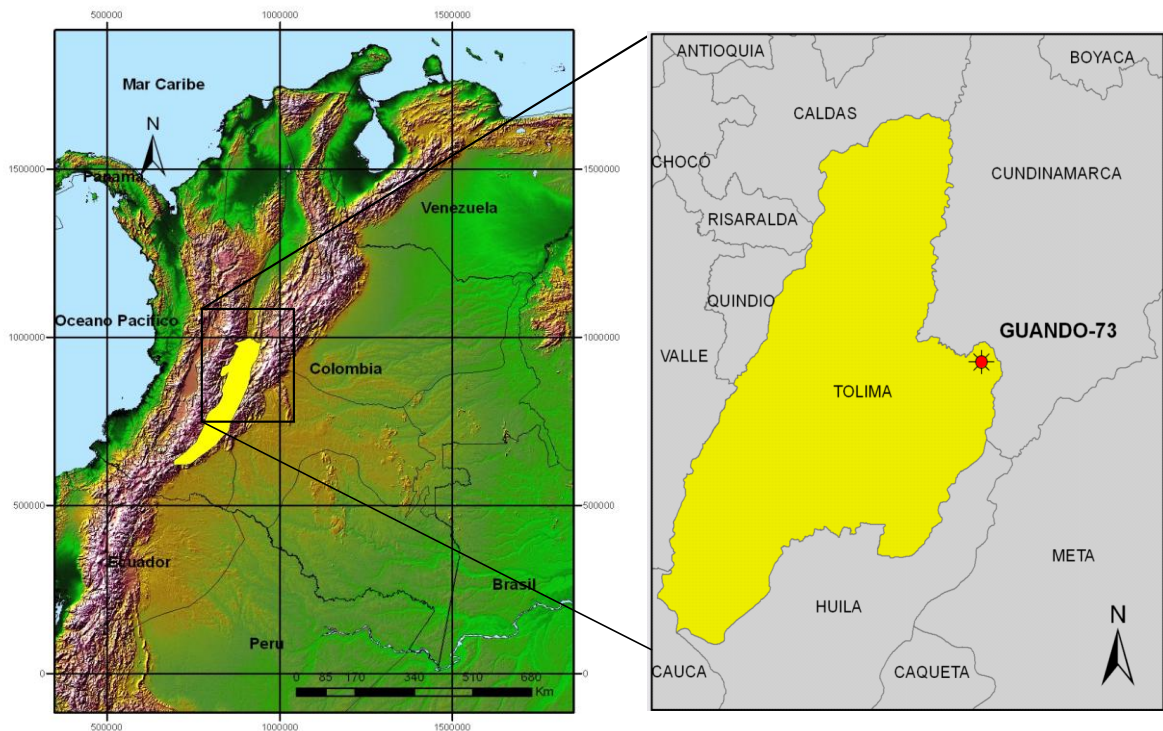


Figura 1: Localización del pozo Guando 73.

### 3. CONTEXTO GEOLÓGICO DEL AREA DE ESTUDIO

El Valle Superior del Magdalena corresponde a una cuenca de intramontaña ubicada entre la Cordillera Central y la Cordillera Oriental. Está limitada al Este y Oeste principalmente por basamento con edades de Precámbrico a Jurásico, al Sureste por el sistema de fallas de rumbo de Algeciras-Garzón y por el sistema de cabalgamiento del Piedemonte de la Cordillera Oriental. Los sistemas de falla de Bituima y La Salina, y el cinturón plegado de Girardot, corresponden a los límites Norte y Nororientales. El basamento aflorante en el alto Natagaima – El Pata, divide el VSM en dos subcuencas: Girardot y Neiva (Reyes & Osorio, 2005).

La subcuenca de Girardot, en donde se encuentra localizado el pozo Guando 73, se caracteriza por presentar estructuras sinclinales y anticlinales con dirección NNE – SSW relacionadas con fallas de cabalgamiento de bajo ángulo y con vergencia al Oeste.

El basamento de esta subcuenca se compone principalmente por sedimentitas rojas, rocas volcánicas e intrusiones ígneas de edad Triásico Tardío y Jurásico depositadas y emplazadas durante el periodo de extensión asociado con la separación de América del Sur y América del Norte (Toussaint, 1996). Dicho basamento está suprayacido por sedimentos de la Formación Yaví, cuya edad es incierta pero se asume una depositación entre el Jurásico Tardío y Aptiano (Reyes & Osorio, 2005). Posteriormente, durante el Albiano – Aptiano, se depositó la Formación Caballos, la cual consta de dos cuerpos de areniscas separadas por un nivel arcilloso con margas y calizas intercaladas. El ambiente de depositación corresponde a canales meandriiformes, trenzados y marino transicional.

Durante el Albiano Tardío hasta el Santoniano, la subsidencia de la cuenca y la transgresión marina, controlaron la depositación de sedimentos ricos en materia

orgánica correspondientes a la Formación Villeta (Reyes & Osorio, 2005), la cual es la principal roca generadora del VSM. La posterior somerización de la cuenca produjo la depositación de facies marinas someras las cuales equivalen al Grupo Guadalupe, el cual es uno de los principales productores de la subcuenca de Girardot (Rovira, 2006).

A finales del Cretácico, se produce una regresión marina que origina la depositación de sedimentos fluviodeltáicos correspondientes a la Formación Guaduas de edad Maastrichtiano Tardío – Paleoceno (Toussaint, 1996).

Durante el Eoceno Temprano se inicia la orogenia pre-Andina, producto de la colisión entre la placa de Nazca y del Caribe con la placa de Sur América, la cual provoca la erosión de unidades sedimentarias Cretácicas (Reyes & Osorio, 2005). Posteriormente, durante el Paleógeno, se depositan las formaciones fluviales Chicoral, Potrerillo y Doima (Grupo Gualanday) y las formaciones La Cira y Honda durante el Mioceno.

Hacia el Plioceno se produce la orogenia Andina que provoca el levantamiento final de las cordilleras Central y Oriental a través de fallas de cabalgamiento, siendo muchas de ellas fallas antiguas que se reactivaron (Reyes & Osorio, 2005). La Figura 2 muestra la columna estratigráfica generalizada de la subcuenca de Girardot.

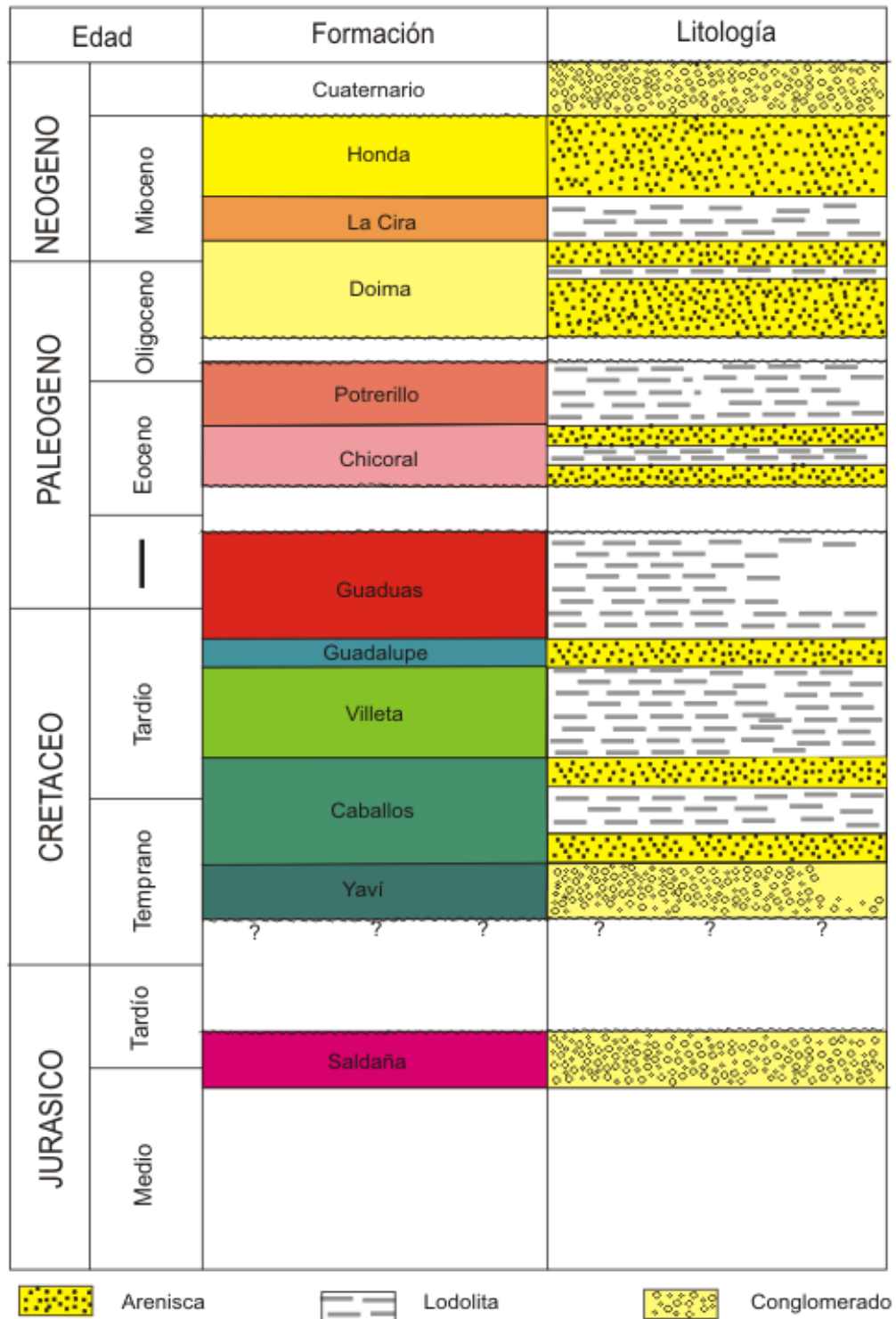


Figura 2. Columna generalizada de la subcuenca de Girardot. Modificada de Reyes & Osorio (2005).

#### 4. ESTUDIOS ANTERIORES

El conocimiento de la estratigrafía en la cuenca del Valle Superior del Magdalena y el extremo Sur del Valle Medio del Magdalena inicia con Hettner (1892), quien estudia la estratigrafía del Cretácico a lo largo de la cordillera oriental definiendo la Formación Guadalupe y Villeta, entre otras.

Posteriormente, Hubach da un corte más detallado del Cretácico, precisando el límite Guadalupe – Villeta. Este trabajo es publicado en su informe de la geología petrolera en 1931. Sin embargo, Stille (1938), indica que el límite petrográfico no está bien definido y propone situar el límite Guadalupe – Villeta de modo que coincida con el límite entre Cretácico Inferior y Superior.

La Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists (1961), incluye el Guadalupe inferior en el Villeta y deja el Guadalupe limitado a lo que se llamaba Guadalupe Superior.

Después de haberse redefinido el Grupo Guadalupe, Scheibe (1934), se enfoca en contacto de ésta unidad con el Guaduas, citando una discordancia, discrepando con Stille (1938), el cual reporta un límite concordante entre estas unidades.

Una década después del trabajo de Stille, Caudri (1948) realiza un trabajo bioestratigráfico, comparando la fauna de la formación Guaduas, representada por *Sulcoperculina vermunti* y *Lepidorbitoides* sp, con la Formación Habana de Cuba y con Cárdenas Beds de México proponiendo una edad Maastrichtiana – Terciaria.

Posteriormente, Petters (1954) desarrolla una serie de estudios en el Valle Medio del Magdalena los cuales lo llevan a agrupar tres unidades conocidas como Chert Inferior, Miembro Arenoso y Chert Superior otorgándoles el nombre de Grupo Oliní. Hubach & Sarmiento (1947), extienden este nombre para el Valle Superior del Magdalena y Porta (1965), lo redefine e indica como sección de referencia los afloramientos ubicados en el camino que de Piedras conduce al caserío de La Tabla, en el Departamento del Tolima.

Con el propósito de darle una edad al Grupo Oliní, Jaramillo & Yepes (1994a), llevan a cabo un análisis de palinomorfos determinando una edad entre Coniaciano Tardío y Campaniano Tardío.

Diversos autores han denominado algunas unidades litoestratigráficas del área de manera diferente, generando una sinonimia entre estas formaciones. La Tabla 1 muestra algunos nombres propuestos para las unidades Cretácicas del Departamento de Tolima.

En las últimas décadas se han desarrollado estudios en la cuenca del Valle Superior del Magdalena, tanto por universidades como por compañías petroleras. Gran parte de la información generada por estas últimas presenta un carácter confidencial, por lo cual es de vital importancia incrementar el número de investigaciones que contribuyan a entender de una mejor forma la evolución geológica de Colombia y la construcción de conocimiento científico en general.

Edad	INGEOMINAS (2001)	Corrigan (1967). Beltran & Gallo (1968)	Mojica & Macia (1983)	Patarroyo (1993)	Renzone (1993)	Etayo (1994) Florez & Carrillo (1994)	
<b>Cretácico</b>	<b>Superior</b>	<b>K1</b>	<b>Fm Monserrate o Guadalupe</b>	<b>Grupo Guadalupe</b>	<b>Grupo Oliní</b>	<b>Grupo Oliní</b>	<b>Fm Monserrate</b>
							<b>Nivel del Lutitas y Arenas</b>
							<b>Grupo Oliní</b>
	<b>Inferior</b>	<b>K2</b>	<b>Fm Villeta</b>	<b>Fm Villeta</b>	<b>Fm Lomagorda</b>	<b>Fm Villeta</b>	<b>Fm Villeta</b>
					<b>Fm Hondita</b>		
			<b>Fm Caballos</b>	<b>Fm Caballos</b>	<b>Fm Caballos</b>	<b>Fm Caballos</b>	<b>Fm Caballos</b>
			<b>Fm Yaví</b>		<b>Fm Yaví</b>	<b>Grupo Bermelo</b>	<b>Fm Alpujarra</b>
					<b>Fm Yaví</b>		

Tabla 1. Unidades Litoestratigráficas del Cretácico en el Departamento de Tolima (Modificado de Ingeominas, 2001).

## 5. CONCEPTOS DE PALINOFACIES Y PALEOPALINOLOGIA

### 5.1 PALINOFACIES

El término palinofacies fue introducido por Combaz (1964) para designar el total de materia orgánica resistente a los ácidos, recuperada de sedimentos o rocas sedimentarias por medio de técnicas de procesamiento palinológico, sin embargo este término ha sido materia de discusión ya que no incluye las implicaciones geológicas asociadas a la definición de facies. Por esta razón, diversos autores han propuesto sinónimos más apropiados para lo que Combaz (1964) define como palinofacies, por ejemplo, *Palynodebris* (Boulter, 1994), *Sedimentary Organic Matter* (Tyson, 1995) y *Dispersed Organic Matter* (Oboh-lkuenobe *et al.*, 1998).

Una definición más acertada de palinofacies fue propuesta por Powell *et al.*, (1990) quienes la definen como una asociación de palinoclastos específica, que refleja un ambiente de depositación particular (Fig. 3). Aunque esta definición es bastante acertada, es importante destacar que la asociación palinofacial, si bien puede caracterizar la roca e incluso indicar potencial de hidrocarburos, no necesariamente indica un ambiente de depositación por sí sola; para esto es necesario combinarla con otras herramientas (*e.g.* palinología, sedimentología).

Se han propuesto diferentes esquemas para clasificar los fragmentos de composición orgánica, basados generalmente en el aspecto morfológico de las partículas (estructurados y no estructurados) y en su origen (marino, continental, etc.). La Tabla 2 presenta algunas clasificaciones propuestas por diversos autores.

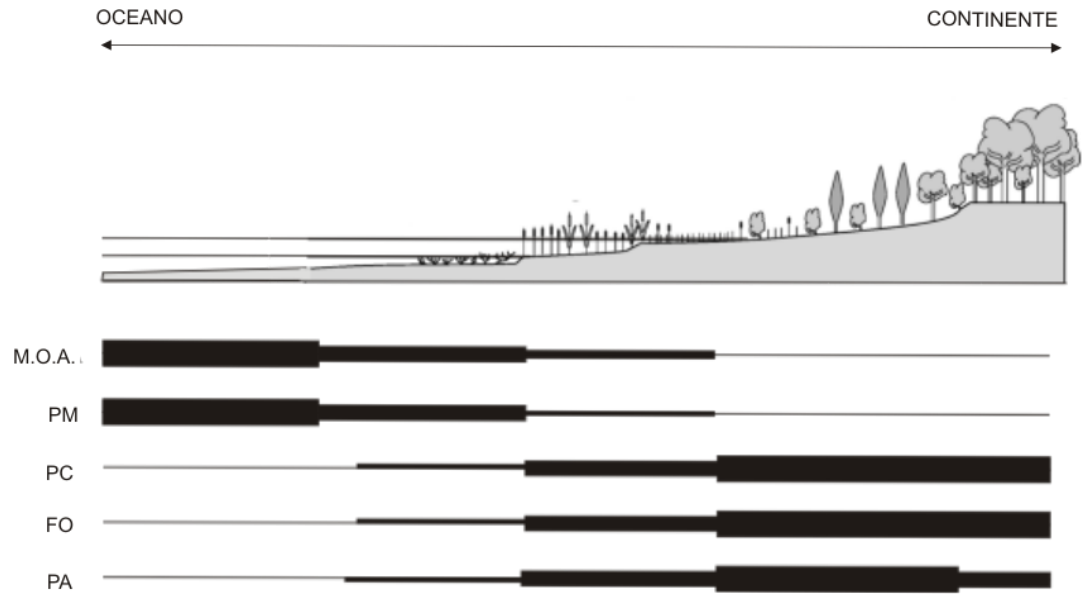


Figura 3. Distribución generalizada de algunos fragmentos orgánicos en los diferentes ambientes de depositación. Materia orgánica amorfa (M.O.A.), palinómorfos marinos (PM), palinómorfos continentales (PC), fragmentos opacos (FO) y partículas amorizadas (PA). Modificado de Sebag et al., 2006).

Combaz, 1964		Tissot and Welte, 1984		Lorente, 1986		Tyson, 1993		Ruiz, 1999		Oboh-Kuenobe et al, 2005					
Microfósiles	Polen	Granos de polen y esporas, dinoflagelados y acritarcos, algas verdes ya zules, escoledonitos hongos, foraminíferos, cianobacterias y quillinozoarios	Menos estructurado	Algas	Fragmentos de graptolites y artropodos	Esporomorfos	Opacos a semiopacos	Esporomorfos	Polen y esporas	Esporomorfos					
	Esporas											Bacterias	Zooclastos	Maderos	
	Microplankton											Algas coloniales	Escoledonitos, acritarcos, foraminíferos, dinoquistes, quillinozoarios, cianobacterias, pasinophytas, botryococcus, rodophytas, miosporas y megasporas	Cutículas	Hongos
Fragmentos de Plantas y animales	Materia Orgánica Estructurada	maderos, Charcoal, fitoclastos opacos, cutículas, tejidos no cuticulares, tubos, filamentos y pelos, hifas	Menos estructurado	Resinas	Cutículas, tejidos de corteza, maderos, charcoal e hifas.	Fitoclastos	Hongos	Algas de agua dulce	Pediastrum, azolla y Botryococcus	Algas					
												Charcoal			
Partículas Opacas	Materia Orgánica Estructurada	Zooclastos	Estructurado	Charcoal materia degradado de plantas	Resinas, agregados orgánicos y pellets fecales, cianobacterias y thio bacterias, precipitados húmicos.	Fitoclastos	Zooclastos	Esporomorfos, polen y esporas	Dinoflagelados y acritarcos	Fitoclastos	No estructurados				
M.O.A.	M.O. no estructurada	Materia orgánica de origen terrestre y acuático, materia gelificada, resinas y ámbar, sólidos bituminosos.	Estructurado	Cutículas	Resinas, agregados orgánicos y pellets fecales, cianobacterias y thio bacterias, precipitados húmicos.	M.O.A	hongos	Otras algas marinas	Partículas que impiden el paso de luz. Generalmente angulares.	Opacos					
												Exoesqueleto de animales			
		Materia orgánica re trabajada		Epidermal				Foraminíferos		M.O.A					
				Maderos											

Tabla 2. Comparación de algunas clasificaciones de fragmentos orgánicos propuestas por diferentes autores. Modificada de Agamez & Ramirez (2001).

## 5.2 ESTUDIOS DE PALINOFACIES EN COLOMBIA

Los estudios de palinofacies realizados en Colombia son escasos; el primer análisis fue desarrollado por Jaramillo & Yepes (1994b) en el Grupo Villeta y en la Formación El Ocal, con el propósito de reconocer máximas superficies de inundación. Posteriormente, Jaramillo *et al* (1996) involucra análisis palinofaciales para modelar paleobatimetrías en secuencias Cretácicas y Cuaternarias.

Otros estudios de palinofacies realizados en Colombia son el de Ruiz (1998), el cual analiza la materia orgánica de diferentes pozos de los Llanos Orientales para definir palinosecuencias, Velásquez (2001) analiza las palinofacies en el Piedemonte Llanero para reconocer discontinuidades estratigráficas, Agamez & Ramírez (2001) estudian las palinofacies de la Formación Carbonera en el Piedemonte Llanero, Olaya & Restrepo (2003) desarrollan correlaciones palinofaciales y geoquímicas en el Valle Superior del Magdalena; Pardo (2004) estudia la palinología y palinofacies del Paleoceno – Eoceno del Noreste de Colombia y Oeste de Venezuela. Finalmente, Blandon (2007) analiza las palinofacies de los carbones y lutitas de la Formación Amagá para determinar un paleoambiente de depositación y evaluar el potencial de generación de hidrocarburos.

## 5.3 PALEOPALINOLOGÍA

La paleopalinología hace referencia al estudio de microfósiles de composición orgánica (usualmente quitina, pseudoquitina y esporopolenina) presentes en las rocas sedimentarias (Traverse, 1988). Dichos microfósiles se conocen como palinomorfos y su tamaño varía de aproximadamente 5 a 500  $\mu\text{m}$ . Algunos ejemplos son las esporas, polen, dinoflagelados y acritarcos.

Esta herramienta ha sido implementada a nivel global en reconstrucciones paleoambientales (*e.g.* Sluijs *et al*, 2005; Head & Westphal, 1999), paleogeográficas (*e.g.* Helenes & Tellez, 2002) y bioestratigráficas (*e.g.* Van

Simaeys *et al.*, 2005; Helenes & Cabrera, 2003) entre otras. Igualmente, la paleopalinología ha sido de gran utilidad en la asignación de la edad de depositación de diferentes secuencias sedimentarias ya que los palinomorfos están presentes en el registro geológico desde el Precámbrico hasta el Reciente (Traverse, 1988).

#### **5.4 ESTUDIOS PALEOPALINOLÓGICOS EN COLOMBIA**

Un número significativo de estudios paleopalinológicos se han desarrollado en Colombia dentro de los cuales se resalta el primero de este tipo realizado por Van der Hammen (1954), en el cual analiza el desarrollo de la flora durante el Maastrichtiano – Paleoceno en la Formación Guaduas y equivalentes. Posteriormente, Van der Hammen (1957), desarrolla un estudio palinoestratigráfico en la Sabana de Bogotá e integra los resultados de estos dos estudios para generar una zonación palinológica del Paleógeno y Neógeno colombiano.

Algunos otros análisis llevados a cabo en Colombia constituyen los desarrollados por González (1967), quien estudia la palinología asociada a los mantos de carbón de las formaciones Los Cuervos y Mirador en la cuenca del Catatumbo y reconstruye los cambios en la vegetación durante el Paleoceno Superior – Eoceno para la zona. Germeraad *et al.* (1968) desarrollan una zonación palinológica del intervalo Cretácico Superior – Cuaternario para áreas tropicales usando muestras del Oeste de África, Borneo y Sur América, incluyendo Colombia. Müller *et al.* (1987) proponen una zonación palinológica para el Cretácico, Terciario y Cuaternario del Noroeste de Sur América, usando como base los datos generados por Germeraad *et al.* (1968). Sarmiento (1992) desarrolla un estudio palinológico de la Formación Guaduas, dividiéndola en dos zonas palinológicas y sugiriendo que el límite Cretácico – Paleoceno coincide con el límite propuesto por Van der Hammen (1957). Jaramillo & Yepes (1994a) estudian los dinoflagelados presentes en las sedimentitas del Grupo Oliní y asigna una edad de Coniaciano –

Campaniano. Jaramillo & Dilcher (2001) analizan la distribución de polen y esporas en tres secciones de edad Paleoceno - Eoceno e integran información previa para generar una sección compuesta en el Noreste colombiano. Yepes (2001) realiza un análisis palinoestratigráfico en dos secciones de Colombia y Venezuela, ubicando el límite Cretácico – Paleoceno a partir de bioeventos de dinoflagelados. Jaramillo & Rueda (2004), proponen una zonación palinológica desde el Aptiano Tardío hasta el Mioceno Medio a partir de información palinológica adquirida en más de cincuenta localidades.

## 6. MATERIALES Y METODOS

El material palinológico para este estudio se obtuvo del intervalo corazonado del pozo Guando 73 (2322' – 2750') perforado por PETROBRAS S.A. (2004). Se realizó una descripción litológica a partir de los núcleos preservados en la Litoteca Nacional Luis Ángel Arango, ubicada en las instalaciones del Instituto Colombiano del Petróleo ICP, y se generó una columna estratigráfica del intervalo analizado con el propósito de seleccionar los puntos de muestreo (Anexo 5).

Se recolectaron para palinología 28 muestras con el propósito de caracterizar las diferentes asociaciones palinofaciales e identificar los palinomorfos presentes. Según el registro gráfico compuesto, las unidades corazonadas corresponden a la base de la Formación Guaduas y a las operacionalmente designadas areniscas superiores del Grupo Guadalupe (Formaciones Labor y Tierna).

Las muestras palinológicas se prepararon utilizando el método propuesto por Traverse (1988), en el cual se sumergen los sedimentos en ácido clorhídrico (HCl) y ácido fluorhídrico (HF) con el fin de disolver los carbonatos y silicatos presentes, y obtener la fracción orgánica. El proceso de oxidación se omitió debido a que puede destruir ciertas partículas o alterar el color de éstas, interfiriendo de este modo con la caracterización palinofacial. Posteriormente el material orgánico obtenido se filtró en un tamiz de 10  $\mu\text{m}$  y 20  $\mu\text{m}$ , y fue montado en un cubreobjetos de vidrio usando bálsamo de Canadá.

El análisis de las muestras palinológicas se llevó a cabo en dos etapas: La primera etapa se desarrolló un conteo sistemático de 300 partículas por placa con el fin de calcular el porcentaje de cada una de éstas con respecto al contenido total de materia orgánica en la muestra y ver su variación a lo largo del intervalo estudiado. La segunda etapa consistió en identificar y reportar los palinomorfos presentes.

El conteo de las partículas orgánicas se realizó con un objetivo de 40X y el análisis de los palinomorfos se llevó a cabo utilizando un objetivo de inmersión en aceite de 100X; ambos acoplados a un microscopio de luz transmitida NIKON eclipse E200, el cual se ubica en las instalaciones del área de bioestratigrafía del Instituto Colombiano del Petróleo ICP de ECOPETROL S.A.

El análisis de las palinofacies se realizó siguiendo la clasificación propuesta por Oboh-Ikuenobe et. Al, (2005) (Anexo 1).

La identificación taxonómica de los palinomorfos encontrados se realizó consultando publicaciones, descripciones originales de cada especie, bases de datos y asesorías por parte de personal del grupo de bioestratigrafía del Instituto Colombiano del Petróleo (ICP). La asignación de edad al intervalo estudiado se planteó siguiendo el esquema bioestratigráfico propuesto por Jaramillo & Rueda (2004).

El procesamiento estadístico de aglomeración (Clúster) para los datos palinofaciales se realizó usando los programas CONISS (Grimm, 1987) y R versión 2.7.2 (R Development Core Team, 2008). Ambos análisis clúster fueron desarrollados en modo Q, (interrelaciones entre objetos a partir de los valores de las variables) y procesados usando el método de Ward. La distancia implementada para identificar el grado de similitud entre muestras fue la distancia Euclidiana. La información usada en CONISS fue cargada a través del programa TILIA (Grimm, 1987). Para la ejecución del clúster en R, se utilizó el paquete *Cluster* (Maechler et al., 2005).

## 7. RESULTADOS

### 7.1 CARACTERIZACIÓN PALINOFACIAL

Se determinó el porcentaje de abundancia de cada tipo de partícula a lo largo del intervalo analizado, a partir lo cual se identificaron cuatro zonas con asociaciones de partículas orgánicas características las cuales se denominaron de techo a base: Nivel palinofacial A, B, C y D (Fig. 4).

**Nivel A (2328' – 2477.8')** (Fig. 5-A): dominado por fitoclastos estructurados (26 – 56%), y fragmentos opacos (25 – 66%). Presenta un muy bajo contenido de palinomorfos continentales (0 – 3%), restos de hongos (0 – 3%), fitoclastos no estructurados (2 – 6%), algas de agua dulce (0 - < 1%), materia orgánica amorfa (M.O.A.) (3 – 9%) y palinomorfos marinos (0 - < 1%). Hacia la parte superior de este nivel, el contenido de materia orgánica total disminuye significativamente.

**Nivel B (2486.2' – 2528')** (Fig. 5-B): dominado por un alto contenido de M.O.A. (35 - 68%), excepto la muestra 2517', en donde presenta un valor de 2%. Además presenta un porcentaje significativo de fitoclastos estructurados (10 – 39%) y fragmentos opacos (18 – 49%). Presenta un bajo contenido de fitoclastos no estructurados (1 – 17%) y un muy bajo contenido de palinomorfos continentales (0 – 3%), restos de hongos (0 – <1%), palinomorfos marinos (0 - < 1%) y algas de agua dulce (0 – 1%).

**Nivel C (2547' – 2619')** (Fig. 5-C): Dominado por fitoclastos estructurados (33 – 85%) y fragmentos opacos (4 – 37%). Bajo contenido de fitoclastos no estructurados (4 – 35%) y un muy bajo contenido de palinomorfos continentales (0 – 5%), M.O.A. (1 – 7%), restos de hongos (0 – 2%), algas de agua dulce (0 - <1%), y palinomorfos marinos (0 – 2%). Este segmento se diferencia del segmento A en el mayor contenido promedio de fitoclastos no estructurados, palinomorfos continentales y materia orgánica total.

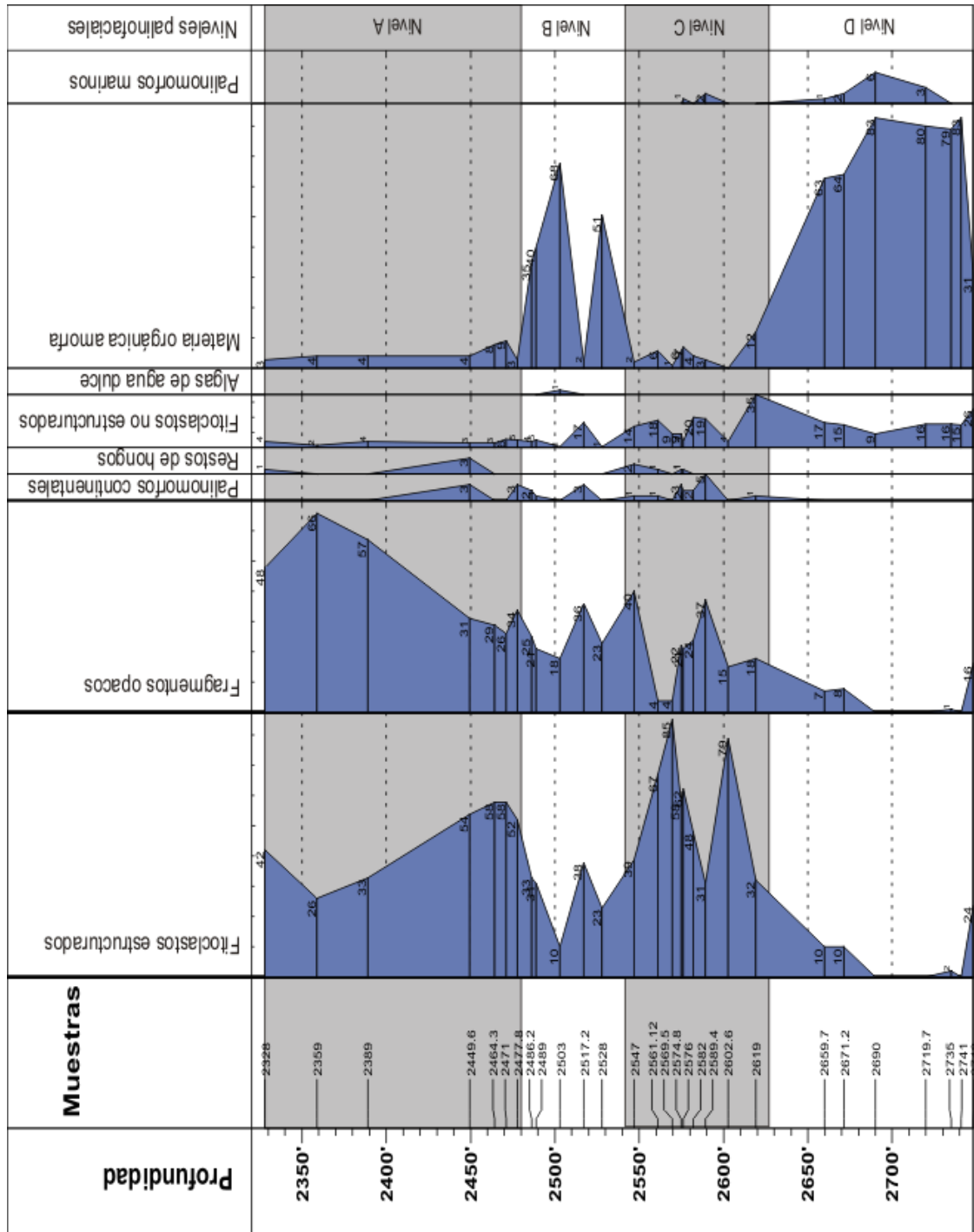


Figura 4. Distribución estratigráfica de las partículas orgánicas en donde se señalan los cuatro Niveles palinofaciales propuestos. Los valores numéricos de la grafica corresponden al porcentaje de abundancia.

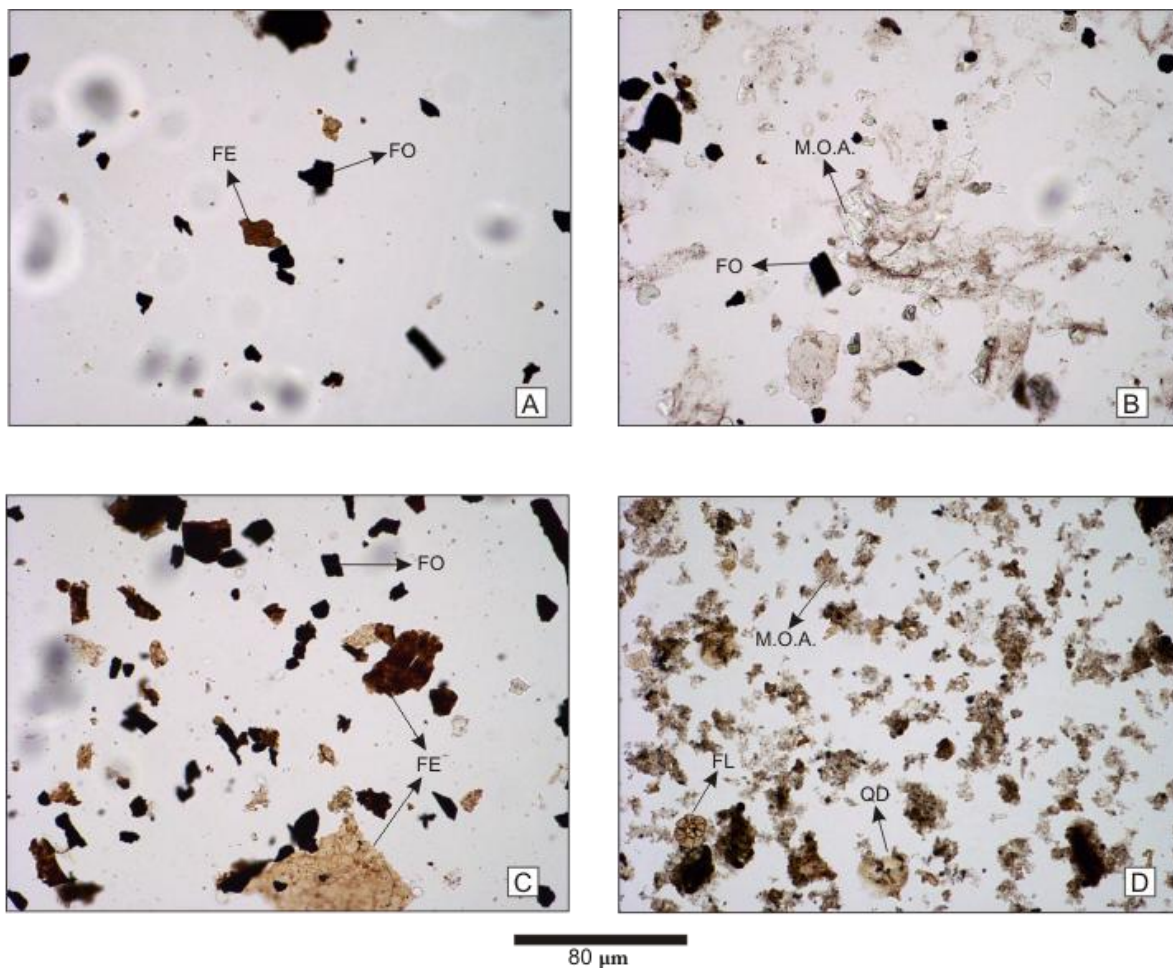


Figura 5: Fotografías representativas de los Niveles palinofaciales A (A), B (B), C (C) y D (D). Las fotografías corresponden a un campo visual a 10X. Fitoclasto estructurado (FE), fragmentos opacos (FO), materia orgánica amorfa (M.O.A.), foram lining (FL) y quiste de dinoflagelado (QD).

**Nivel D (2659.7' – 2748')** (Fig. 5-D): Intervalo dominado por materia orgánica amorfa (31 – 83%) y un contenido significativo de fitoclastos no estructurados (9 – 26%). Muy bajo porcentaje de palinomorfos marinos (1 – 6%) fitoclastos estructurados (0 – 10%), excepto en la muestra 2748' donde presenta un valor de 24%, fragmentos opacos (0 – 16%). Presenta además un contenido casi nulo de restos de hongos, palinomorfos continentales (<1%) y ausencia de algas de agua dulce.

Los Niveles B y D presentan un alto porcentaje de M.O.A. pero en el D se presenta un bajo contenido de fitoclastos estructurados y fragmentos opacos. Igualmente, Los palinomorfos presentes en el Nivel D son principalmente marinos, mientras que en el B, son principalmente de origen continental.

En la Tabla 3 se señalan los porcentajes de abundancia de las partículas para cada uno de los Niveles palinofaciales.

	<b>Nivel A</b>	<b>Nivel B</b>	<b>Nivel c</b>	<b>Nivel D</b>
<b>FITOCASTOS ESTRUCTURADOS</b>	26 - 58%	10 - 38%	31 - 85%	0 - 24%
<b>FRAGMENTOS OPACOS</b>	26 - 66%	18 - 36%	4 - 40%	0 - 16%
<b>PALINOMORFOS CONTINENTALES</b>	< 1 - 3%	< 1 - 3%	<1 - 5%	< 1%
<b>RESTOS DE HONGOS</b>	< 1 - 3%	< 1 - 2%	≤ 1%	< 1%
<b>FITOCLASTOS NO ESTRUCTURADOS</b>	2 - 6%	1 - 17%	4 - 35%	9 - 26%
<b>ALGAS DE AGUA DULCE</b>	< 1%	≤ 1%	< 1%	0%
<b>M.O.A.</b>	3 - 9%	2 - 68%	< 1 - 12%	31 - 83%
<b>PALINOMORFOS MARINOS</b>	0 - <1%	0 - <1%	0 - 2%	< 1 - 6%

*Tabla 3: Porcentaje de abundancia de partículas orgánicas en los Niveles palinofaciales identificados.*

## **7.2 ANÁLISIS PALINOLÓGICO**

Se contaron en total 772 palinomorfos en 28 placas palinológicas. Se identificaron 79 especies de esporomorfos (polen y esporas) y 22 especies de quistes de

dinoflagelados. El Anexo 4 corresponde a la carta de distribución generada a partir del análisis palinológico.

Se reconoció un predominio de quistes de dinoflagelados en el intervalo comprendido entre 2748' y 2619'. Se identificaron morfotipos de relevancia bioestratigráfica, tales como *Andalusiella polymorpha*, *Cerodinium* spp, *Exochosphaeridium* sp, *Alisogymnium* spp, *Dinogymnuym* spp, *Xenascus ceratioides* y *Senegalinium* spp, que permitieron reconocer la palinozona de *Cerodinium* propuesta por Jaramillo & Rueda (2004).

Igualmente, el intervalo comprendido entre 2602.60' y 2328' se encuentra dominado por palinomorfos de afinidad continental dentro de los que se destacan *Echimonocolpites protofranciscoi*, *Gabonisorites vigourouxii*, *Buttinia andreevi*, *Echitriporites trianguliformis*, *Spinizonocolpites baculatus*, a partir de los cuales se reconocieron las palinozonas de *Buttinia andreevi* y *Proteacidites dehanni* / *Echimonocolpites protofranciscoi* propuestas en el esquema bioestratigráfico de Jaramillo & Rueda (2004).

## 8. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 8.1 PALINOFACIES

#### 8.1.1 Condiciones de depositación

Con el fin de determinar las diferentes asociaciones palinofaciales en el intervalo analizado, se implementó un análisis clúster usando la matriz de datos obtenida en el conteo sistemático de partículas. Dicho análisis agrupa las muestras que presentan similitud en su composición y separa las que presentan más diferencia, reflejando de esta manera, variaciones en las condiciones de depositación. El análisis se ejecuto en el programa R (R Development Core Team, 2008); el resultado obtenido muestra cuatro diferentes palinofacies (Fig. 6).

Usando una distancia Euclidiana de aproximadamente 115 con el fin de proporcionar un detalle relativamente alto, se reconocieron 4 grupos denominados palinofacies 4, palinofacies 3, palinofacies 2 y palinofacies 1.

La palinofacies 4 presenta una asociación dominada principalmente por M.O.A y palinomorfos marinos, mientras que la palinofacies 3, está dominada por fitoclastos estructurados, fragmentos opacos y M.O.A.

Por otro lado la palinofacies 2 presenta una asociación dominada por fitoclastos estructurados y fragmentos opacos y un contenido significativo de palinomorfos continentales, restos de hongos y fitoclastos no estructurados, a diferencia de la palinofacies 1 que está dominada por fitoclastos estructurados y fragmentos opacos.

El alto porcentaje de M.O.A en las muestras de la palinofacies 4, indica condiciones distales ya que generalmente este tipo de materia orgánica es el principal componente presente en ambientes marinos, especialmente en áreas sin

influencia continental (Batten, 2002; Tyson, 1995; Oboh-Ikuenobe *et al.*, 2005). Asimismo esta palinofacies presenta un contenido de palinomorfos principalmente marinos (ver Anexo 4) a excepción de la muestra 2503', indicando condiciones marinas. El muy bajo porcentaje material continental indica que el ambiente de depositación de esta palinofacies es más distal con respecto a las demás, las cuales presentan un mayor contenido de esporomorfos y fragmentos terrestres.

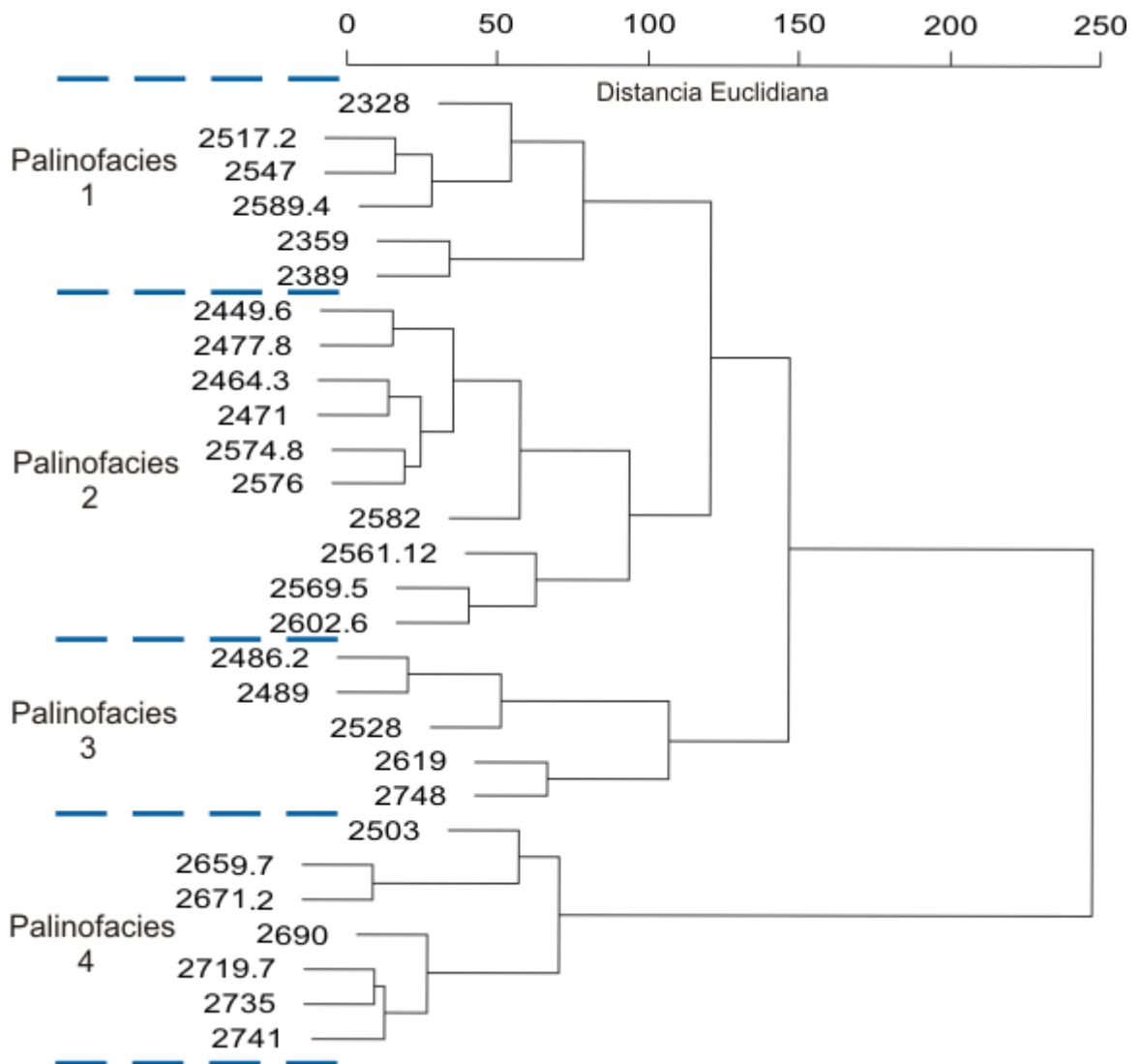


Figura 6: Dendrograma en donde se muestra la agrupación de muestras con composiciones similares.

Por otro lado, la presencia principalmente de M.O.A., fragmentos opacos y fitoclastos estructurados en las palinofacies 3, puede presentar relación con ambientes lacustres ya que la asociación de M.O.A. con partículas de afinidad continental, puede relacionarse con ambientes lacustres de poca energía y baja oxigenación (Batten, 2002). Si bien la muestra 2503' presenta un alto contenido de M.O.A., esta puede tener más relación con la palinofacies 3, ya que algunos de estos fragmentos amorfos insinúan formas similares a las de la micro alga de agua dulce *Pediastrum* (Anexo3, Lamina 1, microfotografía 9). Adicionalmente la ubicación de ésta muestra en el dendograma, señala cierta diferencia con respecto a las demás muestras de la palinofacies 4; además si proximidad al grupo de muestras a la palinofacies 3 puede estar indicando cierta similitud con ésta ultima palinofacies.

Las palinofacies 2 y 1 insinúan condiciones proximales debido al alto contenido de fragmentos terrestres y al muy bajo número de material marino. En algunas muestras tanto de estas palinofacies como en la palinofacies 3, se registró la presencia de macroesporas de helechos de agua dulce (*Azolla* sp) (Anexo3, Lamina 1, microfotografía 10), lo cual indica condiciones de depositación influenciadas por agua dulce.

Específicamente para el campo Guando, Rovira (2006), a partir de registros eléctricos, propone un ambiente depositacional de plataforma para la parte inferior de las Areniscas Superiores del Grupo Guadalupe y un sistema deltáico y planicie de canales trenzados para la parte superior de esta unidad. Las muestras de la palinofacies 4, a excepción de la 2503', reflejan condiciones marinas y se ubican hacia la base del intervalo analizado, que corresponde a la base de las Areniscas Superiores. Estos datos concuerdan con la interpretación propuesta por Rovira (2006).

Asimismo, la evidencia de agua dulce anteriormente mencionada en las palinofacies 3, 2 y 1, y el contenido de material de afinidad continental, pueden

estar asociados con los sistemas fluvio – deltáicos interpretados por Rovira (2006) para la parte superior de las Areniscas Superiores del campo Guando.

Lo anterior refleja que hacia la base del intervalo estudiado, se dieron condiciones de depositación predominantemente marinas, mientras que la parte superior refleja condiciones más proximales. Estas variaciones palinofaciales también pueden estar reflejando condiciones de depositación asociadas a un descenso relativo en el nivel del mar a partir del Campaniano (Haq *et al.*, 1987; Toussaint, 1996), el cual produjo que casi la totalidad del oriente colombiano estuviera emergido a mediados del Maastrichtiano (Toussaint, 1996).

### **8.1.2 Análisis cuantitativo de los Niveles palinofaciales**

Los Niveles palinofaciales A, B, C y D propuestos en este estudio, corresponden a una agrupación con un criterio más estratigráfico debido a que se tuvo en cuenta la posición estratigráfica de las muestras para su agrupación. Con el fin de validar estadísticamente estos Niveles, se generó un análisis clúster con restricción estratigráfica, cuyo dendograma limita la posición de la muestra en la vertical (Fig. 7). El procesamiento de los datos se ejecutó usando el programa CONISS (Grimm, 1987); los datos fueron cargados a través del programa TILIA (Grimm, 1987).

El dendograma obtenido muestra 4 agrupaciones cuyos límites coinciden con los de los Niveles palinofaciales A, B, C y D, proporcionando de esta manera un soporte estadístico a los resultados obtenidos a partir de la interpretación visual. La separación realizada anteriormente, corresponde a una distancia Euclidiana de aproximadamente 260. Dicha división se realizó partiendo del supuesto o preconcepto obtenido anteriormente de manera cualitativa.

Generalmente, las secuencias bioestratigráficas son divididas en zonas para facilitar su descripción y correlación. Del mismo modo, los Niveles aquí propuestos

constituyen zonas con asociaciones palinofaciales características que podrían ser implementadas como una herramienta de correlación adicional para el campo Guando.

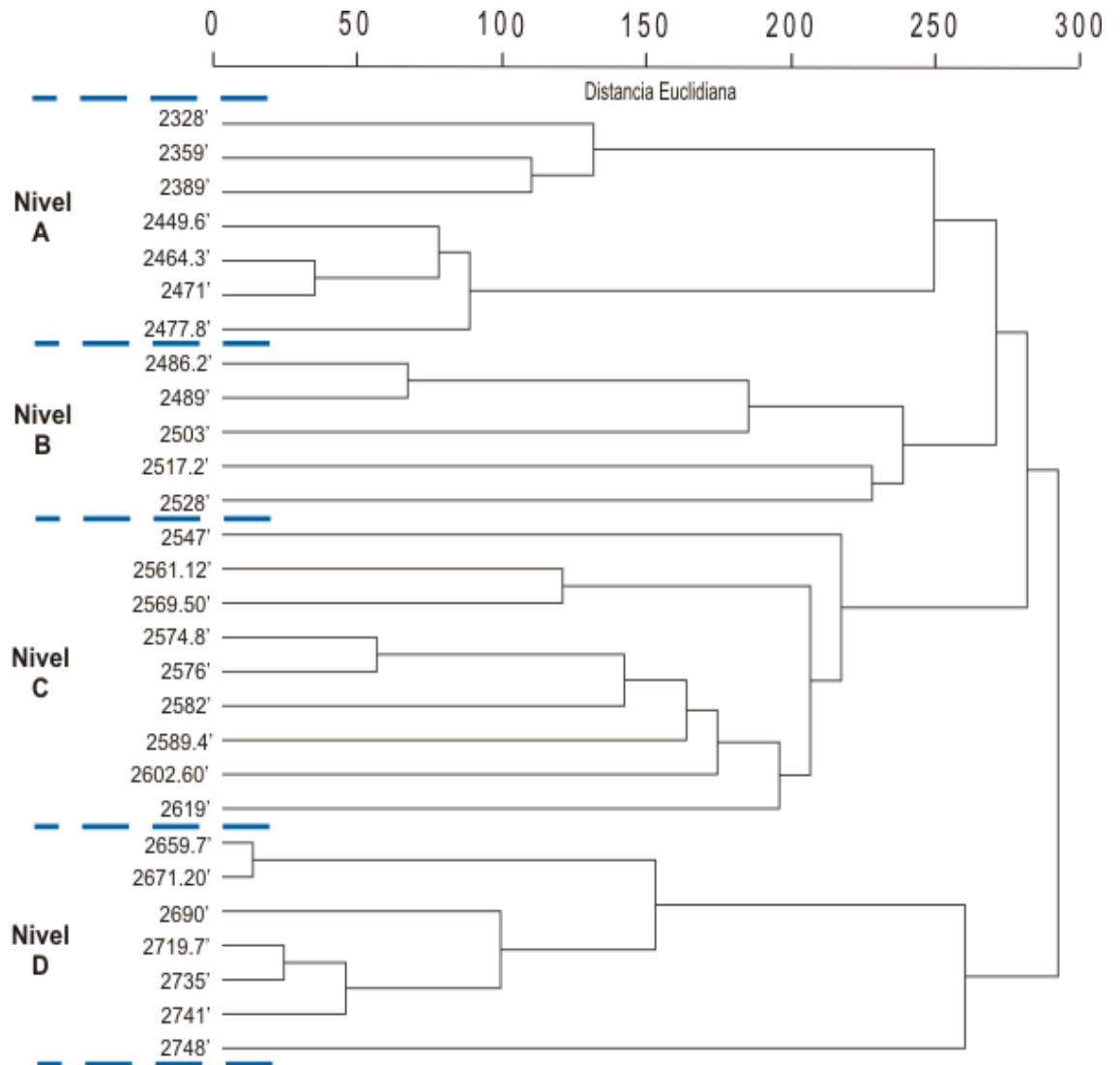


Figura 7: Dendrograma con restricción estratigráfica en donde se señalan 4 grupos que coinciden con los Niveles palinofaciales propuestos.

## 8.2 BIOESTRATIGRAFÍA Y MODELO DE EDAD

A partir del análisis palinológico se identificó un predominio de quistes de dinoflagelados en el intervalo 2748' - 2589.40' en donde se destacan *Cerodinium* spp, *Dinogymnium* spp, *Senegalinium* sp, *Andalusiella* spp, *Alisogymnium* spp, *Trichodinium* sp, *Exochosphaeridium* sp, *Paleohystrichophora infusorioides*, *Polykrikos* sp y *Xenascus ceratioides*. De acuerdo a la zonación palinológica propuesta por Jaramillo & Rueda (2004) (Fig. 8), esta asociación es típica en el Campaniano Superior, específicamente la zona *Cerodinium*. A partir de 2589.40' y hasta 2328' se presenta un predominio de polen y esporas en donde se destacan *Echimonocolpites protofranciscoi*, *Gabonisorites vigourouxii*, *Buttinia andreevi*, *Colombipollis tropicalis*, *Proxapertites humbertoides*, *Echitriporites trianguliformis* y *Duplotriporites ariani* entre otros. Según el esquema propuesto por Jaramillo & Rueda (2004), este cambio de asociación de afinidad marina a una asociación de afinidad continental, marcaría la transición Campaniano – Maastrichtiano, proponiéndose de este modo alrededor de los 2589.40'.

Para el Maastrichtiano, Jaramillo & Rueda (2004) proponen 3 zonas: (de base a techo) *Buttinia andreevi*, *Proteacidites dehaani* y *Echitriporites protofransiscoi*. El tope de la primera se caracteriza por la última ocurrencia de *B. andreevi*. En el presente estudio se propone el tope de esta zona a los 2449.60', en donde se registra la última ocurrencia de este esporomorfo. A partir de esta profundidad y hasta el tope del intervalo (2328'), se presentó un recobro de palinomorfos muy pobre (18 en total) impidiendo de esta manera proporcionar un marco cronoestratigráfico resolutivo. Sin embargo, la presencia de *Echimonocolpites protofranciscoi* y *Gabonisorites vigourouxii* en la última muestra (2328') indican una edad no más joven que Maastrichtiano más Tardío.

Las asociaciones de palinomorfos identificadas en este estudio, también coinciden con las reportadas en estudios de secuencias de edad Campaniano –



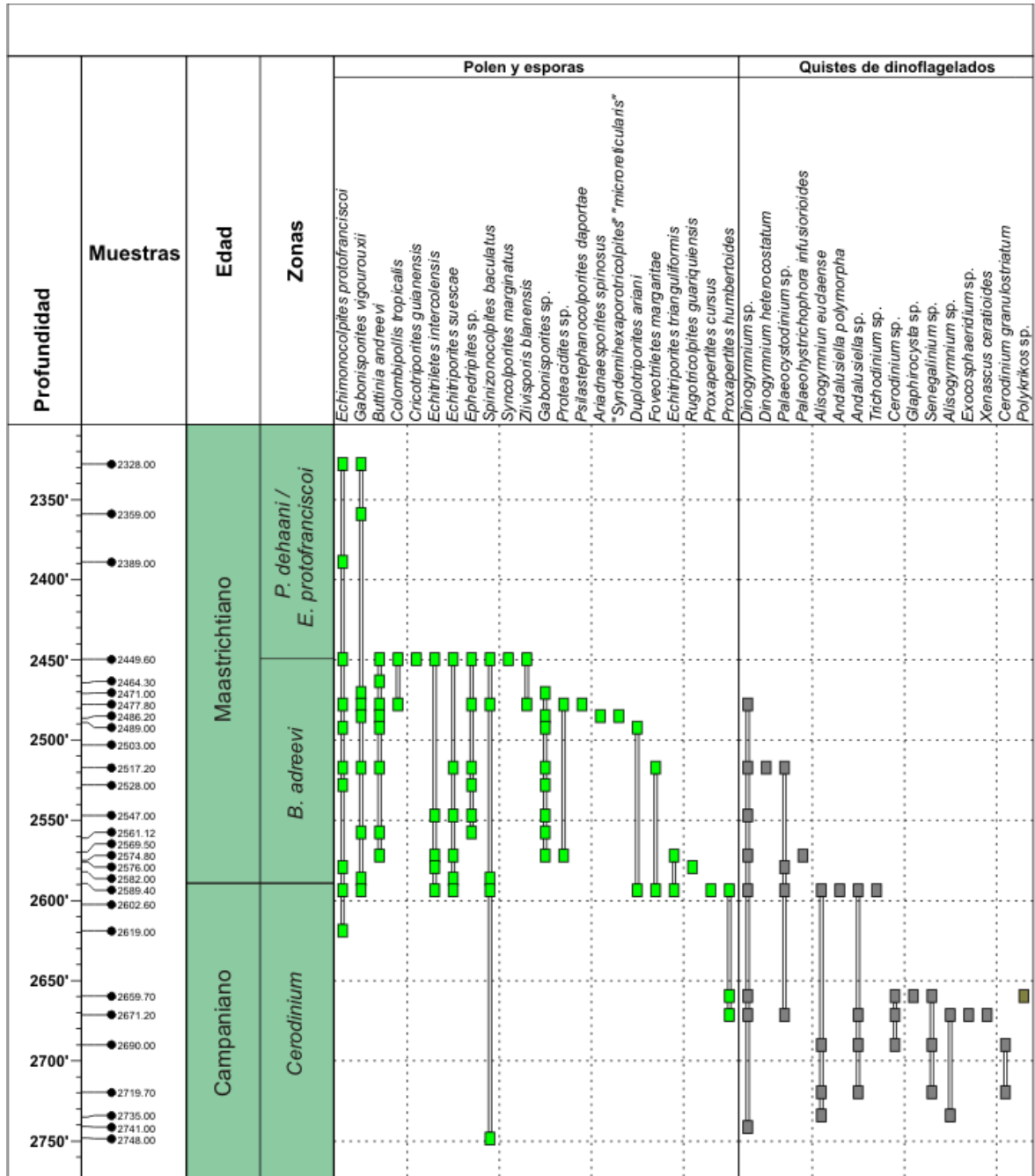


Figura 9: Gráfico de presencia / ausencia de algunos morfotipos usados para reconocer la edad y las zonas señaladas.

Es importante destacar que los límites de las palinozonas anteriormente mencionadas, no presentan relación con los Niveles palinofaciales propuestos a partir de las variaciones en las partículas orgánicas (Fig. 10). De este modo se muestra que la integración de información palinológica y palinofacial puede contribuir a incrementar la resolución de las zonaciones palinoestratigráficas a nivel local. Igualmente, las variaciones en el tipo de partículas pueden constituir una herramienta de correlación complementaria.

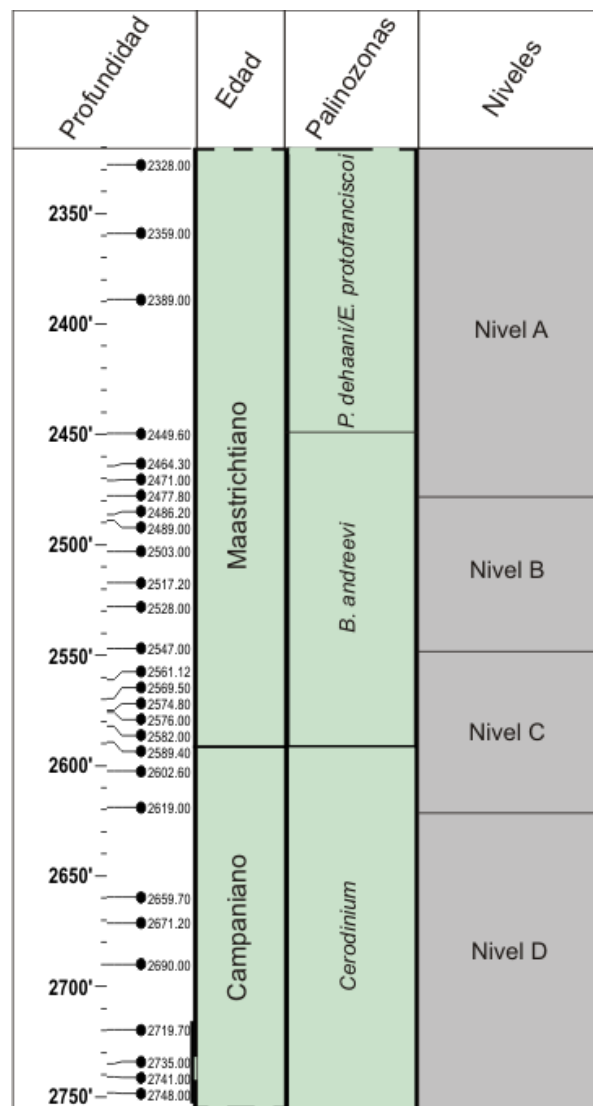


Figura 10: Esquema comparativo de las palinozonas y los Niveles palinofaciales A, B, C y D, propuestos en este estudio.

### 8.3 AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN A LO LARGO DEL TIEMPO

Integrando los datos palinofaciales con el marco cronoestratigráfico propuesto anteriormente, se observa que durante el Campaniano, hubo un predominio de condiciones marinas, las cuales fueron cambiando a ambientes más proximales y de mayor energía hacia finales del Campaniano y comienzos del Maastrichtiano.

Hacia la parte superior de la zona *Buttinia andreevi* (Maastrichtiano), se presentan muestras con M.O.A., fragmentos opacos y fitoclastos estructurados, los cuales se asocian a condiciones lacustres de baja energía. Adicionalmente, algunas muestras ubicadas en las zonas *B. andreevi* y *P. dehaani* / *E. protofranciscoi* presentan especímenes de *Azolla* sp. Esto último indica que durante el Maastrichtiano, el área en donde actualmente se ubica el pozo Guando 73, estuvo bajo influencia de agua dulce.

Lo anteriormente descrito presenta relación con la caída del nivel del mar a partir del Campaniano mencionada por Haq *et al.*, (1987) y Toussaint (1996) y concuerda con el modelo propuesto por Rovira (2006) para el campo Guando. La Figura 11 muestra las variaciones palinofaciales y a lo largo del intervalo analizado.

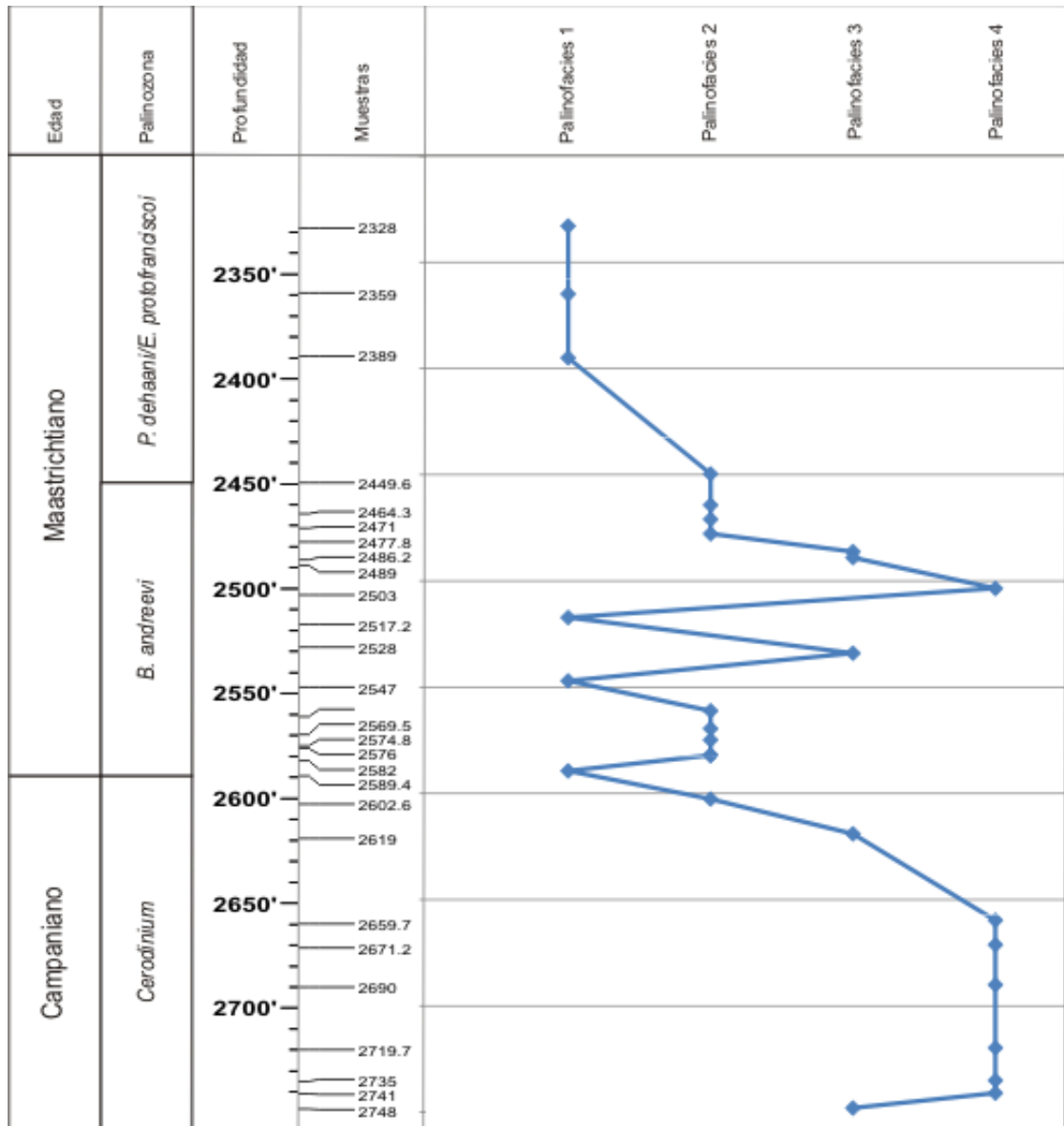


Figura 11: variación de las palinofacies a lo largo del intervalo analizado.

## 9. CONCLUSIONES

El análisis palinofacial permitió identificar cuatro niveles con asociaciones características que se validaron estadísticamente. Estos niveles pueden constituir una herramienta de correlación adicional que ayude a identificar la continuidad lateral de los reservorios en el campo Guando.

Siguiendo la zonación palinológica propuesta por Jaramillo & Rueda (2004), se reconocieron tres palinozonas: zona *Cerodinium* zona *Buttinia andreevi* y zona *P. dehanii* / *E. protofranciscoi*, a partir de las cuales se asignó una edad de Campaniano – Maastrichtiano al intervalo analizado. Igualmente las asociaciones encontradas en este estudio, son similares a las reportadas por Müller *et al.* (1987) y Helenes & Cabrera (2003) en secuencias de edad Campaniano – Maastrichtiano del norte de Sur América.

La evidencia palinofacial muestra a grandes rasgos 3 cambios faciales: facies marinas hacia la base del intervalo analizado y hasta aproximadamente 2619'; y una alternancia entre facies lacustres y probablemente fluvio - deltáicas a partir de esta profundidad y hasta el tope del intervalo estudiado. Estas variaciones palinofaciales reflejan un régimen regresivo que coincide con el modelo propuesto por Rovira (2006) para el campo Guando y en general con los cambios globales del nivel del mar para finales de Cretácico (Campaniano – Maastrichtiano).

Los resultados de este trabajo reflejan el potencial de las palinofacies como una herramienta bioestratigráfica complementaria a la palinología la cual puede mejorar la resolución de las zonaciones palinológicas y emplearse como criterio de correlación a nivel local.

## **10. RECOMENDACIONES**

Llevar a cabo otros estudios palinoestratigráficos en la subcuenca de Girardot con el fin de identificar la continuidad lateral de las zonas palinofaciales y confirmar su utilidad como herramienta de correlación para esta área.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agamez, Y. & Ramírez, C., 2001. Interpretación Secuencial y Palinofacies de la Formación Carbonera en el Piedemonte Llanero. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Medellín. 122 p.

Batten, D. J., 2002. Palynofacies and Palaeoenvironmental Interpretation En Jansonius J., McGregor D.C (editores). Palynology: Principles and Applications. Vol. 3, pp. 1011 – 1064.

Blandon, A., 2007. Contribución de la Materia Orgánica Sedimentaria a la Determinación del Paleoambiente y del Potencial de Generación de Hidrocarburos en los Carbones de la Formación Amagá (Colombia). Université de Genève Département de Géologie et Paléontologie, Geneve. 200 p.

Carvalho M. A., Mendonça F. & Rêgo T., 2006. Palynofacies and Sequence Stratigraphy of the Aptian – Albian of the Sergipe Basin, Brazil. Sedimentary Geology, Vol. 192, pp. 57 – 74.

Boulter M. C., 1994. An Approach to a Standard Terminology for Palynodebris. En Traverse A., Sedimentation of Organic Particles, pp. 199 – 216.

Caudri, C. M., 1948. Note on the Stratigraphic Distribution of Lepidorbitoides. Journal of Paleontology. Vol. 22, No 4, p 473 – 481. En Julivert, M., Lexique Stratigraphique, Centre National de la Recherche Scientifique, 570 p.

Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists., 1961. Cundinamarca - Boyacá Muzo Emerald Mines. Second annual field conference,

Bogotá, En Julivert, M., Lexique stratigraphique, Centre National de la Recherche Scientifique, 570 p.

Combaz, A., 1964. Les Palynofaciès. *Revue de Micropaléontologie*, Vol. 7, pp. 205-218.

Dybkaer, K., 2004. Dinocyst Stratigraphy And Palynofacies Studies Used For Refining A Sequence Stratigraphic Model—Uppermost Oligocene To Lower Miocene, Jylland, Denmark. *Review of Palaeobotany and Palynology*, Vol. 131, pp. 201 – 249.

Ercegovac, M & Kostic, A., 2006. Organic Facies and Palynofacies: Nomenclature, Classification and Applicability for Petroleum Source Rock Evaluation. *International Journal of Coal Geology*, Vol. 68, pp. 70 – 78.

Germeraad, J. H., Hopping, C.A., & Muller, J., 1968. Palynology of Tertiary Sediments From Tropical Areas. *Review of Palaeobotany and Palynology*, Vol. 6, pp. 189 - 348.

González, E., 1967. A Palynological Study on the Upper Los Cuervos and Mirador Formations (Lower and Middle Eocene; Tibú Area, Colombia). Leiden, E. J. Brill 129 p.

Grimm E., 1987. CONISS: A Fortran 77 Program for Stratigraphically Constrained Cluster Analysis by the Method of Incremental Sum of Squares. *Computers & Geosciences*, Vol. 13, pp. 13 – 35.

Haq B., Hardenbol, J. & Vail, P., 1987. Sea level Changes: An Integrated Approach Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and Eustatic Cycles. *Science*, Vol. 235, pp. 1156 – 1167.

Hettner, A., 1892. Die Kordillère von Bogotá. Book 104, 131 p. En Julivert, M., Lexique Stratigraphique, Centre National de la Recherche Scientifique, 570 p.

Hubach, E., 1931. Geología Petrolífera del Departamento de Norte de Santander. Servicio geológico nacional. Informe nº 176. En Julivert, M., Lexique Stratigraphique, Centre National de la Recherche Scientifique, 570 p.

Hubach, E. & Sarmiento R., 1947. El Yacimiento del Río Luisa. Departamento del Tolima. Servicio Geológico Nacional, informe No. 537. En Julivert, M., Lexique Stratigraphique, Centre National de la Recherche Scientifique, 570 p.

Head, M. & Westphal, H., 1999. Palynology and Paleoenvironments of Pliocene Carbonate Platform: The Clino Core, Bahamas. *Journal of Paleontology*, Vol. 73, pp. 1-25.

Helenes, J. & Cabrera, D., 2003. Oligocene–Miocene Palynomorph assemblages from eastern Venezuela. *Palynology*, Vol. 27, pp. 5–25.

Helenes, J. & Téllez, M.A., 2002. Paleontological evidence of the Campanian to Early Paleocene paleogeography of Baja California. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 186, pp. 61-80.

Ingeominas, 2001. “Mapa geológico del Departamento de Tolima, Memoria explicativa” 101 p.

Jaramillo, C.A., Yepes, O., & Oboh-Ikuenobe, F.E., 1996. Modeling Paleobathymetry And Relative Sea Level Curves From Palynofacies Analysis And Palynomorphs Paleoecology. Abstract, *AAPG Bulletin*, Vol. 80, pp. 1303.

Jaramillo, C. & Dilcher, D., 2001. Middle Paleogene Palynology of Central Colombia, South America: A Study of Pollen and Spores From Tropical Latitudes. *Palaeontographica*, Vol. 258, pp. 87-213.

Jaramillo, C. A. & Oboh-Ikuenobe, F.E., 1999. Sequence Stratigraphic Interpretations From Palynofacies, Dinocyst and Lithological Data of Upper Eocene–Lower Oligocene Strata in Southern Mississippi and Alabama, U.S. Gulf Coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 145, pp. 259–302.

Jaramillo, C.A. & Rueda, M., 2004. Impact of Biostratigraphy On Oil Exploration. *Memorias III Convención Técnica De La ACGGP*.

Jaramillo, C.A. & Yepes, O., 1994a. Palinoestratigrafía del Grupo Oliní (Coniaciano-Campaniano), Valle Superior del Magdalena, Colombia. En Etayo - Serna, F., *Estudios geológicos del Valle Superior del Magdalena*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, p. XVII-1-XVII-18.

Jaramillo, C.A. & Yepes, O., 1994b. Palynological Recognition of a Maximum Flooding Surface: An Example From The Cretaceous Of Colombia. *Abstract, Palynology*, Vol. 18, pp. 249 – 250.

Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A., Hubert, M. (2005). *Cluster Analysis Basics and Extensions*; unpublished

Müller, J., Di Giacomo, E., & Van Erve, A.W., 1987. A Palynological Zonation for the Cretaceous, Tertiary and Quaternary of Northern South America. *American Association of Stratigraphic Palynologists. Contribution Series*, 19 pp. 7–76.

Oboh-Ikuenobe, F.E., Yepes, O. & Gregg, J. M., 1998. Palynostratigraphy, Palynofacies, and Thermal Maturation of Cretaceous–Paleocene Sediments From The Côte D’Ivoire-Ghana Transform Margin. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol. 159, pp. 277 – 318.

Oboh-Ikuenobe, F.E., Obi, C.G. & Jaramillo, C.A., 2005. Lithofacies, Palynofacies, and Sequence Stratigraphy of Palaeogene Strata in Southeastern Nigeria. Journal of African Earth Sciences, Vol. 41, pp. 79–101.

Olaya, C. & Restrepo, S., 2003. Correlación Entre las Palinofacies y la Geoquímica Orgánica del Pozo Toldado 1 Valle Superior Del Magdalena. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín. 78 p.

Pardo, A., 2004. Paleocene – Eocene Palynology and Palynofacies From Northeastern Colombia and Western Venezuela. Université De Liège, Faculté de Sciences Département de Géologie. 195 p.

Petrobras S.A., 2004. Reporte Final Pozo Guando 73. 131 p.

Petters, V. 1954. Tertiary and Upper Cretaceous Foraminifera From Colombia. En Julivert M., Lexique Stratigraphique, Centre National de la Recherche Scientifique, 570 p.

Porta, J. de., 1965. La Estratigrafía del Cretácico Superior y Terciario en el Extremo S del Valle Medio del Magdalena. En Julivert M., Lexique Stratigraphique, Centre National de la Recherche Scientifique, 570 p.

Powell, A.J., Dodge, J.D., & Lewis, J., 1990. Late Neogene to Pleistocene Palynological Facies of the Peruvian Continental Margin Upwelling, Leg 112.

Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol. 112, pp. 297 – 231.

R Development Core Team (2008). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Reyes, R. & Osorio, M., 2005. “Reconocimiento Geológico del Piedemonte de la Cordillera Oriental en la Subcuenca de Girardot – Historia Exploratoria de los Campos Guando y Matachines” Informe Petrobras.

Rovira, D., 2006. Arquitectura Estratigráfica de la Formación Areniscas Superiores del Grupo Guadalupe en el Campo Guando – Valle Superior del Magdalena. Memorias IX simposio Bolivariano Exploración Petrolera en Cuencas Subandinas, 7 p.

Rueda, M., 2008. Reporte Palinológico Pozo Tempranillo 1, VSM. Ecopetrol. Informe Interno. 5 p.

Ruiz, O., 1998. Mise en Place des Flores Colombiennes du Maestrichtien au Tertiaire Inferieur: Interet de la palynologie” Diplôme d’études approfondies en paléontologie. Université Pierre et Marie Curie, Paris. 57p.

Sarmiento, G., 1992. Palinología de la Formación Guaduas - Estratigrafía y Sistemática. Boletín Geológico Ingeominas. Vol. 32, pp. 45 – 126.

Sebag, D., Copard, Y., Di-Giovanni, C., Durand, A., Laignel, B., Ogier, S. & Lallier-Verges, E., 2006. Palynofacies as Useful Tool to Study Origin and Transfers of articulate Organic Matter in Recent Terrestrial Environments: Synopsis and Prospects. Earth Sciences Reviews, Vol. 79, pp. 241-259.

Scheibe, R., 1934. Informe Acerca de las Investigaciones en la Región de Tocaima, La Virginia y Girardot. En Julivert, M., *Lexique Stratigraphique*, Centre National de la Recherche Scientifique, 570 p.

Sluijs, A., Pross, J. & Brinkhuis, H., 2005. From Greenhouse to Icehouse; Organic-Walled Dinoflagellate Cysts as Paleoenvironmental Indicators in the Paleogene. *Earth Science Reviews*, Vol. 68, pp. 281–315.

Stille, H., 1938. Estudios Geológicos en la Región del Río Magdalena. En Julivert, M., *Lexique Stratigraphique*, Centre National de la Recherche Scientifique, 570 p.

Toussaint, F.J., 1996. Evolución Geológica de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 242 p.

Traverse, A., 1988. *Paleopalynology*. Academic Press, Nueva York 600 p.

Tyson, R., 1995. *Sedimentary Organic Matter, Organic Facies and Palynofacies* Chapman & Hall, Londres. 597 p.

Van der Hammen, T., 1954. El Desarrollo de la Flora Colombiana en los Períodos Geológicos: Maastrichtiano Hasta Terciario más Inferior. (Una Investigación Palinológica de la Formación Guaduas y equivalentes). *Boletín Geológico*, Vol. 2(1), pp. 49-106.

Van der Hammen, T., 1957. Estratigrafía Palinológica de la Sabana de Bogotá. *Boletín Geológico*, Vol. 2, pp. 187-203.

Van Simaey, S., Munsterman, D., & Brinkhuis, H., 2005. Oligocene Dinoflagellate Cyst Biostratigraphy of the Southern North Sea Basin. *Review of Palaeobotany and Palynology*, Vol. 134, pp. 105– 128.

Velásquez, M., 2001. Las Palinofacies Como Indicadores de Discontinuidades Estratigráficas en la Cuenca de los Llanos. Universidad Eafit. Medellin. 120 p.

Yepes, O., 2001. Maastrichtian – Danian Dinoflagellate Cyst Biostratigraphy and Biogeography From Two Equatorial Sections in Colombia and Venezuela. *Palynology*, Vol. 25, pp. 217–249.

# **ANEXOS**

**Anexo 1: Clasificación de partículas de composición orgánica propuesta**  
**Oboh-Ikuenobe et al, (2005)**

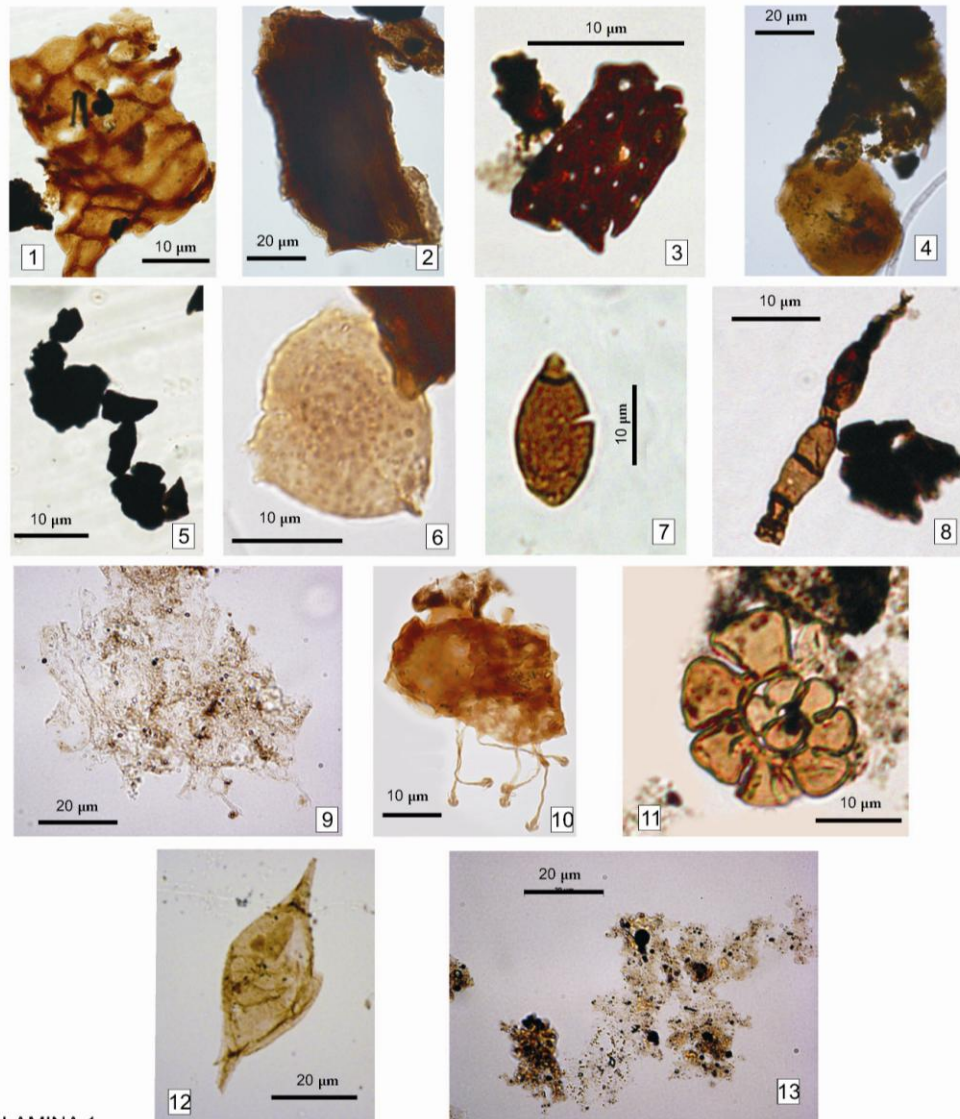
- **Fitoclastos estructurados:** restos estructurados de plantas terrestres como cutículas, fragmentos de madera, corteza y en general fragmentos con una estructura celular o forma definida (Lamina 1, microfotografías 1 – 3).
- **Fitoclastos no estructurados:** Restos de plantas terrestres altamente degradados y sin una estructura identificable. Esta categoría también incluye restos de ámbar y resinas (Lamina 1, microfotografía 4).
- **Fragmentos opacos:** Partículas oscuras, generalmente angulares, de origen continental (Lamina 1, microfotografía 5).
- **Palinomorfos continentales:** Granos de polen y esporas provenientes de plantas terrestres (Lamina 1, microfotografía 6).
- **Restos de hongos:** esporas de hongo, hyphae y mycelia (Lamina 1, microfotografía 7, 8).
- **Algas de agua dulce:** algas como *Pediastrum*, *botryococcus*, y *Azolla*. Esta última corresponde a una macroespora de un helecho de agua dulce, pero se agrupa en esta categoría debido a su afinidad acuática (Lamina 1, microfotografía 9, 10).
- **Palinomorfos marinos:** En esta categoría se agrupan dinoflagelados, acritarcos y foram linings (Lamina 1, microfotografía 11, 12).
- **Materia Orgánica Amorfa (M.O.A):** material sin estructura ni forma definida, con colores que varían de marrón claro a amarillo claro Lamina 1, microfotografía 13).

**Anexo 2: Tabla de Conteo de partículas de composición orgánica del intervalo analizado.**

<b>Profundidad (Pies)</b>	<b>FITOCRASTOS estructurados</b>	<b>Fragmentos opacos</b>	<b>PALINOMORFOS continentales</b>	<b>Restos de hongos</b>	<b>FITOCRASTOS FITO estructurados</b>	<b>Algas de agua dulce</b>	<b>M.O.A.</b>	<b>Palinomorfos marinos</b>
<b>2328.00</b>	127	146	2	3	12	0	10	0
<b>2359.00</b>	80	199	1	0	7	0	13	0
<b>2389.00</b>	100	172	1	2	12	1	12	0
<b>2449.60</b>	163	94	9	9	10	1	14	0
<b>2464.30</b>	174	89	2	0	11	0	24	0
<b>2471.00</b>	176	78	0	0	19	0	27	0
<b>2477.80</b>	158	104	10	2	16	0	9	1
<b>2486.20</b>	100	76	7	0	12	0	105	0
<b>2489.00</b>	93	64	4	1	16	2	120	0
<b>2503.00</b>	30	56	1	1	4	4	204	0
<b>2517.20</b>	116	110	10	2	52	2	7	1
<b>2528.00</b>	70	70	2	0	3	0	155	0
<b>2547.00</b>	118	121	5	6	42	1	6	1
<b>2561.12</b>	203	14	5	3	55	0	20	0
<b>2569.50</b>	255	12	0	0	28	0	5	0
<b>2574.80</b>	174	66	9	4	27	0	20	0
<b>2576.00</b>	187	64	6	3	14	0	21	5
<b>2582.00</b>	145	72	7	1	62	0	13	0
<b>2589.40</b>	95	112	17	2	57	0	11	6
<b>2602.60</b>	238	46	1	0	13	0	2	0
<b>2619.00</b>	96	56	3	0	106	0	38	1

<b>2659.70</b>	30	21	1	0	53	0	191	4
<b>2671.20</b>	31	24	0	0	45	0	192	8
<b>2690.00</b>	2	1	1	0	27	0	251	18
<b>2719.70</b>	2	1	0	0	48	0	240	9
<b>2735.00</b>	7	4	1	0	49	0	238	1
<b>2741.00</b>	2	0	0	0	47	0	250	1
<b>2748.00</b>	74	49	2	0	79	0	95	1

Anexo 3. Microfotografías de algunos palinomorfos reportados.



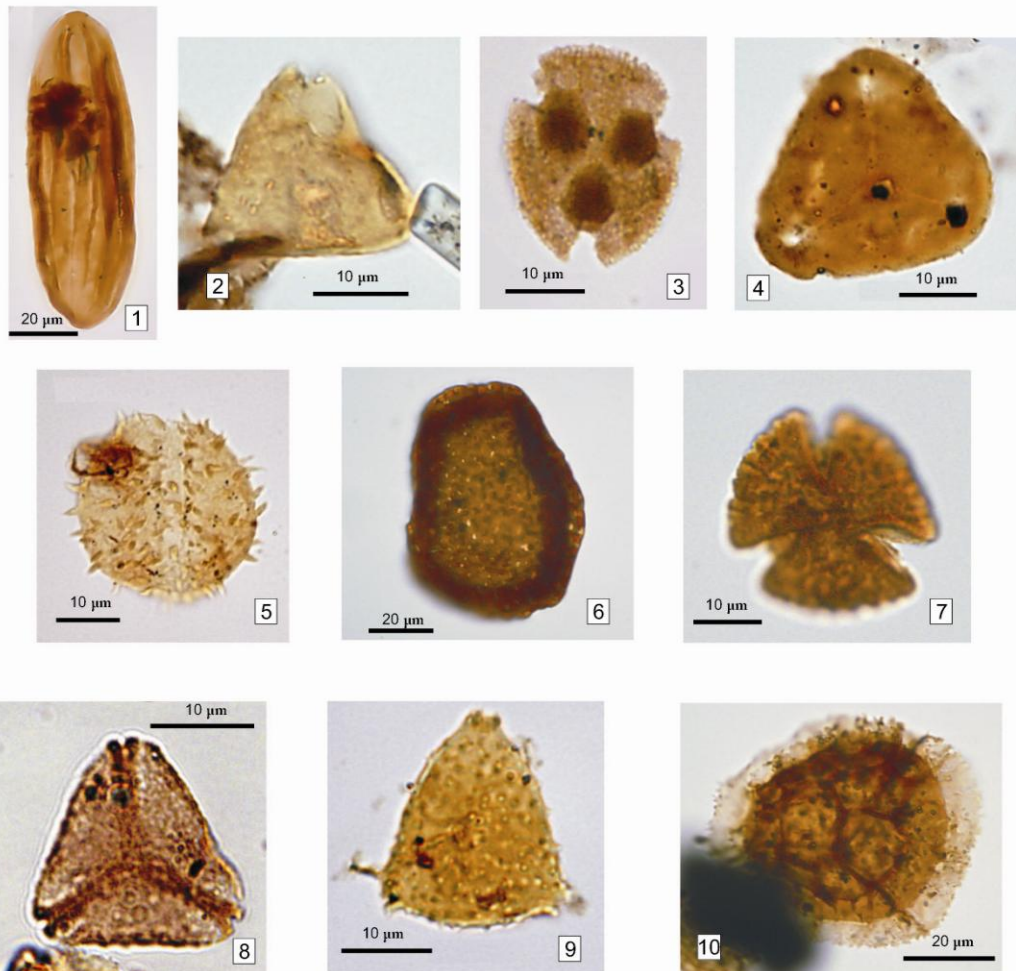
LAMINA 1

- 1) Fitoclasto estructurado (cutícula). Muestra 2547'
- 2) Fitoclasto estructurado (madero). Muestra 2328'
- 3) Fitoclasto estructurado (madero con parenquimas). Muestra 2569.5'
- 4) Fitoclastos no estructurados (ámbar y material degradado). Muestra 2503'
- 5) Fragmentos opacos. Muestra 2503'
- 6) Palinomorfo continental (*Echitriporites suescae*). Muestra 2517.2' Coordenada England Finder: F14
- 7) Espora de hongo. Muestra 2477.8'
- 8) Resto de hongo (hyphae). Muestra 2569.5'
- 9) Alga de agua dulce (*Pediastrum?*) Muestra 2503' Coordenada England Finder: K23
- 10) Alga de agua dulce (*Azolla* sp). Muestra 2547' Coordenada England Finder: F41-1
- 11) Palinomorfo marino (foram lining). Muestra 2574' Coordenada England Finder: Q44
- 12) Palinomorfo marino (dinoflagelado *Andalusiella* sp.). Muestra 2576' Coordenada England Finder: K23-1
- 13) Materia Orgánica Amorfa. Muestra 2735'



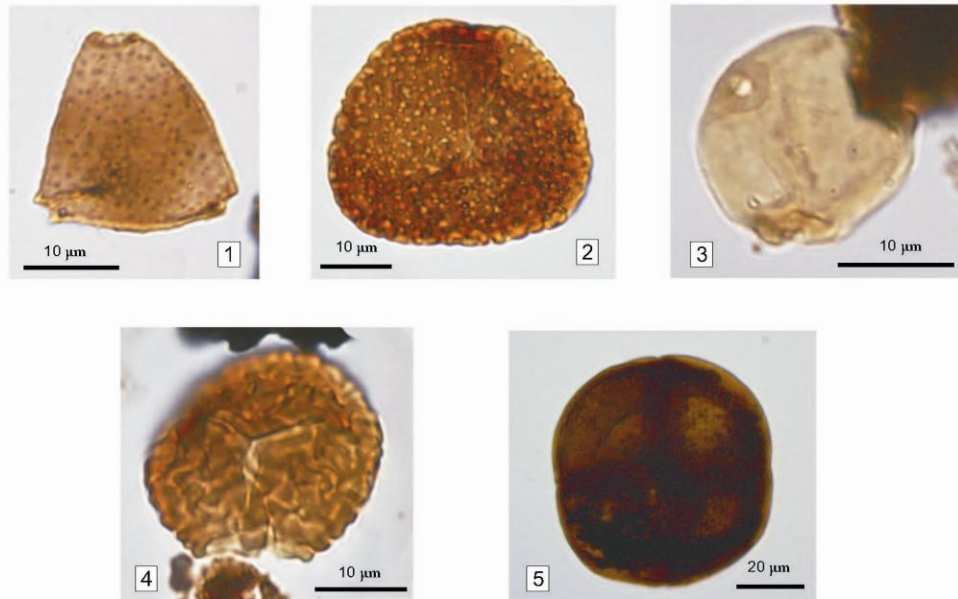
LAMINA 2 (Espromorfos)

- 1) *Ariadnaesporites spinosus* (Hills, 1967). Muestra 2486.2'. Coordenada England Finder: H34
- 2) *Spinizonocolpites baculatus* (Muller, 1968). Muestra 2748'. Coordenada England Finder: V51-1
- 3) *Buttinia andreevi* (Boltenhagen, 1967). Muestra 2574.8'. Coordenada England Finder: Q56-4
- 4) *Colombipollis tropicalis* (Sarmiento, 1992). Muestra 2477.8'. Coordenada England Finder: N31-1
- 5) *Psilastephanocolporites daportae* (Herngreen, 1975). Muestra 2477.8'. Coordenada England Finder: W41-3
- 6) *Duplotriporites ariani* (Sarmiento, 1992). Muestra 2489'. Coordenada England Finder: F45
- 7) *Araucariacites* sp. Muestra 2576'. Coordenada England Finder: P57-4
- 8) *Echitriletes "intercolensis"* (Informal ICP). Muestra 2576'. Coordenada England Finder: E17-1
- 9) *Gabonisporites vigourouxii* (Boltenhagen, 1967). Muestra 2561.12'. Coordenada England Finder: O45-2



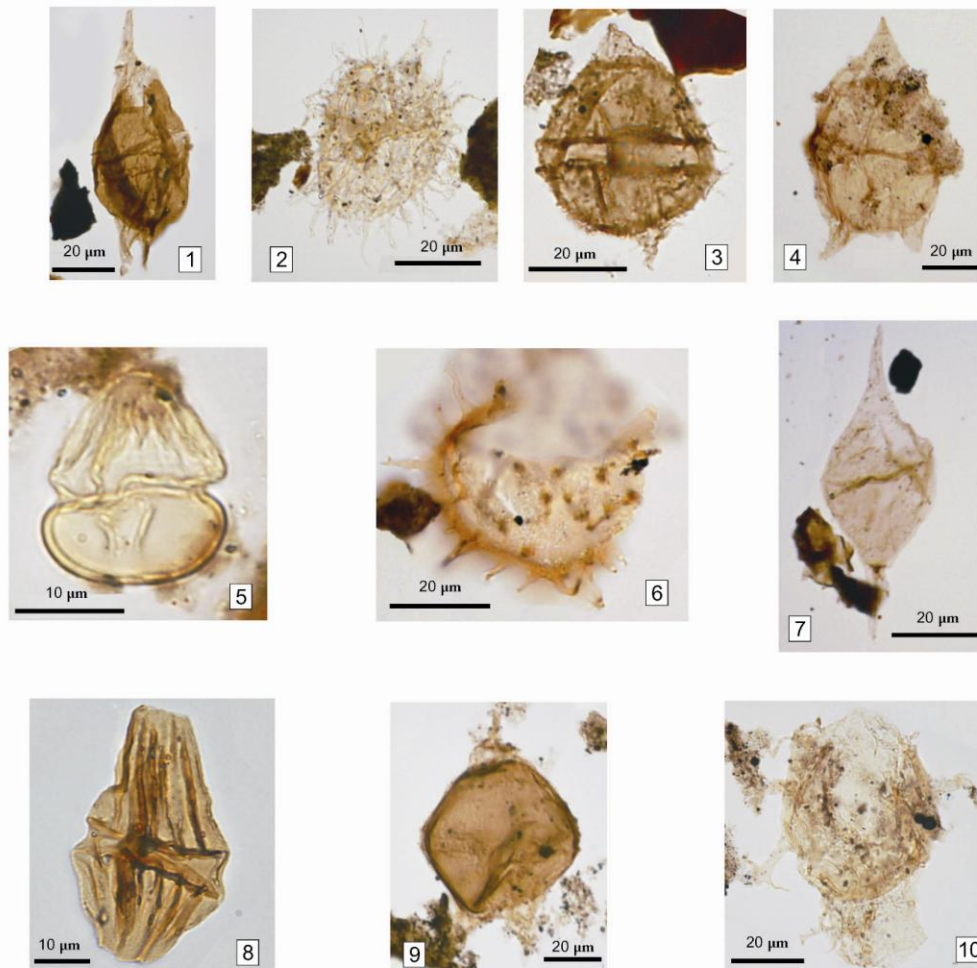
LAMINA 3 (Esporomorfos)

- 1) *Ephedripites* sp. Muestra 2477.8' Coordenada England Finder: E29-2
- 2) *Proteacidites* sp. Muestra 2574.8' Coordenada England Finder: V44-4
- 3) *Horniella* sp. Muestra 2589.4' Coordenada England Finder: G56-4
- 4) *Syndemihexaporotricolpites "microreticularis"* (Informal ICP). Muestra 2486.2' Coordenada England Finder: N15-4
- 5) *Echimonocolpites protofranciscoi* (Sarmiento, 1992). Muestra 2489' Coordenada England Finder: U14-4
- 6) *Proxapertites humberoides* ((Van der Hammen, 1954) Sarmiento, 1992). Muestra 2589.4' Coordenada England Finder: O14-1
- 7) *Rugotricolpites "guariquiensis"* (Informal ICP). Muestra 2576' Coordenada England Finder: Y17-1
- 8) *Syncolporites* sp. Muestra 2449.6' Coordenada England Finder: K50-3
- 9) *Echitriporites trianguliformis* (Van Hoeken Klinkenberg, 1964). Muestra 2574.8' Coordenada England Finder: R58-1
- 10) *Zlivisporis blanensis* (Pactova, 1961). Muestra 2449' Coordenada England Finder: P10



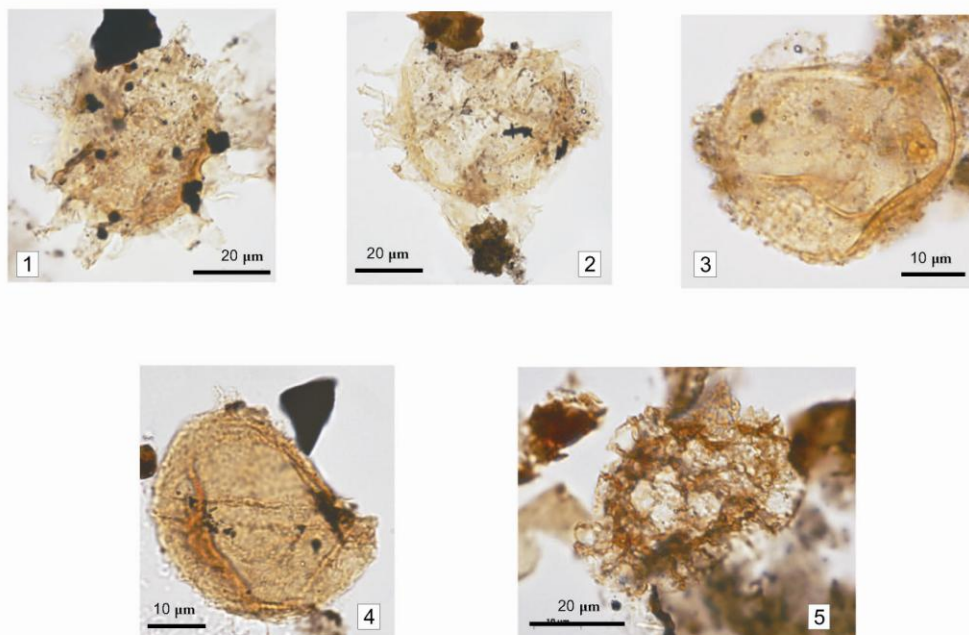
LAMINA 4 (Esporomorfos)

- 1) *Echitriporites suescae* (van der Hammen, 1954). Muestra 2517.2' Coordenada England Finder: M40
- 2) *Foveotriletes margaritae* ((Van der Hammen, 1954) Germeraad et al., 1968). Muestra 2517.2' Coordenada England Finder: M9-4
- 3) *Cricotriporites guianensis* (Leidelmeyer, 1966). Muestra 2449.6' Coordenada England Finder: P58-2
- 4) *Hamulatisporis caperatus* ((van Hoeken-Klinkenberg, 1964) Schrank 1994). Muestra 2517.2' Coordenada England Finder: K11
- 5) *Magnotetradites magnus* ((van der Hammen, 1954) van der Hammen and Garcia, 1966). Muestra 2576' Coordenada England Finder: L23



LAMINA 5 (Quistes de dinoflagelados)

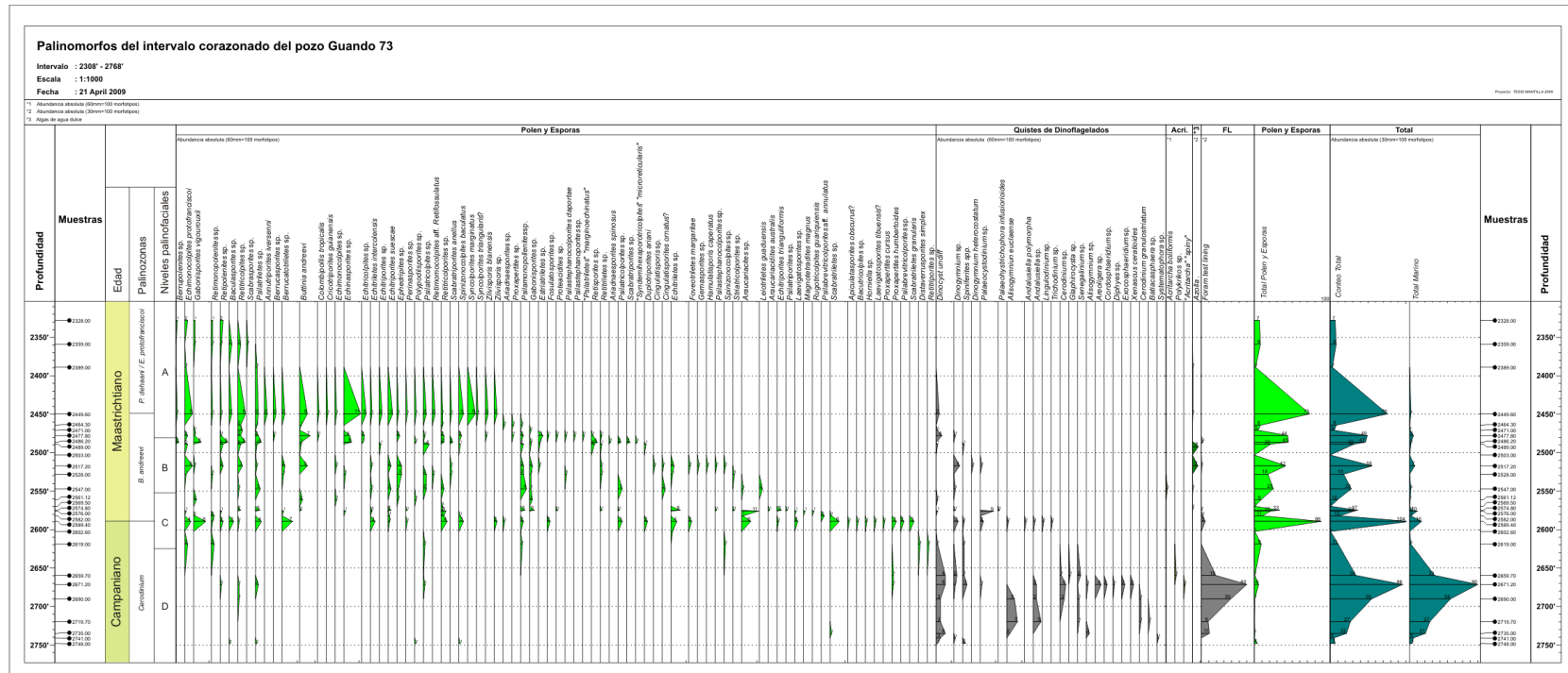
- 1) *Cerodinium* sp. Muestra 2671.2' Coordenada England Finder: P9-4
- 2) *Exochosphaeridium* sp. Muestra 2671.2' Coordenada England Finder: E9-1
- 3) *Palaeohystrichophora infusorioides* (Deflandre, 1943). Muestra 2574.8' Coordenada England Finder: P48-4
- 4) *Senegalinium* sp. Muestra 2659.7 Coordenada England Finder: Q12
- 5) *Alisogymnium euclaense* (Cookson and Eisenack, 1970a) Lentin and Vozzhennikova, 1990). Muestra 2690' Coordenada England Finder: L9
- 6) *Systematophora* sp. Muestra 2741 Coordenada England Finder: L29-3
- 7) *Andalusiella polymorpha* ((Malloy 1972) Lentin & Williams 1977). Muestra 2589' Coordenada England Finder: N31
- 8) *Dinogymnium heterocostatum* (Deflandre 1936b). Muestra 2517.2' Coordenada England Finder: U13-3
- 9) *Cerodinium granulostriatum* ((Jain and Millepie, 1973) Lentin and Williams, 1987)). Muestra 2719.7' Coordenada England Finder: N53-3
- 10) *Xenascus ceratioides* ((Deflandre 1937) Lentin and Williams 1973). Muestra 2671.2' Coordenada England Finder: Y54-2



LAMINA 6 (Quistes de dinoflagelados)

- 1) *Cordosphaeridium* sp. Muestra 2671' Coordenada England Finder: O44-3
- 2) *Diphyes* sp. Muestra 2671' Coordenada England Finder: F49-4
- 3) *Batiacasphaera* sp. Muestra 2719.7' Coordenada England Finder: J12
- 4) *Trichodinium* sp. Muestra 2589,4' Coordenada England Finder: Q58-2
- 5) *Polykrikos* sp. (Acritarco) Muestra 2659.7' Coordenada England Finder: L15

## Anexo 4. Carta de distribución de los palinomorfos presentes en el intervalo analizado.



# Anexo 5. Columna estratigráfica del intervalo corazonado del pozo Guando 73.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL INTERVALO CORAZONADO DEL POZO GUANDO 73

