

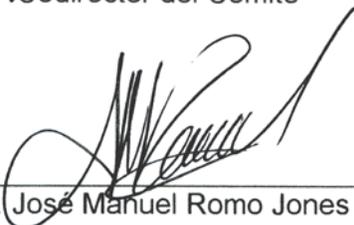
Tesis defendida por
Rosa María Carrillo Berumen
y aprobada por el siguiente Comité



Dr. Javier Helenes Escamilla
Codirector del Comité



Dra. Mirta Elena Quattrocchio
Codirector del Comité



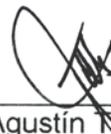
Dr. José Manuel Romo Jones
Miembro del Comité



Dr. Jesús Arturo Martín Barajas
Miembro del Comité



Dra. Elena Solana Arellano
Miembro del Comité



Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte
Miembro del Comité



Dr. Antonio González Fernández
Coordinador
Programa de Posgrado en
Ciencias de la Tierra



Dr. David Hilaro Covarrubias Rosales
Director
Dirección de Estudios de Posgrado

22 de marzo de 2013

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DE ENSENADA**



Programa de Posgrado en Ciencias
en Ciencias de la Tierra

Palinoprovincias del Paleógeno
en áreas templadas y tropicales

Tesis

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Doctor en Ciencias

Presenta:

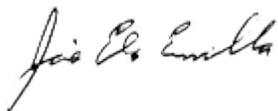
Rosa María Carrillo Berumen

Ensenada, Baja California, México
2013

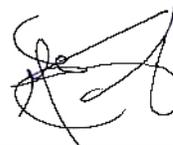
Resumen de la tesis de Rosa María Carrillo Berumen, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de Doctor en Ciencias en Ciencias de la Tierra con orientación en Geología.

Palinoprovincias del Paleógeno en áreas templadas y tropicales

Resumen aprobado por:



Dr. Javier Helenes Escamilla



Dra. Mirta Elena Quattrocchio

Se presenta el análisis palinológico de dos secciones estratigráficas en áreas paleógenas, una templada en el sur de Chile y otra tropical en el sur de Nigeria. El área templada se encuentra en Punta Prat, ubicada en el sur de la cuenca de Magallanes/Austral, Chile. La sección de esta localidad incluye las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca. El área tropical está localizada en el estado de Ondo al suroeste de Nigeria, África, donde se perforo el pozo exploratorio Araromi-1. Aquí, la columna estratigráfica perforada representa a la Formación Oshosun de la cuenca Dahomey. Las asociaciones palinológicas en ambas áreas están dominadas por dinoflagelados, acompañados de taxa continentales, lo que indica paleoambientes marinos de plataforma interna a externa, con influjo de terrígenos. Los rangos estratigráficos de los dinoflagelados observados permiten asignar una edad desde Paleoceno tardío hasta Eoceno medio a los estratos de Punta Prat y desde Maastrichtiano Tardío hasta Eoceno temprano para el pozo Araromi-1. Las asociaciones de palinomorfos continentales reflejan cambios globales como el calentamiento del Eoceno, reflejado en la presencia de formas de clima húmedo cálido en el suroeste de Nigeria (Araromi-1), y en la distribución de taxa subtropicales como *Nothofagidites* tipo *brassii* al sur de Chile (Punta Prat). Ambas áreas contienen estratos del Paleoceno tardío y del Eoceno temprano y los conjuntos de dinoflagelados observados en este intervalo reflejan de manera simultánea cambios globales. Sin embargo, sus historias biogeográficas son marcadamente diferentes en detalle. Entre aquellos del sur de Chile solo se encontraron especies de agua fría-templada, mientras que los de Nigeria contienen especies de aguas cálidas-templadas. En los estratos del Araromi-1 el calentamiento del MTPE se reconoce por la presencia del acmé de *Apectodinium homomorphum*. Mientras que la ausencia del mismo en Punta Prat indica un posible hiato regional de bajo ángulo en el límite Paleoceno-Eoceno. Cambios en la relación de palinomorfos marinos/continentales, en ambas áreas, indican un sistema transgresivo durante el Paleoceno tardío, seguido de un sistema regresivo a principios del Eoceno temprano. En Punta Prat y en el suroeste de Nigeria se observa predominancia de dinoflagelados autótrofos durante el Eoceno temprano, lo cual sugiere condiciones de poca turbulencia y calentamiento, como es de esperar con las condiciones climáticas que han sido descritas como características del MTPE. En Punta Prat los palinomorfos continentales indican la presencia de un bosque de clima húmedo templado a cálido, dominado por Podocarpácea, Proteácea y Nothofagáceae, así como abundantes helechos de las familias Schizaeaceae, Polypodiaceae y Dicksoniaceae. En forma generalizada, esta sección refleja una tendencia transgresiva del Paleoceno al Eoceno medio que provocó la disminución de humedales en las tierras

aledañas. Aquí mismo, la distribución de dinoflagelados autótrofos y heterótrofos indican periodos de mayor o menor turbulencia probablemente causadas por paleosurgencias. En esta localidad, durante el intervalo Paleoceno tardío dominan los peridinioideos lo que indica una mayor productividad primaria por surgencia. Además, la abundante presencia de palinomorfos continentales sugiere que esta zona de turbulencia se asocia probablemente con flujos hiperpícnicos.

Palabras clave: **Chile, Cuenca Magallanes/Austral, Punta Prat, Chorrillo Chico, Agua Fresca, África, Dahomey, Araromi-1, Paleógeno, Paleoecología, Palinomorfos, Dinoflagelados.**

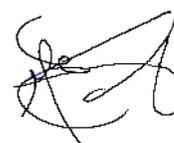
Abstract of the thesis presented by Rosa María Carrillo Berumen as a partial requirement to obtain the Master or Doctor in Science degree in Earth Science with orientation in Geology.

Paleogene Palinoprovinces in temperate and tropical areas

Abstract approved by:



Dr. Javier Helenes Escamilla



Dra. Mirta Elena Quattrocchio

The palynological analysis of two Paleogene areas is presented, one is temperate and the other is tropical. The temperate area is located in Punta Prat, located in the southern part of the Magallanes/Austral basin, Chile. The section in this locality includes the Chorrillo Chico and Agua Fresca formations. The tropical area is located in the state of Ondo, southwestern Nigeria, where the Araromi-1 well was perforated. In this locality, the stratigraphic column drilled represents the Oshosun Formation, in the Dahomey Basin. The palynological associations in both areas are dominated by dinoflagellates, together with continental forms, indicating inner to middle neritic environments of deposition with terrigenous influx. Stratigraphic ranges of the dinoflagellates observed allow to assign an age from late Paleocene to middle Eocene to the strata in Punta Prat, and from Late Maastrichtian to early Eocene to the Araromi-1 well. Assemblages of continental palynomorphs reflect global changes such as the warming of the Eocene climate, reflected in the presence of warm-humid forms in southwestern Nigeria (Araromi-1), and in the distribution of subtropical taxa such as *Nothofagidites* of the *brassii* type in southern Chile (Punta Prat). Both areas contain strata of late Paleocene and early Eocene ages, and the dinoflagellate assemblages observed in this interval reflect simultaneous global changes. However, details of their biogeographic histories are quite different. Among the southern, temperate assemblages from Chile cold-temperate taxa were found, while those in Nigeria contain warm-temperate species. Changes in the marine/continental palynomorph ratio in both areas indicate a transgressive trend during late Paleocene times, followed by a regressive one in the early Eocene. In the strata from Araromi-1, the PETM warm event is recognized by the presence of *Apectodinium homomorphum*. However, the absence of this species in Punta Prat indicates a regional hiatus observed in the Paleocene-Eocene boundary. In both Punta Prat and southwestern Nigeria, there is a dominance of autotrophic dinoflagellates during early Eocene times, suggesting low turbulence and warming, which would be expected with the conditions that have been proposed for the PETM. In Punta Prat the continental palynomorphs indicate the presence of a temperate to warm, humid forest dominated by Podocarpaceae, Proteaceae and Nothofagaceae, as well as abundant ferns of the Schizaeaceae, Polypodiaceae and Dicksoniaceae families. In general, this section reflects a transgressive trend from Paleocene to Eocene times, causing the loss of wetlands in the adjoining lands. In this same locality, the distribution of autotrophic and heterotrophic dinoflagellates indicates periods of increased primary productivity probably caused by upwelling. Also, the abundance of continental

palynomorphs suggests that this upwelling area was probably complemented by hyperpicnic flows.

Keywords: Chile, Magallanes/Austral Basin, Punta Prat, Chorrillo Chico, Agua Fresca, Africa, Dahomey, Araromi-1, Paleogene, Palaeoecology, palynomorphs, Dinoflagellates.

Dedicatoria

*A mi amor Julio Cesar Magallanes Appignanesi
Nuestro amor es tan bonito que tenía que ser real
R.M.C.B.*

Agradecimientos

A mis directores de tesis, Dr. Javier Helenes Escamilla, por ser un gran maestro, gracias por guiarme y apoyarme durante mi formación académica y en la realización de esta tesis. De manera muy especial agradezco a la Dra. Mirta Elena Quattrocchio por su apoyo incondicional en el desarrollo de esta tesis y durante mi estancia en la UNS, por su amistad y profesionalismo mi más sincera admiración.

A los miembros de mi Comité de Tesis: Dr. José Manuel Romo Jones, Dr. Jesús Arturo Martín Barajas, Dra. Elena Solana Arellano, Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte, por su apoyo y comentarios tan acertados durante la realización de esta investigación.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), por las facilidades y el apoyo económico brindados.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca con número de registro 100810, otorgada para la realización de mis estudios de posgrado.

A la Universidad Nacional del Sur (UNS), por las facilidades y el apoyo brindado.

Agradezco a Marthita Barrera, Mary Carmen Pérez, Quim. Ivonne Best, M.C. Dolores Sarracino, Citlali Romero y Norma Fuentes por su apoyo y amistad durante todos estos años.

Al L.C.C. José Mojarro B., Edna Collins y Julio Magallanes por su apoyo técnico.

A mis compañeros de la división de Ciencias de la Tierra, a todos Ustedes muchas gracias.

A mis compañeras de la UNS, Lauris, Silvia y Ely (eres única) gracias por hacerme sentir en casa.

A Dianita Pérez gracias por tu amistad y grandes logros comparticos.

A mi gran amigo y compañero de cubo Orlando Terán por tu alegría y entusiasmo, mejor compañía no pude tener.

A los seres que endulzan y alegran mi vida, a mi pequeña pero gran familia.

A mi Madre, por enseñarme que el camino correcto es difícil pero valioso, y que la vida tiene sentido si se vive con amor y alegría.

Y agradezco a mi esposo Julio Cesar Magallanes gracias por tu amor y apoyo incondicional. No imagino la vida sin ti.

Contenido

	Página
Resumen en español	i
Resumen en inglés	iii
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Lista de figuras	xi
Lista de tablas	xiii
Capítulo I. Introducción	1
I.1. Hipótesis de trabajo	3
I.2. Objetivos	3
I.2.1. Objetivo general	3
I.2.2. Actividades específicas	3
I.3. Área de Estudio	4
Capítulo II. Generalidades de palinomorfos	5
II.1. Dinoflagelados	6
II.2. Palinomorfos continentales	8
II.2.1. Esporas	9
II.2.2. Granos de Polen	9
Capítulo III. Materiales y Métodos	9
III.1. Procesamiento y análisis palinológico	9
III.1.1. Procesamiento y análisis palinológico (Punta Prat)	9
III.1.2. Procesamiento y análisis palinológico (pozo Araromi-1)	10
III.2. Conteos totales y riqueza de palinomorfos	10
III.3. Índices de diversidad	11
III.3.1. Índice de Shannon	11
III.3.2. Índice de Simpson	12
III.3.3. Índice de Equitabilidad	12
III.3.4. Prueba de Hutcheson	13
III.3.5. Coeficiente de Similitud de Jaccard	13
III.4. Índices Palinológicos	13
III.4.1. Índice Palinológico Marino (IPM)	13
III.4.2. Índice Dinoflagelados Autótrofos (IDA)	14
III.4.3. Índice de Paludales (IPAL)	15
III.5. Distribución Estratigráfica de Palinomorfos	15
III.6. Secuencias estratigráficas	15
III.6.1. Edad consenso	16
III.7. Análisis Estadístico	16
III.7.1. Análisis de clusters	17
III.7.2. Análisis de Componentes Principales	17
III.7.3. Análisis de Factores	18
III.7.4. Escalado multidimensional	18
III.8. Mapas	18
Capítulo IV. Área paleógena templada	18
IV.1. Ubicación	18
IV.2. Marco Geológico	19
IV.2.1. Estratigrafía del Paleógeno en Punta Prat	21

IV.2.2.1. Formación Chorrillo Chico	22
IV.2.2.2. Formación Agua Fresca	23
IV.3. Resultados	23
IV.3.1. Conteos totales y riqueza de palinomorfos	23
IV.3.2. Grupos palinomorfos en Punta Prat	26
IV.3.2.1. Grupos palinomorfos marinos	26
IV.3.2.1.1. Dinoflagelados autótrofos y heterótrofos	26
IV.3.2.2. Grupos palinomorfos continentales	29
IV.3.2.2.1. Esporas	29
IV.3.2.2.2. Gimnospermas	29
IV.3.2.2.3. Angiospermas	29
IV.3.2.2.4. Taxa paludales	30
IV.3.2.3. Asociaciones palinológicas continentales	32
IV.3.2.3.1. Agrupamiento y similitud de Punta Prat	32
IV.3.2.3.2. Agrupamiento y similitud de las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca	34
IV.3.3. Distribución Estratigráfica de Palinomorfos	36
IV.3.3.1. Rangos Bioestratigráficos de Palinomorfos	37
IV.3.3.2. Edad consenso	38
IV.3.4. Índices palinológicos de Punta Prat	39
IV.3.4.1. Índices IPM e IPAL de Punta Prat	39
IV.3.4.2. Índice IPM y secuencias estratigráficas	40
IV.3.4.3. Índice Dinoflagelados Autótrofos (IDA)	42
IV.3.5. Análisis Estadístico	43
IV.3.5.1. Análisis de Componentes Principales (ACP)	43
IV.3.5.2. Análisis de Factores (AF)	45
IV.3.5.3. Escalado multidimensional (MDS)	47
IV.4. Discusiones	47
Capítulo V. Área paleógena tropical	59
V.1. Ubicación	59
V.2. Marco Geológico	59
V.2.1. Estratigrafía del Paleógeno de la Cuenca Dahomey	60
V.2.1.1. Estratigrafía del pozo Araromi-1	62
V.3. Resultados	64
V.3.1. Conteos totales y riqueza de palinomorfos	64
V.3.2. Grupos palinomorfos en el pozo Araromi-1	67
V.3.2.1. Grupos palinomorfos marinos	67
V.3.2.1.1. Dinoflagelados autótrofos y heterótrofos	67
V.3.2.2. Grupos palinomorfos continentales	70
V.3.2.2.1. Esporas	70
V.3.2.2.2. Angiospermas	70
V.3.3. Distribución Estratigráfica de Palinomorfos	70
V.3.3.1. Rangos Bioestratigráficos de Palinomorfos	70
V.3.3.2. Edad consenso	73
V.3.4. Índices palinológicos en el pozo Araromi-1	74
V.3.4.1. Índice IPM	74
V.3.4.2. Índice IPM y secuencias estratigráficas	74
V.3.4.3. Índice Dinoflagelados Autótrofos (IDA)	74

V.3.5. Análisis Estadístico	77
V.3.5.1. Análisis de Componentes Principales (ACP)	77
V.3.5.2. Análisis de Factores (AF)	79
V.3.5.3. Escalado multidimensional (MDS)	82
V.4. Discusiones	83
Capítulo VI. Comparación de áreas templada y tropical	87
Capítulo VII. Conclusiones	92
Referencias bibliográficas	94
Anexos	106

Lista de figuras

Figura		Página
1	Distribución climática del Paleógeno y ubicación de las áreas de estudio en el sur de Sudamérica y oeste de África. La leyenda representa los indicadores de las zonas paleoclimáticas de edad paleógena. Ubicación de cuencas. Modificado de Quattrocchio, <i>et al.</i> (2006, p.584); Nton, <i>et al.</i> (2009, p.417).	4
2	Partes principales de los Dinoflagelados. Modificada de Evitt (1985, p.35).	6
3	Ciclo vital de los dinoflagelados. Modificado de Evitt (1985, p.37).	7
4	Desarrollo evolutivo y diversidad de las familias de dinoflagelados a través del tiempo geológico. Modificado de Fensome, <i>et al.</i> (1999, p.68).	8
5	Grano de polen estefanocolpado.	9
6	Mapa de la localidad de Punta Prat, Chile (señalada con estrella roja). La línea punteada indica el límite de la Cuenca Magallanes/Austral. Las líneas rojas representan los límites de placas, las flechas indican el sentido del movimiento de la placa Sudamericana con respecto a la de Escocia, mientras que los triángulos indican el sentido de subsidencia de la placa Antártica.	19
7	Evolución tectónica de la Cuenca Magallanes/Austral. Modificado de Sánchez y Le Roux (2003, p.145).	20
8	Columna estratigráfica compuesta de las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca de Punta Prat, Chile. Las Secuencias estratigráficas tentativas son: Límites de Secuencias (LS), Conjuntos Transgresivos (CT), Conjuntos de Nivel Bajo (CNB), Conjuntos de Nivel Alto (CNA). Modificado de Quattrocchio, (2009, p.144).	21
9	Conteos de taxa, géneros y especies de palinomorfos de Punta Prat.	24
10	Estadística de palinomorfos observados en las muestras de Punta Prat. Los conteos de especímenes están representados en porcentajes y conteos totales. La riqueza de especies; con el valor del Índice de diversidad de Shannon (H'), donde PM representa a los Palinomorfos marinos y PE a los granos de polen y esporas.	25
11	Conteos de quistes de dinoflagelados autótrofos y heterótrofos.	27
12	Conteos absolutos de los granos de polen <i>Nothofagidites</i> tipo <i>brassii</i> , <i>fusca</i> y <i>menziesii</i> .	30
13	Conteos absolutos de palinomorfos paludales.	31
14	A) Mapa de ubicación de Punta Prat y diferentes formaciones y/o localidades argentinas Referencias: (1) Volkheimer <i>et al.</i> , 2007; (2-3), Archangelsky, 1973, 1976; Archangelsky y Romero, 1974; Archangelsky y Zamaloa, 1986; (4-6) Melendi, <i>et al.</i> , 2003; (7-9) Báez, <i>et al.</i> , 1990; Melendi, <i>et al.</i> , 2003; (10-11) Archangelsky, 1972; Romero, 1977; Romero y Zamaloa, 1985; Romero y Castro, 1986. B) Dendograma de agrupamiento (aglomerados) de las asociaciones palinológicas continentales, el Coeficiente de similitud de Jaccard y el programa PAST; modificado de Nández <i>et al.</i> 2009. C) Gráfica del Índice de Shannon de las asociaciones.	33
15	A) Dendograma de agrupamiento (clusters) de las asociaciones palinológicas continentales, el Coeficiente de similitud de Jaccard y el programa PAST; modificado de Nández, <i>et al.</i> 2009. B) Gráfica del Índice de diversidad de Shannon de las asociaciones.	35

16	Índices de palinomorfos. La litología y la posición estratigráfica de las muestras están indicadas en escala vertical. Se muestran los cambios cíclicos en: conteos absolutos de <i>Nothofagidites</i> y Paludales y los IPM (Índices de Palinomorfos Marinos) y de IPAL (Índice de Paludales).	40
17	Índices de palinomorfos. La litología y la posición estratigráfica de las muestras están indicadas en escala vertical. Se muestran los cambios cíclicos en: conteo de palinomorfos continentales y marinos, los IPM (Índices de Palinomorfos Marinos) y las Secuencias estratigráficas: Límites de Secuencias (LS) con línea roja y Superficie de Inundación Máxima (SIM) con línea azul. La ubicación del género <i>Impagidinium</i> de 1 hasta 20 conteos se indica con 1 asterisco (*) y más de 20 conteos se indica con 2 asteriscos (**) azules.	41
18	Índice Dinoflagelados Autótrofos (IDA) y zonas de menor o mayor turbulencia.	42
19	Gráfica de factores con prueba de Scree (Cattell, 1966).	44
20	Porcentaje de la varianza proporcionada por cada conjunto genérico en cada factor. Los números en las barras indican el porcentaje de la varianza proporcionada por cada conjunto genérico en cada factor.	47
21	Mapa producido por el MDS con datos de Punta Prat.	48
22	Localización del pozo Araromi-1 (indicado por la estrella) en la zona este de la Cuenca Dahomey en el sureste de Nigeria. Modificado de Adekeye y Akande, (2010, p.43).	59
23	Etapas paleogeográficas en la separación de África y América del Sur durante el Cretácico. Modificado de Tissot, <i>et al.</i> , (1980, p. 2053).	60
24	Mapa geológico de la cuenca Dahomey. Modificado de Bankole, <i>et al.</i> , (2007, p.31).	61
25	Parte del afloramiento de la Formación Oshosum expuesto en Sagamu al suroeste de Nigeria. Modificado de: Gebhardt, <i>et al.</i> , (2010, p.5).	62
26	Columna estratigráfica compuesta, representa la litología del Cretácico Tardío al Eoceno temprano que atraviesa el pozo Araromi-1.	63
27	Conteos de taxa, géneros y especies de palinomorfos del pozo Araromi-1.	65
28	Conteos totales y riqueza de palinomorfos del pozo Araromi-1.	66
29	Conteos totales y riqueza de palinomorfos marinos del pozo Araromi-1.	68
30	Biozonas y edad consenso	73
31	Índices de palinomorfos. La litología y la posición estratigráfica de las muestras están indicadas en escala vertical. Se muestran los cambios cíclicos en: conteo de palinomorfos continentales y marinos, los IPM (Índices de Palinomorfos Marinos) y las Secuencias estratigráficas: Límites de Secuencias (LS) con línea roja y Superficie de Inundación Máxima (SIM) con línea azul.	75
32	Índice Dinoflagelados Autótrofos (IDA) y zonas de menor o mayor turbulencia.	76
33	Gráfica de factores con prueba de Scree (Cattell, 1966).	78
34	Porcentaje de la varianza proporcionada por cada conjunto genérico en cada factor.	82
35	Mapa producido por el MDS con datos.	83

Lista de tablas

Tabla		Página
1	Índices de diversidad de dinoflagelados autótrofos y heterótrofos. Los valores mas bajos de H'se indican con negritas.	28
2	Coeeficientes de similitud de Jaccard entre diferentes asociaciones palinológicas argentinas y Punta Prat.	34
3	Coeeficientes de similitud de Jaccard entre diferentes asociaciones palinológicas argentinas y las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca.	36
4	Distribución Bioestratigráfica del área templada	38
5	Matriz de correlación de los eigenvalores.	44
6	Proporción de los factores para cada variable, en un sistema rotado (VARIMAX). Las variables que proporcionan el mayor aporte a la varianza (≥ 0.06) seindican en color rojo.	45
7	Conjuntos de géneros de dinoflagelados por factor.	46
8	Índices de diversidad de dinoflagelados autótrofos y heterótrofos. Los valores mas bajos de H'se indican con negritas.	69
9	Bioestratigráfica del pozo Araromi-1.	72
10	Matriz de correlación de los eigenvalores.	79
11	Proporción de los factores para cada variable, en un sistema rotado (VARIMAX). Las variables que proporcionan el mayor aporte a la varianza (≥ 0.06) seindican en color rojo.	80
12	Conjuntos de géneros de dinoflagelados por factor.	81

Introducción

Debido a las diferencias paleofitogeográficas y el reconocimiento de las provincias climáticas a las que pertenecieron los diferentes tipos de microfloras, la palinología permite abordar temas como: deriva continental, evolución paleoambiental y paleoclimática entre otros. Existen numerosos trabajos a nivel mundial, donde se demuestra la importancia de los estudios palinológicos en la interpretación de paleoambientes de depósito y paleoclima (Harland, 1979; Williams y Bujak, 1985; Powell, 1992; Helenes, *et al.*, 1998; Brinkhuis, *et al.*, 1998).

La calibración de los depósitos se realiza a través del Análisis Palinoestratigráfico que permite el establecimiento de estándares bioestratigráficos que son aplicados en la cronocorrelación. Con especial énfasis en los quistes de dinoflagelados.

El análisis palinobiofacial consiste en observar cambios en las asociaciones palinológicas en diferentes facies sedimentarias (Traverse, 1994) de los registros polínicos fósiles provee las evidencias necesarias para reconstruir las comunidades vegetales de una región y a partir de éstas inferir sobre los cambios en ellas a diferentes escalas espaciales y temporales en respuesta a las variaciones ambientales y climáticas.

Numerosos factores influyen en la distribución, tipo y cantidad de los palinomorfos, destacándose la localización del ambiente depositacional, litología del nivel estratigráfico, marco tectónico, fluctuaciones del nivel de agua, paleoclima, paleoproductividad, tasa de sedimentación e historia diagenética de los depósitos analizados (Oboh-Ikuenobe, *et al.*, 1997).

La reconstrucción de las comunidades vegetales del pasado a partir del registro fósil constituye un paso esencial para la reconstrucción de los paleoecosistemas. A este respecto, las distribuciones palinológicas pre-albianas indican similitudes globales, con excepción de diferencias locales menores (Srivastava, 1981). Para el Cretácico Superior, se han reconocido 4 fitogeoprovincias (Srivastava, 1981): 1) Provincia boreal de *Aquilapollenites*, 2) Provincia de *Normapolles*, 3) Provincia ecuatorial de *Constantinispuris*, 4) Provincia austral de *Nothofagus*. Estudios realizados en Sudamérica, indican que las paleogeoprovincias de *Aquilapollenites* y de *Normapolles* (1 y 2) también están presentes en áreas de la parte sur tales como Argentina (Quattrocchio y Volkheimer, 2000) y Chile (Hinojosa y Villagrán, 1997).

La separación África-Sudamérica a través del tiempo geológico es el tipo de eventos que se pretenden comprender mediante el estudio de la evolución comparada de palinofloras globales (Chateauneuf y Reyre, 1979).

Algunos de los estudios de mayor importancia relacionados con la historia de la vegetación de la parte sur de Sudamérica que pueden ser correlacionados (espacial y/o cronológicamente) con Punta Prat, son: Menéndez (1971), Volkheimer (1971), Romero (1978, 1986), Axelrod, *et al.* (1991), Hinojosa y Villagrán (1997) y Villagrán e Hinojosa (1997). La distribución estratigráfica de los esporomorfos del Cretácico Tardío–Oligoceno proviene de diferentes cuencas de Argentina, Chile y Antártica (Ruiz, *et al.* 1999). Mientras que muchos de los palinomorfos continentales del norte de Sudamérica durante el intervalo Cretácico-Terciario, han sido documentados por: Germeraad, *et al.* (1968); Pares-Regali, *et al.* (1974); Lorente (1986) y Muller, *et al.* (1987).

Por otra parte, en diversas investigaciones (Drugg y Stover, 1975; Williams y Bujak, 1985; Wrenn, *et al.*, 1986; Haq, *et al.*, 1988; Powell, 1992; Williams, *et al.*, 1993; Zonneveld, *et al.*, 2001; Marret y Zonneveld, 2003; Williams *et al.*, 2004; Verleye y Louwye, 2010; Zegarra y Helenes, 2011) se estudian los conjuntos de quistes de dinoflagelados y otros palinomorfos marinos (acritarcas, moldes de foraminíferos y escolecodontes). En particular los dinoflagelados constituyen una herramienta de gran utilidad para explicar registros estratigráficos de alta resolución provenientes de áreas marinas, y se ha demostrado la existencia de una estrecha relación entre las asociaciones de quistes de dinoflagelados y las condiciones del agua de mar como: temperatura, salinidad, estacionalidad y extensión de la cubierta de hielo marino, por lo que las variaciones en los registros de los conjuntos de dinoflagelados están en función de cambios oceanográficos y atmosféricos.

La finalidad del presente estudio, es analizar secuencias del Paleoceno-Eoceno del sur de Sudamérica (Chile y Argentina) y oeste de África (Nigeria) para contribuir en la evaluación de las condiciones paleofitogeográficas y calibrar sus edades con quistes de dinoflagelados. Esto permitirá comparar las evoluciones ambientales y climáticas contemporáneas en dos ambientes diferentes, uno de clima templado (sur de Chile, Sudamérica) y otro tropical (oeste de Nigeria, África).

I.1. Hipótesis de trabajo

Desde el Mesozoico, los dinoflagelados reflejan las condiciones oceánico/climáticas al momento de su depositación, por lo que su estudio permite comparar las condiciones ambientales de paleoprovincias biogeográficas diferentes en términos de tiempo equivalentes. Por lo tanto, un estudio palinológico permitirá determinar el grado de similitud entre las historias paleoambientales y paleoclimáticas de las floras del Paleógeno en una área templada (sur de Sudamérica) y una tropical (oeste de África).

I.2. Objetivos

I.2.1. Objetivo general

El objetivo general de este estudio, es comparar las condiciones paleoambientales y paleoclimáticas del Paleógeno en un área templada (sur de Chile) y una tropical (oeste de Nigeria) mediante palinomorfos marinos y continentales. Este objetivo se alcanzará mediante el análisis de la distribución bioestratigráfica de las asociaciones de dinoflagelados, esporas y granos de polen y contenidos en muestras de sedimentos de las áreas estudiadas.

I.2.2. Actividades específicas

Para cumplir con el objetivo general, se realizaron las siguientes actividades:

1. Documentar las asociaciones micropaleontológicas de pared orgánica preservadas en sedimentos paleógenos de Punta Prat, Chile y de del oeste de Nigeria, África. Adicionalmente, se realizará la comparación de las asociaciones palinológicas encontradas en Chile con las asociaciones publicadas de otras formaciones de la Patagonia Extrandina.
2. Realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de la riqueza de los taxa de palinomorfos encontrados.
3. Integrar los resultados bioestratigráficos para determinar líneas isócronas para establecer cronocorrelaciones.
4. Interpretar los paleoambientes y paleoclimas representados en las secciones estudiadas.
5. Comparar las asociaciones palinológicas encontradas en cada localidad estudiada, con las asociaciones publicadas de otras formaciones en sus respectivas regiones.
6. Comparar los cambios paleoclimáticos interpretados para el área Templada (Chile) y con las del área Tropical (Nigeria).

I.3. Área de Estudio.

En esta investigación se analizan asociaciones de palinomorfos provenientes de dos áreas de estudio de edad paleógena: un área templada y una tropical.

El área paleógena templada se localiza al sur de Sudamérica en la Región de Magallanes, Chile, en la localidad Punta Prat ubicada en el sur de la cuenca de Magallanes/Austral, incluye las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca. El área paleógena tropical se localiza en la placa africana, en el estado de Ondo al suroeste de Nigeria, África, donde se perforo el pozo exploratorio Araromi-1, perteneciente a la Formación Oshosun de la cuenca Dahomey, también conocida como cuenca de Benín (Figura 1).

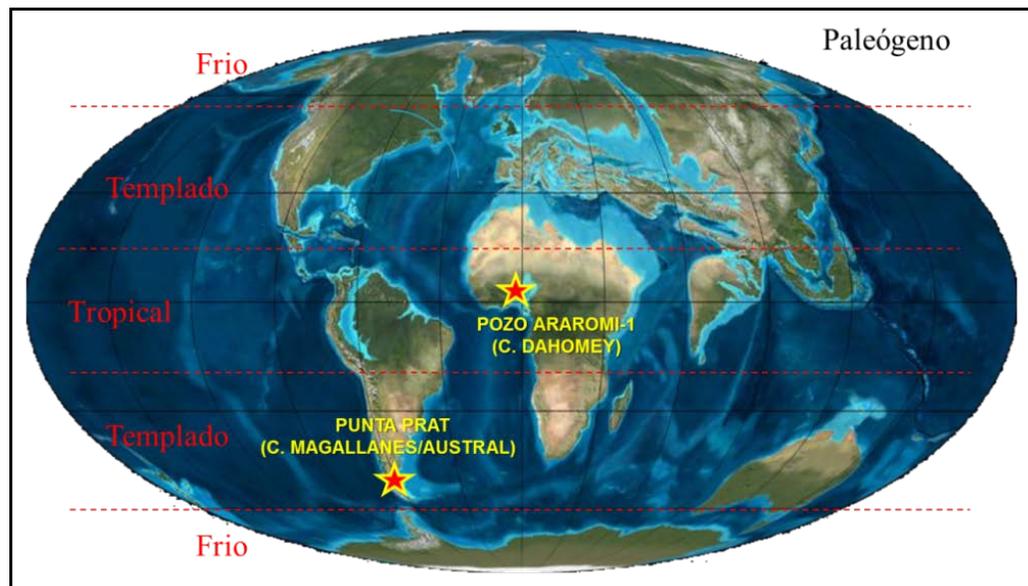


Figura 1. Distribución climática del Paleógeno y ubicación de las áreas de estudio en el sur de Sudamérica y oeste de África. La leyenda representa los indicadores de las zonas paleoclimáticas de edad paleógena. Ubicación de cuencas. Modificado de Quattrocchio, *et al.* (2006, p.584); Nton, *et al.* (2009, p.417).

Capítulo II. Generalidades de palinomorfos

Los tipos de microfósiles analizados en este estudio son las asociaciones de microfósiles denominados palinomorfos. Este grupo de microfósiles es muy diverso y se caracterizan por poseer una pared de composición orgánica (esporopolenina, o dinosporina) muy resistente al ataque por ácidos. Dentro de este grupo se encuentran representantes de organismos marinos tales como los quistes de dinoflagelados, acritarcas, moldes de microforaminíferos, escolecodontes. También se encuentran representantes de ambientes continentales como las esporas, los granos de polen y microplancton de pared orgánica no-marino (ej. algas Zygnemataceae). En el registro fósil los palinomorfos se encuentran desde el Pre-Cámbrico hasta el Reciente, y son muy diversos a partir del Paleozoico Superior.

II.1. Dinoflagelados

Los dinoflagelados son protistas unicelulares de 20 a 200 μm de diámetro, asignados a la División Dinoflagellata (Bütschli, 1885 en Stover y Evitt, 1978, Fensome, *et al.*, 1993) y a la Clase Dinophyceae (Pascher, 1914 en Stover y Evitt, 1978). Actualmente, estos organismos viven en ambientes tanto marinos como de agua dulce. Sin embargo, solamente un 30 % de los marinos construyen estructuras fosilizables. La mayoría de las formas vivientes tienen un estadio planctónico y aproximadamente la mitad son autotróficos (orden Gonyaulacales) y el resto son heterotróficos (orden Peridinales). Los gonyaulacales constituyen una parte importante de la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos (Rochon, *et al.*, 1999). En condiciones con altos contenidos de nutrientes y suficientes horas de luz, los dinoflagelados se reproducen rápidamente, por lo que forman las mareas rojas y son uno de los componentes principales de los florecimientos algales. Estos organismos se caracterizan por poseer dos flagelos desiguales, uno en forma de listón que se enrolla alrededor de la célula, generalmente dentro de una depresión transversal llamada cíngulo; el otro flagelo parece látigo y se extiende hacia la parte posterior de la célula, en una depresión longitudinal denominada sulco (Figura 2). Ambos flagelos se agitan con movimientos ondulatorios, lo que permite el desplazamiento de la célula hacia adelante (lado anterior o apical).

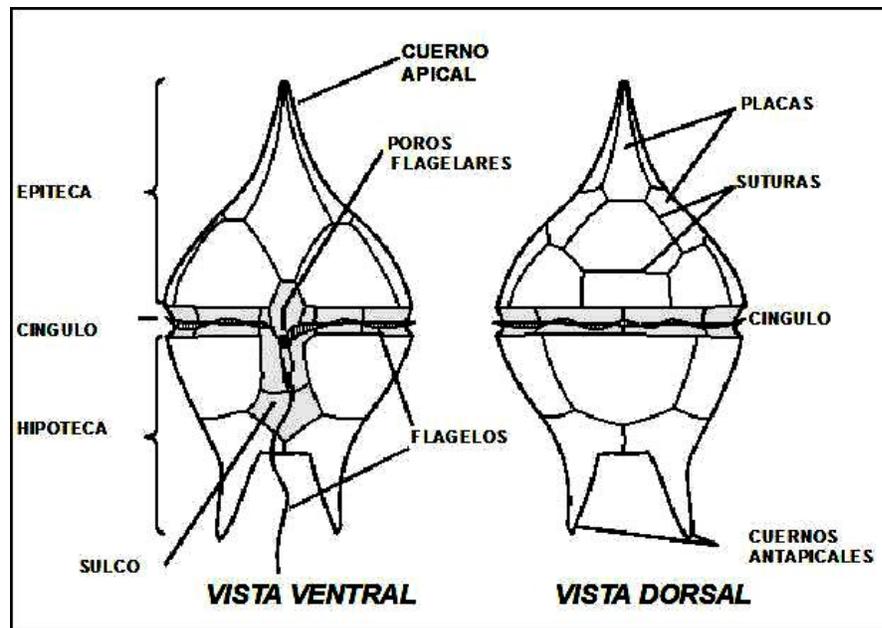


Figura 2. Partes principales de los Dinoflagelados. Modificada de Evitt (1985, p.35).

Tienen dos formas de reproducción: sexual y asexual. Su ciclo vital consiste en dos estadios principales (móvil e inmóvil). En el estadio móvil, la célula está envuelta en una membrana llamada amfiesma, y ocasionalmente forma una estructura celulósica llamada teca generalmente dividida en placas unidas por suturas, que al morir la célula se desintegran por lo tanto no fosiliza. En el estadio inmóvil de algunas especies, la célula se encuentra dentro de un quiste de dinosporina o de reposo, el cual es fosilizable. El quiste de reposo se incorpora al sedimento en donde pasa algunos meses. Cuando la célula recibe la señal adecuada (combinación de térmica, lumínica y química), el protoplasma se libera por una abertura llamada arqueópilo y regresa a su estadio móvil, dejando el quiste depositado en el sedimento (Figura 3).

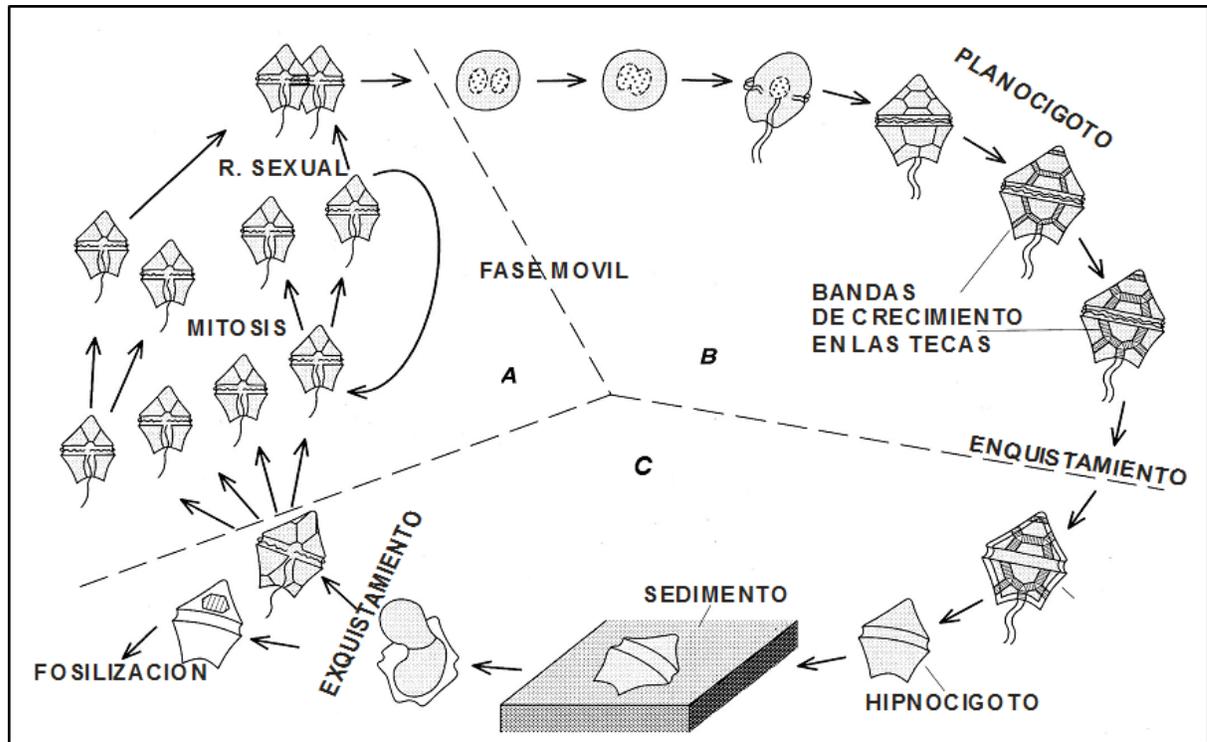


Figura 3. Ciclo vital de los dinoflagelados. Modificado de Evitt (1985, p.37).

Por su diversidad morfológica, su amplia distribución geográfica y sus cambios evolutivos rápidos, son de gran utilidad en estudios bioestratigráficos, paleoambientales y fechamientos. El registro fósil de quistes de dinoflagelados se encuentra en rocas sedimentarias marinas desde el Triásico medio hasta el Reciente (Figura 4).

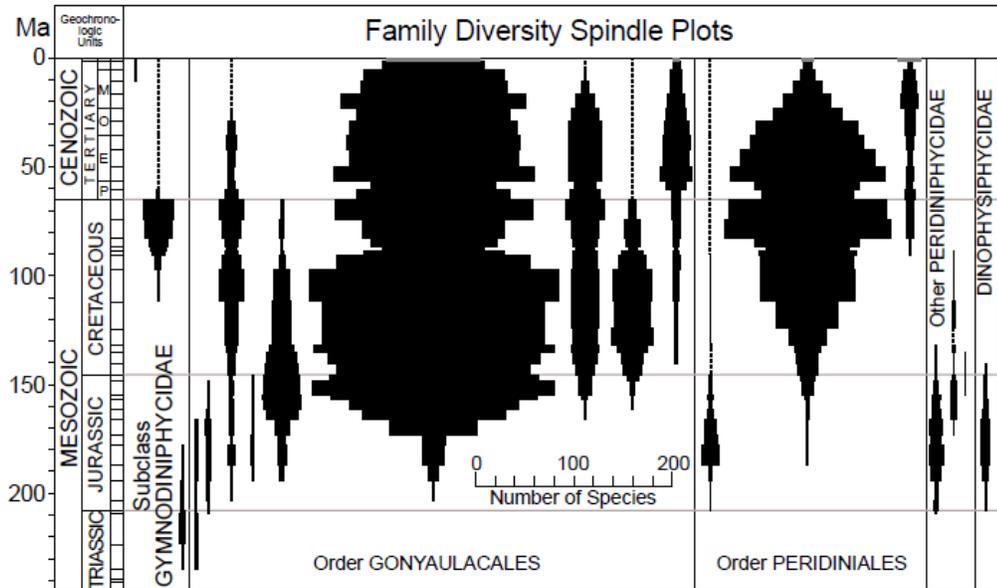


Figura 4. Desarrollo evolutivo y diversidad de las familias de dinoflagelados a través del tiempo geológico. Modificado de Fensome, *et al.* (1999, p.68).

II.2. Palinomorfos continentales

Las esporas y el polen son estructuras reproductivas producidas por especímenes pertenecientes al Reino Plantae, diseñadas para dispersarse y proteger el material genético durante la transportación y antes de la germinación. Su pared está compuesta por esporopolenina, la cual es fosilizable. Su tamaño varía entre 5 y 200 μm (la mayoría entre 20 y 80 μm).

II.2.1. Esporas

Las principales características morfológicas utilizadas para clasificar esporas son: su forma general, el número de cicatrices de sutura o lesuras (trilete y monolete), la estructura de la pared y tipos de escultura de la sexina o pared exterior (Tryon y Lugardon, 1991)

II.2.2. Granos de polen

Los granos de polen son estructuras reproductivas masculinas de las plantas con semillas o fanerógamas; se originan en los estambres de las plantas con flores o angiospermas (orquídeas, pastos, árboles) que aparecieron en el Cretácico temprano, y en las microesporángias de las gimnospermas (coníferas) las cuales se aparecieron desde el Carbonífero. El número de sacos aéreos es una de las principales características para su clasificación, y esta es: mono-, bi- y tri-sacados.

Las características usadas en la clasificación de los granos de polen de angiospermas son: su forma general, la estructura de la pared y su escultura superficial, así como las zonas de debilidad o descarga genética (colpos y/o poros). Dentro de los granos de polen hay un grupo que resulta importante en este estudio, las nothofagaceas. Este grupo produce granos de polen de 4 a 9 colpos (estefanocolpados, Figura 5) y su clasificación depende del engrosamiento de las aberturas de sus colpos lo que permite definir tres tipos de granos de polen del genero *Nothofagidites*: los tipo *fusca*, con un engrosamiento espeso y margo, los *brassi* con un delgado pero continuo espesamiento y los tipo *menziesii*, sin engrosamiento alguno (Romero, 1977). Además existe un grupo de formas exclusivamente fósiles, no ubicables dentro de los tres grupos reconocidos en el polen actual, son agrupadas como *Nothofagidites* “ancestral” (Dettmann, *et al.*, 1990).

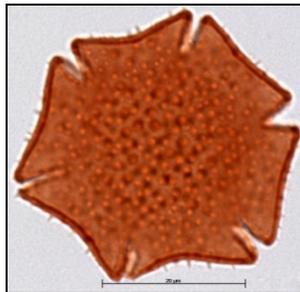


Figura 5. Grano de polen estefanocolpado.

Capítulo III. Materiales y Métodos

III.1. Procesamiento y análisis palinológico

El procesamiento de las muestras seleccionadas para esta investigación se llevó a cabo de acuerdo a la técnica de digestión con ácidos para estudios palinológicos utilizada en cada uno de los laboratorios en donde fueron procesadas, a continuación se describen ambas técnicas y su respectivo análisis microscópico.

III.1.1. Procesamiento y análisis palinológico (Punta Prat)

Se prepararon con el procedimiento estándar de digestión con ácidos para estudios palinológicos del Laboratorio de Palinología de la Universidad de Saskatchewan, Canadá, el cual incluye la digestión sucesiva de carbonatos con ácido clorhídrico (HCl) y silicatos con ácido fluorhídrico (HF). El residuo insoluble se tamiza con malla de 12 μm y la materia orgánica se separó utilizando un líquido pesado (Cl_2Zn , Gravedad Específica = 2.0). La materia orgánica fue

oxidada ligeramente con ácido nítrico (HNO_3) y lavada con hidróxido de Amonio (NH_4OH) y por último el residuo insoluble se fijó con gelatina glicerizada a láminas apropiadas para su estudio al microscopio. Las 21 muestras estudiadas forman parte de las colecciones del Laboratorio de Palinología del Departamento de Geología de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina y están registradas con las siglas UNSP (Punta Prat), seguido del número de muestra de laboratorio (num.) acompañado de letras minúsculas (a, b, etc.) que representan los distintos preparados. En todas las muestras se encontraron palinomorfos, los cuales fueron identificados cuando menos a nivel de género, aunque en la mayoría de los casos se logró la identificación a nivel de especie. El análisis microscópico se realizó con un microscopio Olympus BH-2 y se obtuvieron imágenes de las especies mejor preservadas, mediante una cámara digital Olympus Camedia C-5060. Algunos ejemplares de los taxa más significativos desde el punto de vista paleoecológico se presentan en las Láminas 1 - 3.

III.1.2. Procesamiento y análisis palinológico (pozo Araromi-1)

Las 30 muestras estudiadas del pozo Araromi-1 se prepararon con el procedimiento estándar de digestión con ácidos para estudios palinológicos en el laboratorio de Micropaleontología de la división de Ciencias de la Tierra (CT) del CICESE, mediante la técnica palinológica de digestión con ácidos descrita por Wood, *et al.* (1996), la cual incluye la digestión sucesiva de carbonatos con ácido clorhídrico (HCl) y silicatos con ácido fluorhídrico (HF). El residuo insoluble se tamiza con mallas de 120 y 12 μm ya que en este rango de tamaño es donde se encuentran la mayoría de los Palinomorfos. El residuo tamizado se mezcla con un líquido pesado de Politungstato de Sodio ($3\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 9\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, gravedad específica = 2.0), con el objeto de separar la materia orgánica (M.O.), la cual se fija con gelatina glicerizada a láminas apropiadas para su estudio al microscopio. Las 30 muestras estudiadas forman parte de las colecciones del Laboratorio de Micropaleontología de la división de CT del CICESE y están registradas con el nombre AROMI BH, seguido de las siglas AR y el número de muestra de laboratorio, finalizando con un número de inventario de 9 dígitos. En todas las muestras se encontraron palinomorfos, los cuales fueron identificados cuando menos a nivel de género, aunque en la mayoría de los casos se logró la identificación a nivel de especie. El análisis microscópico se realizó con un microscopio Olympus y se obtuvieron imágenes de las especies mejor preservadas, mediante una cámara digital Canon SX150. Algunos ejemplares de los taxa más significativos desde el punto de vista paleoecológico se presentan en las Láminas 4 y 5.

III.2. Conteos totales y riqueza de palinomorfos

Se realizó el análisis cuantitativo de las muestras de una área templada (Punta Prat) y una tropical (pozo Araromi-1), considerando la suma total de taxa de palinomorfos marinos (dinoflagelados autótrofos y heterótrofos, acritarcas, moldes de microforaminíferos y escolecodontes) y palinomorfos continentales (esporas, granos de polen de gimnospermas y angiospermas) por muestra. Se graficaron los datos en porcentajes, conteos totales y riqueza de especies de acuerdo a la posición estratigráfica de las muestras con la finalidad de observar cambios verticales del conjunto de palinomorfos.

Además, los conteos totales se utilizaron para generar una lista de especies (ordenadas alfabéticamente) y sus conteos por muestra. En esta lista se indicó la aparición estratigráficamente más alta (\wedge) y más baja (\vee) a lo largo de la columna, lo cual permite ubicar con facilidad la profundidad de la primera y última aparición de cada taxa encontrada (ANEXO A y E).

III.3. Índices de diversidad

III.3.1. Índice de Shannon

El Índice de diversidad de Shannon-Weaver se utiliza en este estudio para medir la biodiversidad. Este índice se representa normalmente como H' (Shannon y Weaver, 1949) y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). En este trabajo palinológico, el Índice de Shannon se utilizó para medir la diversidad de cada muestra, la cual se puede definir como probabilidad de seleccionar cada una de las especies en la proporción con que existen en las muestras, usando la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^k p_i \ln p_i$$

(1)

donde, k es el número de especies (la riqueza de especies), p_i es la proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i). El H' a

diferencia de otros índices de diversidad (ej. Simpson y Pielou), se puede evaluar estadísticamente mediante una prueba t de student o Hutcheson (Zar, 1999).

III.3.2. Índice de Simpson

El Índice de diversidad de Simpson se basa en el índice de dominancia (Simpson, 1949), que representa la probabilidad de que dos individuos de una comunidad, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie, esto es:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (2)$$

donde n es el número de especies y N total de individuos

El cálculo del Índice de diversidad de Simpson es $1-D$, esta medida nos permite cuantificar la diversidad de una comunidad, ya que cuando una comunidad es muy diversa D disminuye, por lo tanto, a mayor valor del índice $1-D$ mayor diversidad.

III.3.3. Índice de Equitabilidad

El índice de Equitabilidad o Pielou (J'), mide la uniformidad de una comunidad. Relaciona la riqueza (diversidad) de especies de una comunidad con la máxima que podría presentar, dando como resultado un valor entre 1 y 0, que representa la posibilidad de encontrar todas las especies con la misma probabilidad.

$$J' = \frac{H'}{\ln S} \quad (3)$$

donde, S es el número de especies (la riqueza de especies) y $\ln S$ es la diversidad máxima (H'_{\max}). J' es igual a 1 (máximo) cuando todas las especies en una muestra presentan la misma abundancia (conteo) y decrece tendiendo a 0 a medida que las abundancias relativas se hagan menos equitativas.

III.3.4. Prueba de Hutcheson

Adicionalmente, se realizaron pruebas de Hutcheson (t de student) para evaluar si existen diferencias significativas entre las diversidades de las muestras analizadas, es decir, entre los valores de H' (Zar, 1999), usando la siguiente fórmula:

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{S_{H'_1 - H'_2}} \quad (4)$$

Para el cálculo de los grados de libertad, la siguiente fórmula:

$$v = \frac{(S_{H'_1}^2 + S_{H'_2}^2)}{\frac{(S_{H'_1}^2)^2}{n_1} + \frac{(S_{H'_2}^2)^2}{n_2}} \quad (5)$$

donde, H'_i es el Índice de Shannon de la i -ésima muestra, S es la varianza del Índice de Shannon de la i -ésima muestra, n es el número total de individuos en la i -ésima muestra.

III.3.5. Coeficiente de Similitud de Jaccard

El Coeficiente de Similitud de Jaccard para datos binarios (SJ) mide la similitud, disimilitud o distancias que existen entre los datos de dos puntos de muestreo. Su fórmula es la siguiente:

$$SJ = \frac{a}{(a + b + c)} \quad (6)$$

Este coeficiente se calculó mediante el programa Paleontological Statistics PAST (Hammer, *et al.*, 2001) y se utilizó para comparar las asociaciones de palinomorfos continentales de Punta Prat, Chile y de otras formaciones y/o localidades paleógenas de Sudamérica.

III.4. Índices Palinológicos

III.4.1. Índice Palinológico Marino (IPM)

Los datos de las riquezas de palinomorfos marinos y continentales fueron utilizados para calcular el Índice Palinológico Marino (IPM) modificado de Helenes, *et al.* (1998), que es la razón entre la riqueza de palinomorfos marinos sobre la de palinomorfos continentales. El valor del IPM es directamente proporcional a la riqueza de palinomorfos marinos e inversamente proporcional a la riqueza de los palinomorfos continentales, su expresión es la siguiente:

$$IPM = \frac{Rm}{(Rm + Rc)} * 100$$

(7)

donde, Rm es la riqueza de palinomorfos marinos y Rc es la riqueza de palinomorfos continentales. Los valores altos del IPM indican un ambiente marino, mientras que los valores bajos indican la influencia de aguas salobres, ambientes paludales costeros, estuarinos o deltaicos. Los valores nulos representan ambientes exclusivamente continentales.

El IPM junto con otros parámetros como los datos litológicos, permite definir intervalos transgresivos o regresivos y así identificar los posibles Límites de Secuencias (LS) y las Superficies de Máxima Inundación (SIM), que son parámetros indispensables para el análisis de secuencias estratigráficas. Los LS se establecen en los intervalos con valores bajos o nulos del IPM acompañados con evidencias de grano grueso. Las SIM se establecen en intervalos con valores altos del IPM junto con evidencias de grano fino.

III.4.2. Índice Dinoflagelados Autótrofos (IDA)

Los conteos de dinoflagelados, fueron utilizados para calcular el Índice de Abundancia de Dinoflagelados Autótrofos (IDA). El valor del IDA es directamente proporcional a la abundancia de dinoflagelados autótrofos (orden Gonyaulacales) e inversamente proporcional a la suma de la abundancia de dinoflagelados autótrofos y la abundancia de dinoflagelados heterótrofos (orden Peridinales), su expresión es la siguiente:

$$IDA = \frac{ABA}{(ABA + ABH)} \times 100$$

(8)

donde, ABA es la abundancia de dinoflagelados autótrofos (Gonyaulacoideos) y ABH es la abundancia de dinoflagelados heterótrofos (Peridinioideos). Los valores bajos del IDA indican un ambiente de mayor turbulencia, mientras que los valores altos indican ambientes más estratificados.

III.4.3. Índice de Paludales (IPAL)

Este índice solo se utilizó en el área templada (Punta Prat). Los datos de las riquezas de los palinomorfos asociados con ambientes paludales, se utilizaron para calcular el Índice de Paludales (IPAL), que es la razón entre la riqueza de palinomorfos paludales sobre la de palinomorfos paludales más los palinomorfos marinos. El valor del IPAL es directamente proporcional a la riqueza de palinomorfos paludales e inversamente proporcional a la riqueza de los palinomorfos marinos, su expresión es la siguiente:

$$IPAL = \frac{R_{pal}}{(R_{pal} + R_m)} * 100 \quad (9)$$

donde, R_{pal} es la riqueza de palinomorfos palustres, R_m es la riqueza de palinomorfos marinos. Los valores altos del IPAL indican un ambiente paludal, mientras que los valores bajos indican la influencia de agua de mar. Los valores nulos representan ambientes exclusivamente marinos.

III.5. Distribución Estratigráfica de Palinomorfos

Utilizando la base de datos de palinomorfos se construyen tablas de Distribución Bioestratigráfica, en donde se muestran el total de taxa identificados, ordenados en función de la profundidad en que fueron encontrados. Estas gráficas también contienen las abundancias relativas por muestra de cada uno de los taxa, dispuesta por orden de aparición. Esta forma de ordenamiento permite ubicar estratigráficamente la profundidad de la primera y última aparición de cada taxa y con ello determinar líneas de tiempo con base en los microfósiles estudiados.

III.6. Secuencias estratigráficas

Las secuencias estratigráficas son sucesiones más o menos concordantes de estratos, o ciclos transgresivos-regresivos son conjuntos de estratos conteniendo conjuntos paleontológicos que pueden indicar el desplazamiento de la línea de costa hacia el continente o hacia el mar adentro (transgresiones y regresiones). Las transgresiones se relacionan el desplazamiento de la línea de costa hacia el continente, son sistemas de depósito generalmente de retrogradación y se reconocen por la superposición de facies marinas sobre continentales, o facies marinas profundas sobre otras más someras. Mientras que las regresiones o sistemas regresivos se originan por descensos en el nivel del mar, o por el avance de la línea de costa debido a un exceso en el aporte de sedimentos (progradación). Se definen como desplazamiento de la línea de costa hacia el mar

y se reconoce por la superposición de facies marinas someras o continentales sobre otras más profundas.

La identificación de los ciclos transgresivos-regresivos junto con otros parámetros permite definir Límites de Secuencias (LS) y Superficies de Inundación Máxima (SIM) que son parámetros indispensables para el análisis de secuencias estratigráficas. Los LS son discontinuidades o superficies estratigráficas que están relacionadas con el nivel máximo de regresión. Se localizan en el punto de inflexión entre un sistema regresivo subyacente y un sistema transgresivo suprayacente. Por lo tanto, cada ciclo se define entre dos LS y dentro de cada ciclo se encuentra una SIM. La definición de ciclos sedimentarios es una herramienta muy útil para subdividir y organizar estratos, lo cual es de suma importancia para el reconocimiento de secuencias estratigráficas. En cuanto a las SIM, estas son superficies estratigráficas que representan el nivel máximo de transgresión marina y se localizan en el punto de inflexión entre un sistema transgresivo subyacente y un sistema regresivo suprayacente.

En este estudio las secuencias estratigráficas fueron interpretadas mediante la integración de las diversidades de los grupos de palinomorfos, los resultados de los índices IPM, IDA y algunos datos litológicos. De tal manera que cuando las diversidades de microfósiles marinos y los parámetros como el IPM e IDA disminuyen, y hay evidencias del aumento en el tamaño de grano, se considera un sistema regresivo. El punto máximo de regresión se considera un LS. En cambio cuando los parámetros marinos aumentan y el tamaño disminuye se considera un sistema transgresivo y el punto máximo de transgresión se considera un SIM. Estas secuencias se pueden correlacionar con los ciclos eustáticos de Tercer Orden de la carta global de Hardenbol, *et al.* (1998). Esta correlación permite reconocer líneas de tiempo y asignar una edad absoluta a las SIM determinadas por los datos de microfósiles.

III.6.1. Edad consenso

La edad consenso representa la edad más probable para los diferentes intervalos estratigráficos de las áreas estudiadas; esta edad se determina mediante la integración de las edades asignadas con los grupos de microfósiles. La edad consenso se basa en el análisis de las relaciones entre las edades indicadas por las ocurrencias conjuntas de microfósiles denominadas bioeventos relacionada con el contenido micropaleontológico. De esta manera, en los intervalos con

paleoambientes transicionales a nerítico interno, se considera que los dinoflagelados tienen más resolución; mientras que en intervalos cuyos paleoambientes hayan sido interpretados como nerítico medio a externo, los foraminíferos planctónicos y nanoplancton calcáreo tienen mejor resolución.

III.7. Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se usó el programa STATISTICA para Windows (Version 7.0, Statsoft, Inc., USA) y el programa Paleontological Statistics PAST (Hammer, *et al.*, 2001). El nivel de significación (α) fue establecido en 0.05

III.7.1. Análisis de clusters

El Análisis de conglomerados, o aglomerados (“cluster analysis”) es una técnica de análisis exploratorio de datos para resolver problemas de clasificación; consiste en ordenar objetos o individuos en grupos de forma que el grado de asociación, o similitud entre miembros del mismo grupo sea más fuerte que la de individuos de diferentes grupos. Esta técnica se utilizó para comparar las asociaciones de palinomorfos continentales del Paleógeno de Sudamérica.

III.7.2. Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de número de variables, que se utiliza para encontrar conjuntos coherentes de variables, denominados factores o componentes principales, que expliquen de manera más simple y concisa la variación de las variables, esto es, hallar conjuntos, o componentes que expliquen sucesivamente la mayor parte de la varianza total. Este análisis se realiza mediante una relación lineal que establece un nuevo sistema de coordenadas (o base ortogonal) para el conjunto original de datos en el cual la varianza de mayor tamaño del conjunto de datos es capturada en el primer eje (Primer Componente Principal), la segunda varianza más grande es el segundo eje, y así sucesivamente. En este estudio palinológico, el ACP se utiliza con el objeto de reducir los taxa (variables) de la base de datos, perdiendo la menor cantidad de información posible, a un menor número que represente los taxa de mayor importancia en un sentido paleoambiental.

III.7.3. Análisis de Factores

El Análisis de Factores (AF) al igual que el ACP es una técnica estadística de reducción de datos usada para explicar las correlaciones entre las variables observadas en términos de un número menor de variables llamadas factores. A diferencia del ACP, el cual solamente es una técnica para la descripción de datos, el AF permite probar hipótesis y estimar diferencias con modelos estadísticos pre-establecidos. En este estudio el AF se utiliza para encontrar el conjunto (factor) de los taxa que tengan una varianza común (ver http://en.wikipedia.org/wiki/Factor_analysis_-_Exploratory_factor_analysis_versus_principal_components_analysis).

III.7.4. Escalamiento multidimensional

El escalamiento multidimensional (EMD) (“multidimensional scaling MDS”) es una técnica estadística diseñada para construir un diagrama visual, denominado mapa perceptual presentado generalmente en dos dimensiones. En este diagrama se muestran las relaciones entre un número de objetos, proporcionando solamente una tabla de distancias entre ellos. En este estudio es utilizado para visualizar las relaciones entre los conjuntos de dinoflagelados gonyaulacales y peridiniales.

III.8. Mapas

Los mapas de la localización de las áreas de estudio se generaron mediante el programa para Windows (Version 7.0.1, Keyhole, Inc., USA).

Capítulo IV. Área paleógena templada

IV.1. Ubicación

La sección paleógena templada se ubica en el sur de la Cuenca Magallanes/Austral, en la Localidad Punta Prat localizada al noreste de la Península de Brunswick (53°10'S - 71°20'O) en la región Punta Arena, Chile (Figura 6). Esta sección incluye la Formación paleocena Chorrillo Chico y la Formación eocena Agua Fresca.

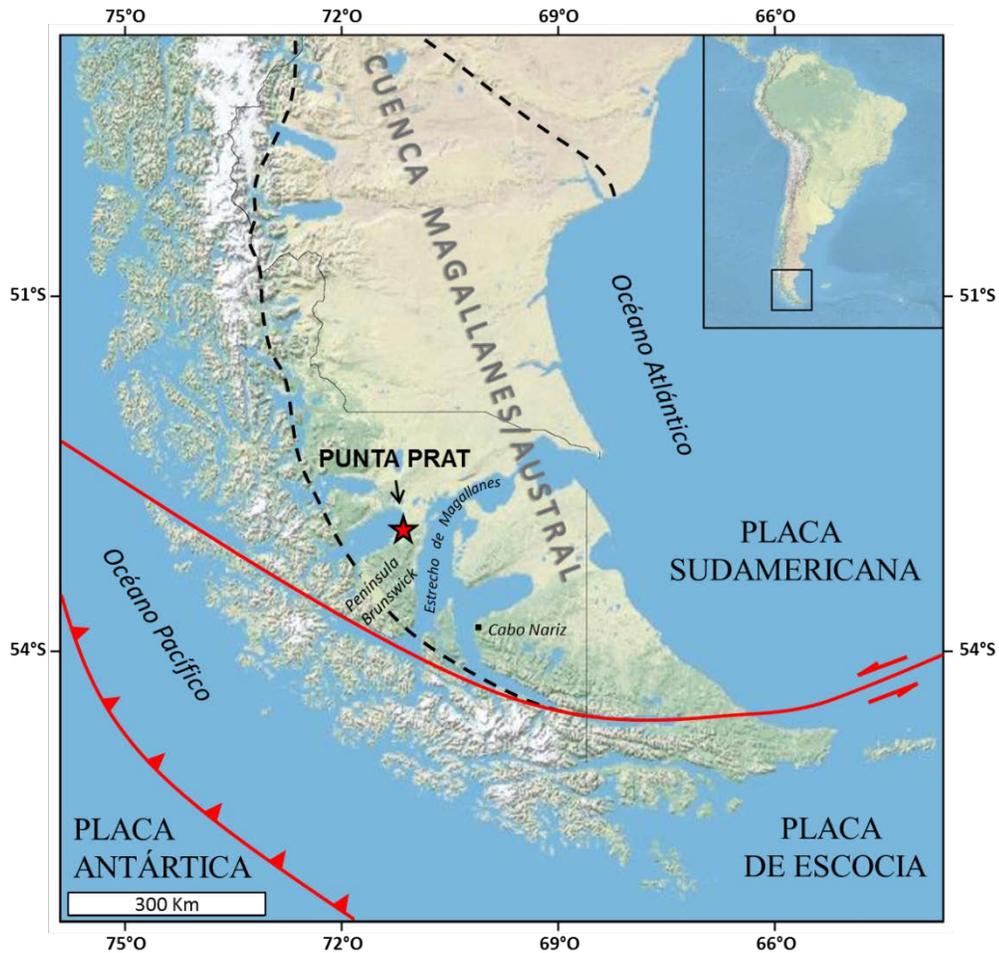


Figura 6. Mapa de la localidad de Punta Prat, Chile (señalada con estrella roja). La línea punteada indica el límite de la Cuenca Magallanes/Austral. Las líneas rojas representan los límites de placas, las flechas indican el sentido del movimiento de la placa Sudamericana con respecto a la de Escocia, mientras que los triángulos indican el sentido de subsidencia de la placa Antártica.

IV.2. Marco Geológico

La historia tectónica de la Cuenca Magallanes/Austral se asocia con la fragmentación de Gondwana durante el Triásico-Jurásico, y está relacionada con un régimen tectónico extensivo y con el desarrollo de sistemas de ruptura continental (Mpodosis y Ramos, 2008). Su formación inicia con la apertura de un mar marginal detrás del arco magmático andino a fines del Jurásico y principios del Cretácico dando lugar a la formación de la Cuenca Rocas Verdes (Dalziel, *et al.*, 1974; Ghiglione, *et al.*, 2002). La deformación compresiva en la parte sur de los Andes produjo el cierre del mar marginal durante el Cretácico Tardío (Halpern y Rex, 1972; Olivero y Martinioni, 1996), lo cual provocó una subsidencia mecánica por carga tectónica, que dio origen a la Cuenca Magallanes/Austral (Ghiglione, *et al.*, 2002). La evolución de la Cuenca durante el Cenozoico es la de una cuenca de antepaís (Galeazzi, 1998; Quattrocchio, 2009), desarrollada

durante la orogenia Andina (Figura 7). El avance de la deformación condicionó una migración sistemática de los depocentros durante el Paleógeno (Olivero y Malumián, 1999; Ghiglione, *et al.*, 2002).

En el extremo austral de Sudamérica se acumularon amplios depósitos sedimentarios correspondientes a varias transgresiones del Atlántico: la primera y más extensa ocurrió durante el Maastrichtiano, perduró hasta el Daniano y originó la Plataforma Patagónica, otras transgresiones se registraron en el Eoceno medio tardío, Oligoceno tardío-Mioceno temprano, y el Mioceno medio (Malumián y Náñez, 2011). Estos eventos transgresivos alternaron con períodos de depositación no marina y de erosión (Quattrocchio y Sarjeant, 2003; Marensi, *et al.*, 2003). Las transgresiones permitieron la extensión de mares poco profundos, principalmente al oeste de la Plataforma Patagónica, generando con ello condiciones paleoecológicas propias del área (Malumián y Náñez, 2011).

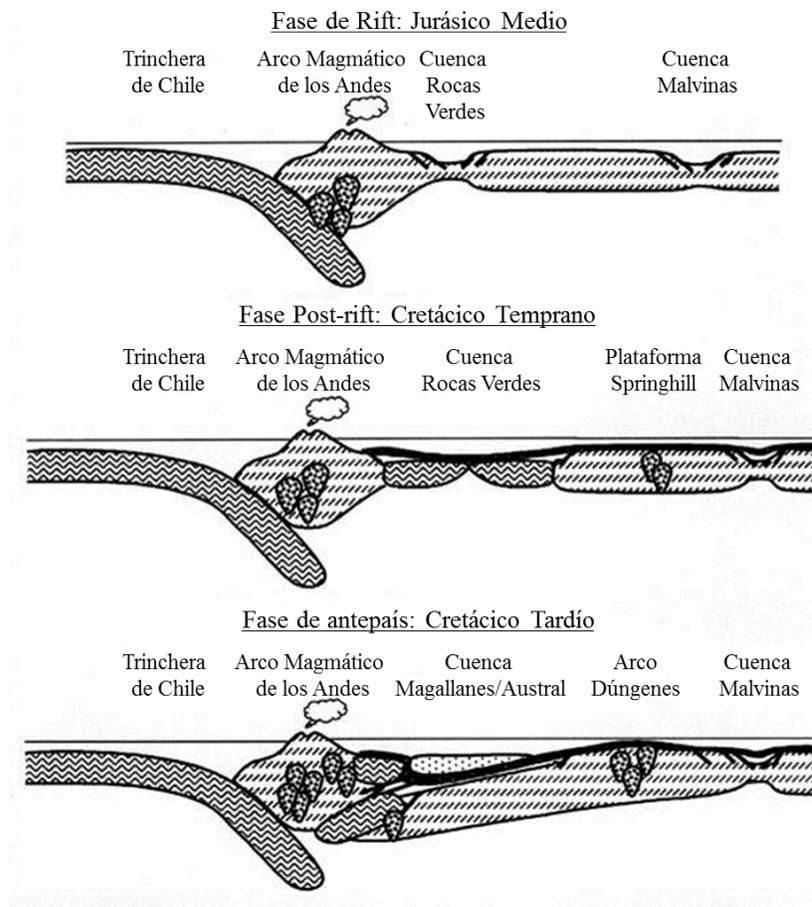


Figura 7. Evolución tectónica de la Cuenca Magallanes/Austral. Modificado de Sánchez y Le Roux (2003, p.145).

IV.2.1. Estratigrafía del Paleógeno en Punta Prat

En Punta Prat, las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca afloran en una plataforma casi horizontal, creada por abrasión marina y expuesta en marea baja (Quattrocchio, 2009). El espesor de la secuencia estratigráfica es de 225m de areniscas, limolitas, lutitas y concreciones de caliza (Quattrocchio y Sarjeant, 2003; Quattrocchio, 2009), de los cuales los primero 84 m corresponden a la Formación Chorrillo Chico y los restantes 141 m a Formación Agua Fresca, aparentemente estas dos formación se encuentran separadas por una paraconcordancia; las secuencias estratigráficas y sistemas sedimentarios de la sucesión se presentan en la columna estratigráfica compuesta (Figura 8).

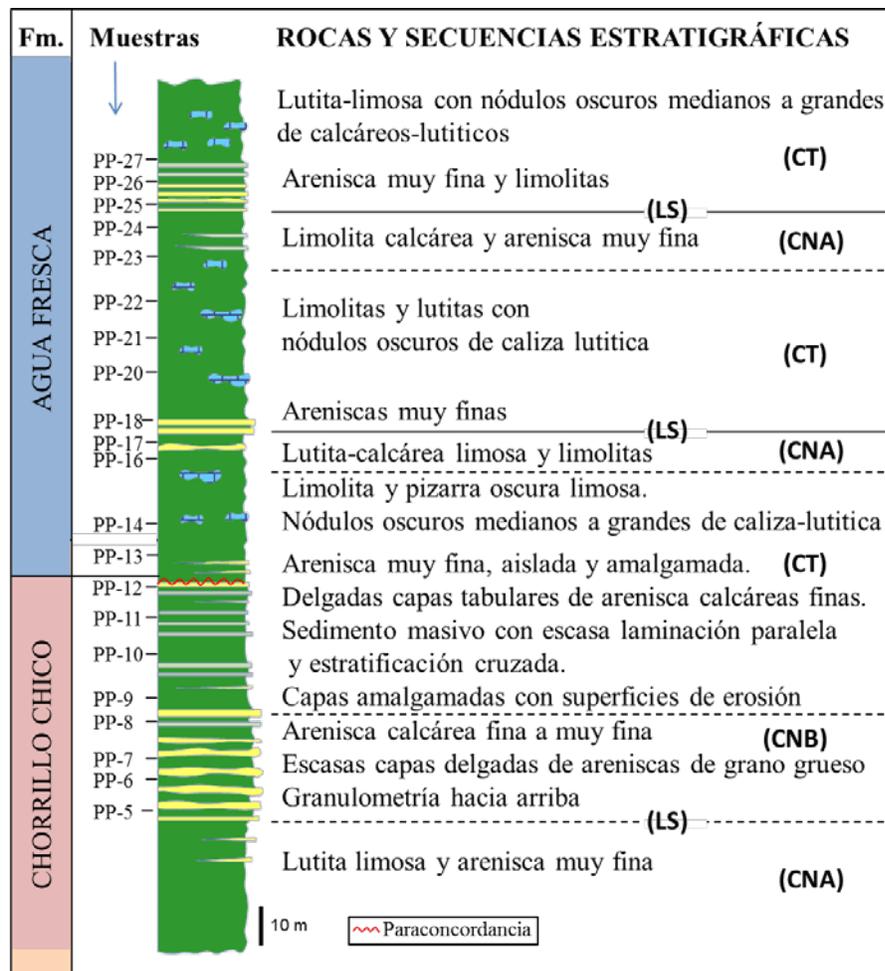


Figura 8. Columna estratigráfica compuesta de las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca de Punta Prat, Chile. Las Secuencias estratigráficas tentativas son: Límites de Secuencias (LS), Conjuntos Transgresivos (CT), Conjuntos de Nivel Bajo (CNB), Conjuntos de Nivel Alto (CNA). Modificado de Quattrocchio, (2009, p.144).

El intervalo estratigráfico, al que pertenece Punta Prat en la Frontera Argentina/Chile, se ha interpretado como depósitos de facies de abanicos submarinos del Paleoceno (Formación Chorrillo Chico y Estratos de Cabo Nariz) (Sánchez, *et al.*, 2010) representando un sistema progradante hasta el Eoceno (Formación Agua Fresca) (Prieto y Moraga, 1990). Al noroeste del área de estudio, en estratos de la zona de Cabo Nariz; predominan las facies proximales de los abanicos submarinos; mientras que en la Isla Riesco y en la Península de Brunswick, donde se ubica la localidad de Punta Prat, predominan las facies distales de los abanicos (Formación Chorrillo Chico) (Sánchez, *et al.*, 2010).

IV.2.2.1. Formación Chorrillo Chico

La Formación Chorrillo Chico (Thomas, 1949) del Paleógeno, es la unidad estratigráfica más antigua reconocida en esta área (Quattrocchio y Sarjeant, 2003). Esta unidad está compuesta principalmente por lutitas, areniscas glauconíticas con concreciones y delgadas capas de caliza (Otero *et al.*, 2012). Los foraminíferos reportados de esta formación indican una edad paleocena sin diferenciar (Martínez-Pardo, 1971). Mientras que la asociación de dinoflagelados permite limitar la edad de esta unidad de Daniano Tardío a Selandiano Tardío (Quattrocchio y Sarjeant, 2003). La Formación Chorrillo Chico se correlaciona cronoestratigráficamente con los Estratos de Cabo Nariz (Sánchez, *et al.*, 2010).

Los foraminíferos característicos de esta formación son las especies bentónicas: *Alabama wilcoxensis*, *Allomorphina paleocenica*, *Robulus degolyeri* y *Vaginulina midwayana* (Quattrocchio, 2009), las cuales indican depositación en ambientes marinos someros. Los quistes de dinoflagelados de la Formación Chorrillo Chico son: *Deflandrea boloniensis*, *Deflandrea cygniformis*, *Eisenackia crassitabulata*, *Palaeocystodinium golzowense*, *Palaeoperidinium pyrophorum*, *Pyxidinosia crassimurata*, y *Spinidinium macmurdoense*, pertenecientes al Paleoceno (Quattrocchio, 2009).

En Punta Prat, no se encontró el género de dinoquiste *Apectodinium*, el cual caracteriza el límite Paleoceno-Eoceno en latitudes altas del Hemisferio sur (Quattrocchio, 2009). Esta ausencia sugiere la existencia de una discontinuidad estratigráfica (hiato/laguna) en el techo de la Formación Chorrillo Chico, la cual ya ha sido interpretada como de carácter regional (Biddle, *et*

al., 1986). Aparentemente esta discontinuidad es común en la Patagonia y en el subsuelo de las cuencas Magallanes/Austral y Malvinas/Falklands.

IV.2.2.2. Formación Agua Fresca

La Formación Agua Fresca fue establecida por Decat y Pomeyrol (1931), su localidad tipo aflora a lo largo del río Agua Fresca (sur de Chile). Está compuesta por lutitas grises con algunas concreciones de caliza.

Los foraminíferos característicos de la Formación Agua Fresca son: *Allomorphina conica*, *Candeeina cecionii*, *Dorothia principiens*, *Elphidium aguafrescaense*, *Elphidium patagonicum*, *Elphidium skringensis*, *Pseudohastigerina wilcoxensis*, *Spiroplectammina adamsi*, y *Spiroplectammina brunswickensis*, los cuales indican depositación en ambientes marinos someros (Morgan, *et al.* 2000; Quattrocchio, 2009). Esta Formación ha sido asignada al Eoceno Temprano a Medio con base en la asociación de quistes de dinoflagelados y los más significativos son: *Achilleodinium biformoides*, *Achilleodinium latispinosum*, *Alterbidinium distinctum*, *Deflandrea antarctica*, *Impagidinium cassiculum*, *Lejeunecysta fallax*, *Pyxidiniopsis delicata*, *Spinidinium asymmetricum* y *Volkheimeridium lanterna* (Quattrocchio, 2009).

Los afloramientos que corresponden a la Formación Agua Fresca aparentemente son en parte correlacionables con la Formación Punta Torcida, que aflora en el norte de Tierra del Fuego (Malumián, 1999; Malumián y Nández, 2011), a la que se ha asignado una edad que varía entre Ypresiano (Olivero y Malumián, 2008) y Luteciano Temprano (47,3 Ma) sobre la base de circones detríticos para sus límites más jóvenes (Barbeau, *et al.*, 2009). La base no está expuesta y el techo corresponde a una discordancia angular por debajo de estratos del Luteciano superior. Algunos investigadores consideran que la Formación Punta Torcida representa una acumulación en posición distal al depocentro para esa edad (Torres-Carbonell, 2010).

IV.3. Resultados

IV.3.1. Conteos totales y riqueza de palinomorfos

Las 21 muestras analizadas de Punta Prat contienen una abundante asociación de palinomorfos bien preservados; los conteos totales de especímenes (marinos y continentales) es de 10415, por muestra alcanzan un máximo de 749 (muestra PP-11), un mínimo de 288 (muestra PP-18) y un

promedio en la totalidad de las muestras de 490 especímenes. En todas las muestras se observa que existe un ligero dominio de palinomorfos marinos, a excepción de la base de la secuencia, que en general conforman el 58% de los taxa totales y están representados en un 91.6% por quistes de dinoflagelados y 8.4% por el grupo denominado “otros marinos” (acritarcas, escolecodontes y moldes de foraminíferos); los palinomorfos continentales (42%) están representados por: esporas de Bryophytas y Pteridophytas (55%), granos de polen de gimnospermas (31%) y granos de polen de angiospermas (14%) (Figura 9).

GRUPOS		Taxa	Generos	Especies	CONTEOS
P. MARINOS	D. Gonyaulacoideos	52	28	31	3054
	D. Peridinioideos	26	12	15	2344
	D. Ceratioideos	4	2	2	73
	Otros dinoflagelados	2 morfotipos			3
	DINOFLAGELADOS	82	42	48	5474
	Acritarcas	1	1	0	46
		3 morfotipos			448
	Foraminíferos	2 morfotipos			4
	Escolecodontes	1 morfotipo			5
	OTROS MARINOS	1	1	0	503
TOTAL	83	43	48	5977	
P. CONTINENTALES	Esporas	30	18	19	2371
		1 morfotipo			1
	Polen de gimnospermas	14	6	11	1310
	Polen de angiospermas	19	14	6	592
		5 morfotipos			10
	ESPORAS y POLEN	63	38	36	4284
OTROS CONTINENTALES	3 morfotipos (Fungi)			154	
TOTAL	63	38	36	4438	
PALINOMORFOS TOTALES	150	81	89	10415	

Figura 9. Conteos de taxa, géneros y especies de palinomorfos de Punta Prat.

La riqueza de especies está representada en un 57% por palinomorfos marinos y 43% por continentales. La riqueza total de taxa (marinos y continentales) varía desde 70 (muestra PP-11) a 35 (muestra PP-18). Los valores más altos del Índice de diversidad de Shannon se presentan en la Formación Chorrillo Chico (2.1) y los más bajos (1.3) en la base de la Formación Agua Fresca que corresponde al Eoceno temprano (Figura 10). La prueba de Hutcheson mostró que no hay diferencias significativa entre los índices de diversidad ($p > 0.42$).

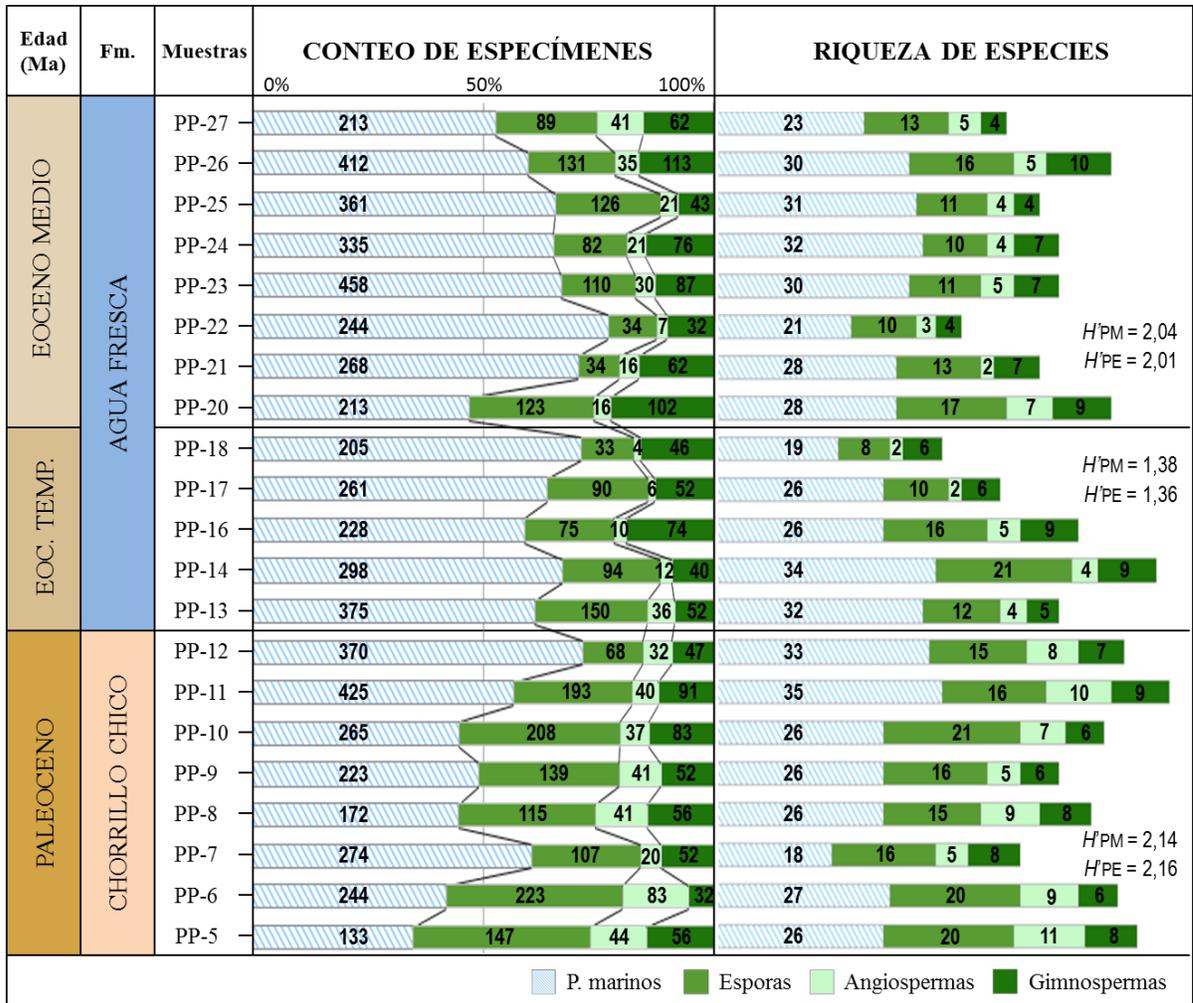


Figura 10. Estadística de palinomorfos observados en las muestras de Punta Prat. Los conteos de especímenes están representados en porcentajes y conteos totales. La riqueza de especies; con el valor del Índice de diversidad de Shannon (H'), donde PM representa a los Palinomorfos marinos y PE a los granos de polen y esporas.

IV.3.2. Grupos palinomorfos en Punta Prat

IV.3.2.1. Grupos palinomorfos marinos

Dinoflagelados. El grupo de palinomorfos marinos más abundante (91.6%) es el de los dinoflagelados, la mayoría pertenecen al orden Gonyaulacales (55.8%) que son taxa autotróficos, los Peridinales (42.9%) son heterotróficos (Fensome, *et al.*, 1996); el 1.3% lo representan los taxa ceratioideos.

IV.3.2.1.1. Dinoflagelados autótrofos y heterótrofos

Debido a sus estrategias tróficas y a su alta proliferación en zonas de surgencias, los conteos y riqueza de quistes Gonyaulacales (autótrofos) y Peridinales (heterótrofos) se realizaron por separado, obteniendo que el 57% de los conteos son formas autótrofas y el 43% heterótrofas. Los géneros observados con mayor frecuencia son: *Spiniferites* (10.5%), *Isabelidium* (7.7%) y *Palaeocystodinium* (6.8%), estos dos últimos son formas peridinioideas.

A lo largo de la columna se observa que en la Formación Chorrillo Chico (Paleoceno) las formas peridinioideas (heterótrofas) son las que dominan, a excepción de la muestra PP-12 que coincide con el límite P/E. En la Formación Agua Fresca (Eoceno) dominan las formas gonyaulacoideas (autótrofas) a excepción de las muestras PP-16 y PP-22 (Figura 11).

La riqueza está representada en un 67% de taxa autotróficas y el 33% de heterotróficas, se observa que a lo largo de la columna dominan las formas gonyaulacoideas a excepción de las muestras PP-7 y PP-22 (Figura 11).

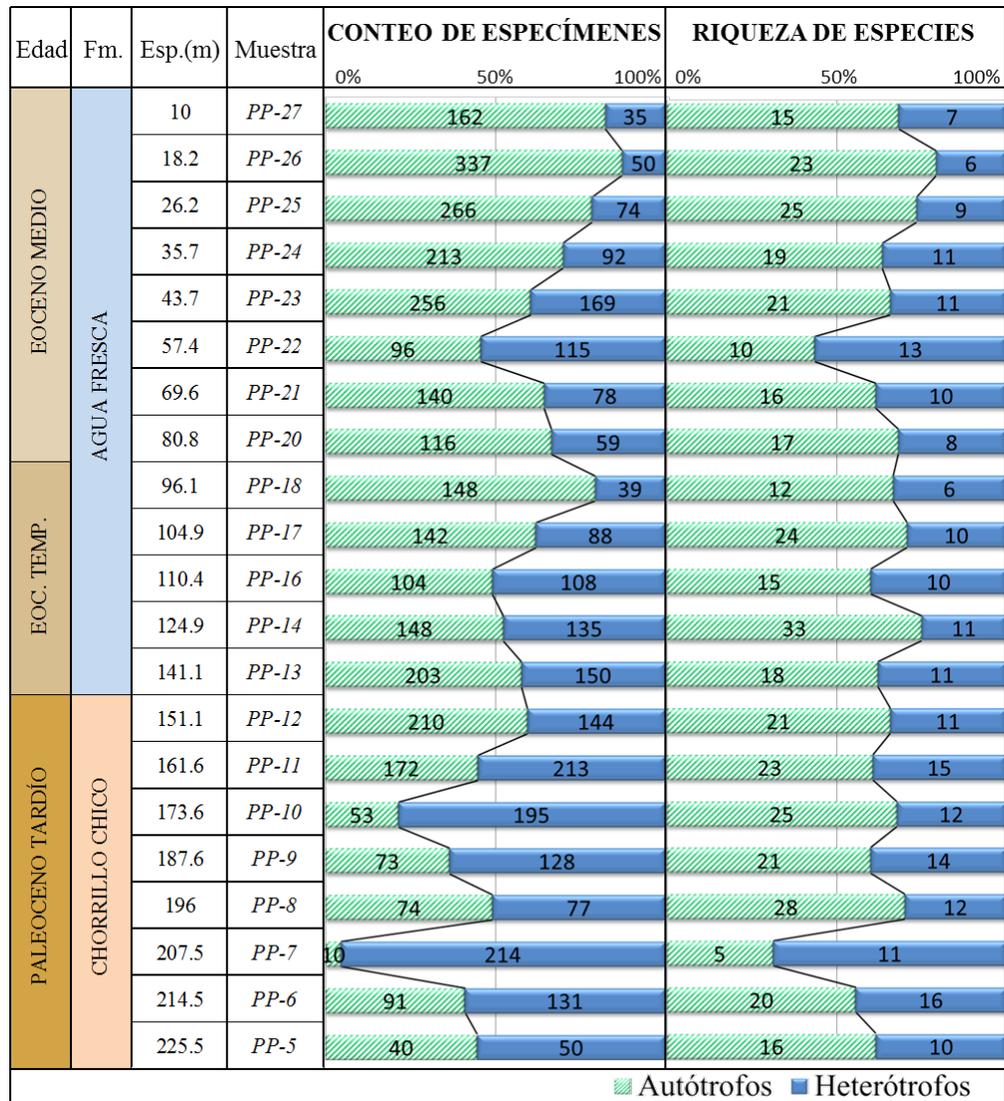


Figura 11. Conteos de quistes de dinoflagelados autótrofos y heterótrofos.

Los valores del Índice de diversidad de Shannon (H') para las formas autótrofas fluctúan entre 1.47 a 2.81, este último se localiza en la muestra PP-26, en la cima de las secuencia. Los valores de H' para las formas heterotróficas varían entre 1.23 y 2.38 ambos se encuentran cercanos a la base de la secuencia.

Los resultados del Índice de diversidad de Simpson (1-D) muestran, al igual que H' , que el valor más alto de 1-D para las formas autótrofas se encuentra en la muestra PP-26 (0.93) y el más alto para los heterótrofos (0.90) es el de la muestra PP-11 (Tabla 1).

Tabla 1. Índices de diversidad de dinoflagelados autótrofos y heterótrofos. Los valores mas bajos de H' se indican con negritas.

Muestra	AUTÓTROFOS					HETERÓTROFOS				
	S	n	D	1-D	H'	S	n	D	1-D	H'
PP-27	14	162	0.14	0.86	2.21	7	35	0.24	0.76	1.62
PP-26	21	337	0.07	0.93	2.81	6	50	0.24	0.76	1.58
PP-25	20	266	0.09	0.91	2.66	7	74	0.33	0.67	1.44
PP-24	19	213	0.08	0.92	2.65	11	92	0.14	0.86	2.13
PP-23	16	256	0.11	0.89	2.39	10	169	0.13	0.87	2.14
PP-22	8	96	0.17	0.83	1.89	11	115	0.14	0.86	2.17
PP-21	15	140	0.11	0.89	2.35	10	78	0.24	0.76	1.70
PP-20	16	116	0.18	0.82	2.06	8	59	0.16	0.84	1.94
PP-18	12	148	0.20	0.80	1.93	6	39	0.27	0.73	1.45
PP-17	14	142	0.15	0.85	2.19	9	88	0.22	0.78	1.79
PP-16	14	104	0.15	0.85	2.27	10	108	0.16	0.84	2.03
PP-14	23	148	0.08	0.92	2.74	9	135	0.14	0.86	2.03
PP-13	17	203	0.10	0.90	2.49	11	150	0.11	0.89	2.26
PP-12	19	210	0.12	0.88	2.42	11	144	0.18	0.82	1.91
PP-11	18	172	0.10	0.90	2.49	13	213	0.10	0.90	2.38
PP-10	15	53	0.13	0.88	2.39	8	195	0.24	0.76	1.65
PP-9	15	73	0.12	0.88	2.37	10	128	0.19	0.81	1.92
PP-8	14	74	0.12	0.88	2.31	10	77	0.19	0.81	1.90
PP-7	5	10	0.26	0.74	1.47	11	214	0.49	0.51	1.23
PP-6	14	91	0.15	0.85	2.18	11	131	0.17	0.83	1.99
PP-5	13	40	0.16	0.85	2.18	10	50	0.14	0.86	2.09

Otros marinos. En grupo “otros marinos” (8.4%), el conjunto más abundante es el de las acritarcas (8.25%) que es un grupo polifilético informal de organismos cuya afinidad biológica es desconocida probablemente asociados a quistes de protistas de ambiente marino; los escolecodontes (0.08%) que son estructuras mandibulares de poliquetos, y moldes de foraminíferos (0.07%).

IV.3.2.2. Grupos palinomorfos continentales

IV.3.2.2.1. Esporas

El grupo de palinomorfos continentales más abundante (55%) es el de las esporas de Bryophytas y Pteridophytas, la mayoría pertenecen a las familias: Schizaeaceae (32%), Polypodiaceae (22%) y Dicksoniaceae (15%), el 31% restante a otras familias de helechos.

Del total de esporas, los géneros observados con mayor frecuencia son: *Biretisporites* (24%), *Deltoidospora* (22%), *Klukisporites* (12%), *Trilites* (8%) y el resto (44%) pertenece a otras esporas de menor frecuencia. La lista de taxa de palinomorfos continentales identificados por muestra de las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca y sus afinidades botánicas son presentados en el ANEXO B.

IV.3.2.2.2. Gimnospermas

El grupo de las gimnospermas está representado por granos de polen bi- y tri-sacados e inaperturados. Del total de las gimnospermas (consideradas como el 100%) observadas en Punta Prat, las podocarpáceas representan el 97% y las araucariáceas el 3%. El género *Podocarpidites* representa el 80% de las podocarpáceas en Punta Prat y solo el 7.5% corresponde a la especie bisacada *Phyllocladidites mawsonii*.

IV.3.2.2.3. Angiospermas

De la totalidad de las angiospermas, el 58% corresponde a la familia Proteaceae. La especie más abundante de esta familia es *Peninsulapollis gillii* (Cretácico Tardío al Eoceno) y se encuentra a lo largo de toda la columna.

La familia Nothofagaceae (*Nothofagidites*) constituye el 35% de las angiospermas. El 85% (178) del conteo total de *Nothofagidites* (209) se concentran en la Formación Chorrillo Chico (Paleoceno), donde el 44% corresponde a los tipo *brassii* y el resto a los tipo *fusca* y *menziesii* (56%). En la Formación Agua Fresca (Eoceno temprano a medio) se encuentra el 15% (31) restante del total de los conteos de *Nothofagidites*, donde el 35% corresponde al tipo *brassii* y el resto a los tipos *fusca* y *menziesii* (65%). En general el comportamiento lineal de *Nothofagidites* es descendente hacia los niveles superiores de la columna, lo que indica una disminución en los conteos de nothofagáceas en Punta Prat del Paleoceno tardío al Eoceno medio (Figura 12).

Edad	Fm.	Esp.(m)	Muestra	CONTEOS DE <i>Nothofagidites</i>
EOCENO MEDIO	AGUA FRESCA	10	PP-27	2
		18.2	PP-26	3
		26.2	PP-25	1
		35.7	PP-24	1
		43.7	PP-23	2 3
		57.4	PP-22	2 1
		69.6	PP-21	4
		80.8	PP-20	1 3
EOC. TEMP.	AGUA FRESCA	96.1	PP-18	
		104.9	PP-17	3
		110.4	PP-16	3
		124.9	PP-14	2
		141.1	PP-13	5 3
PALEOCENO TARDÍO	CHORRILLO CHICO	151.1	PP-12	3 7 6
		161.6	PP-11	10 6 2
		173.6	PP-10	13 7 2
		187.6	PP-9	8 4 5
		196	PP-8	11 4 4
		207.5	PP-7	5 2 2
		214.5	PP-6	15 5 26
		225.5	PP-5	8 12 3

Figura 12. Conteos absolutos de los granos de polen *Nothofagidites* tipo *brassii*, *fusca* y *menziesii*.

IV.3.2.2.4. Taxa paludales

Las esporas de *Deltoidospora* se han relacionado con helechos de polipodiáceas del Eoceno al Oligoceno (Traverse, 1994) y han sido consideradas afines al género paludal *Acrostichum* (Collinson, 1978). En esporas dispersas en los sedimentos y en pinnas fértiles de *Acrostichum palaeoaureum* (García-Massini, *et al.*, 2006) se observa que la densidad y el tamaño de los gránulos en la cara proximal de las esporas varían mucho, encontrando especímenes casi psilados y otros con una gran abundancia de gránulos (García-Massini, J.L. com. pers., 2012). La variedad aquí observada de esporas psiladas (*D. australis* y *D. minor*) y con gránulos (*Deltoidospora* sp.) permite sugerir una afinidad a éste género.

En la base de la Formación Chorrillo Chico (PP-5 a la PP-11) durante el Paleoceno, se observa la presencia de la especie *Pandaniidites texus* que se asocia con el género actual de ambiente tropical costero o paludal *Pandanus* (Narváez, 2009). El género *Pandaniidites* junto con: *Phyllocladidites mawsonii*, *Spinozonocolpites* (asociado actualmente a *Nypa*), *Nothofagidites* tipo *brassii* (ahora tipo *Brassospora* Hill y Read, 1991) y *Deltoidospora*, representan en esta investigación al grupo de palinomorfos paludales. La tendencia general de este grupo es disminuir del Paleoceno tardío hacia la base del Eoceno medio y a partir de la muestra PP-22, se observa un aumento hacia la cima de la secuencia (Figura 13).

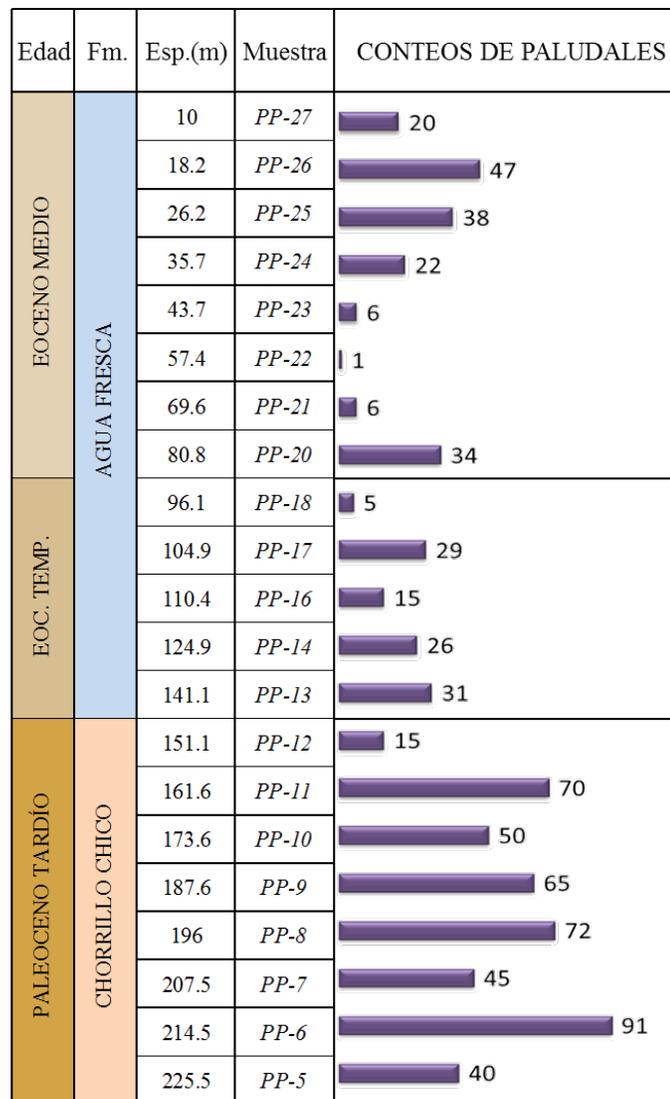


Figura 13. Conteos absolutos de palinomorfos paludales.

IV.3.2.3. Asociaciones palinológicas continentales

IV.3.2.3.1. Agrupamiento y similitud de Punta Prat

A fin de definir sus similitudes y diferencias, se comparan las asociaciones palinológicas presentadas en esta investigación, con otras asociaciones correlacionables cronológicamente previamente descritas para la Patagonia. Estas son: Formación Cerro Bororó: secciones en Las Plumas (Volkheimer *et al.*, 2007) y Golfo San Jorge (Archangelsky, 1973; 1976; Archangelsky y Romero, 1974; Archangelsky y Zamaloa, 1986; Barreda y Palazzesi, 2007); Formación Salamanca (Archangelsky y Zamaloa, 1986); Formación Huitrera: secciones en Confluencia y Nahuel Huapi Este (Báez, *et al.*, 1990; Melendi, *et al.*, 2003), y Formación Río Turbio: Sección Inferior y Superior (Archangelsky, 1972; Romero, 1977; Romero y Zamaloa, 1985; Romero y Castro, 1986). La ubicación regional de Punta Prat y las secciones usadas en esta comparación se muestran en la Figura 14-A.

El análisis de conglomerados (Figura 14-B) de las asociaciones palinológicas muestra que Punta Prat presenta mayor similitud con las Formaciones Salamanca y Cerro Bororó, del Daniano, y con la Formación Río Turbio del Eoceno medio tardío, con valores de índice de Shannon (H') mayores a 4. Mientras que los valores de H' menores a 3.9, indican una diferencia mayor con las asociaciones de la Formación Huitrera, del Eoceno. El índice de Shannon indica que las secciones inferior y superior de Río Turbio ($H' = 4.1$) son las asociaciones con diversidades de especies más similares a Punta Prat (Figura 14-C).

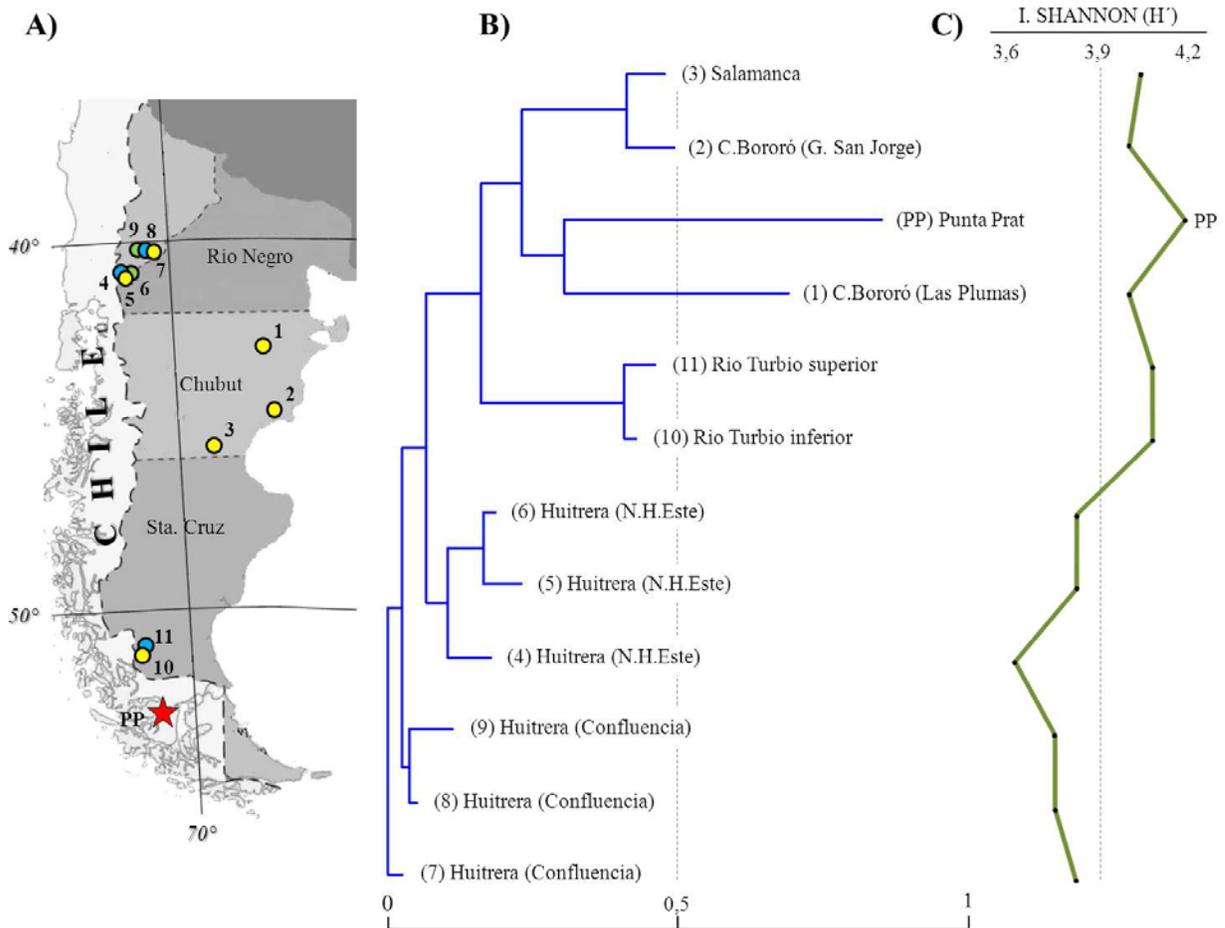


Figura 14. **A)** Mapa de ubicación de Punta Prat y diferentes formaciones y/o localidades argentinas Referencias: (1) Volkheimer *et al.*, 2007; (2-3), Archangelsky, 1973, 1976; Archangelsky y Romero, 1974; Archangelsky y Zamaloa, 1986; (4-6) Melendi, *et al.*, 2003; (7-9) Báez, *et al.*, 1990; Melendi, *et al.*, 2003; (10-11) Archangelsky, 1972; Romero, 1977; Romero y Zamaloa, 1985; Romero y Castro, 1986. **B)** Dendrograma de agrupamiento (aglomerados) de las asociaciones palinológicas continentales, el Coeficiente de similitud de Jaccard y el programa PAST; modificado de Nández *et al.* 2009. **C)** Gráfica del Índice de Shannon de las asociaciones.

Las asociaciones palinológicas paleógenas de Argentina presentan rangos de similitud que varían desde 0,94 a 0,21. La asociación de palinomorfos continentales de Punta Prat presenta rangos bajos de similitud, que varían desde 0,24 a 0,14, el valor más alto corresponde a Rio Turbio (inferior y superior) del Eoceno, mientras que el más bajo Cerro Bororó (Las Plumas) del Daniano (Tabla 2). Estas relaciones concuerdan con lo indicado por el Índice de Shannon.

TABLA 2. Coeficientes de similitud de Jaccard entre diferentes asociaciones palinológicas argentinas y Punta Prat.

	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	PP
11	1,00	0,94	0,62	0,62	0,59	0,54	0,50	0,54	0,36	0,35	0,21	0,24
10	0,94	1,00	0,67	0,67	0,64	0,59	0,54	0,59	0,37	0,36	0,21	0,24
9	0,62	0,67	1,00	0,91	0,86	0,75	0,69	0,77	0,45	0,44	0,25	0,21
8	0,62	0,67	0,91	1,00	0,94	0,82	0,75	0,85	0,49	0,46	0,25	0,21
7	0,59	0,64	0,86	0,94	1,00	0,85	0,78	0,80	0,47	0,44	0,24	0,20
6	0,54	0,59	0,75	0,82	0,85	1,00	0,92	0,83	0,47	0,44	0,24	0,20
5	0,50	0,54	0,69	0,75	0,78	0,92	1,00	0,83	0,47	0,44	0,24	0,19
4	0,54	0,59	0,77	0,85	0,80	0,83	0,83	1,00	0,53	0,50	0,26	0,19
3	0,36	0,37	0,45	0,49	0,47	0,47	0,47	0,53	1,00	0,81	0,27	0,17
2	0,35	0,36	0,44	0,46	0,44	0,44	0,44	0,50	0,81	1,00	0,33	0,16
1	0,21	0,21	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,26	0,27	0,33	1,00	0,14
PP	0,24	0,24	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19	0,19	0,17	0,16	0,14	1,00

IV.3.2.3.2. Agrupamiento y similitud de las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca

Utilizando el mismo análisis de datos anterior, se obtuvieron las similitudes y diferencias de las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca por separado y su respectiva comparación con las asociaciones palinológicas de la Patagonia Argentina.

El análisis de conglomerados (clusters) de las asociaciones palinológicas muestra 4 grupos principales: 1) Formación Huitrera, 2) Formación Rio Turbio, 3) Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca y 4) Formaciones Salamanca y Cerro Bororó (S. Jorge); la Formación Cerro Bororó (Las Plumas) se encuentra aislada de las agrupaciones (Figura 15-A). En el grupo 3, los valores del Índice de diversidad de Shannon (H') son muy similares, sin embargo, la Formación Chorrillo Chico presentan un valor de mayor (4,06) que el de la Formación Agua Fresca (3,97), esto se debe a que en las muestras paleocenas hubo mayor recuperación de especies como por ejemplo: *Clavifera triplex*, *Klukisporites variegatus*, *Polypodiisporites inangahuensis*, *Araucariacites pergranulatus*, *Liliacidites variegatus* y *Pandaniidites texus*, que no se encontraron presentes en las muestras eocenas. Las agrupaciones que presentan mayor similitud con las Formaciones del grupo 3 son las Formaciones Salamanca y Cerro Bororó (S. Jorge) del Daniano, y la Formación Rio Turbio (inferior y superior) del Eoceno, los valores de H' en estas Formaciones son mayores a 3,9, lo que indica mayores diversidades de especies, en comparación con la Formación Huitrera del Eoceno cuyos valores de H' son menores a 3,9 (Figura 15-B).

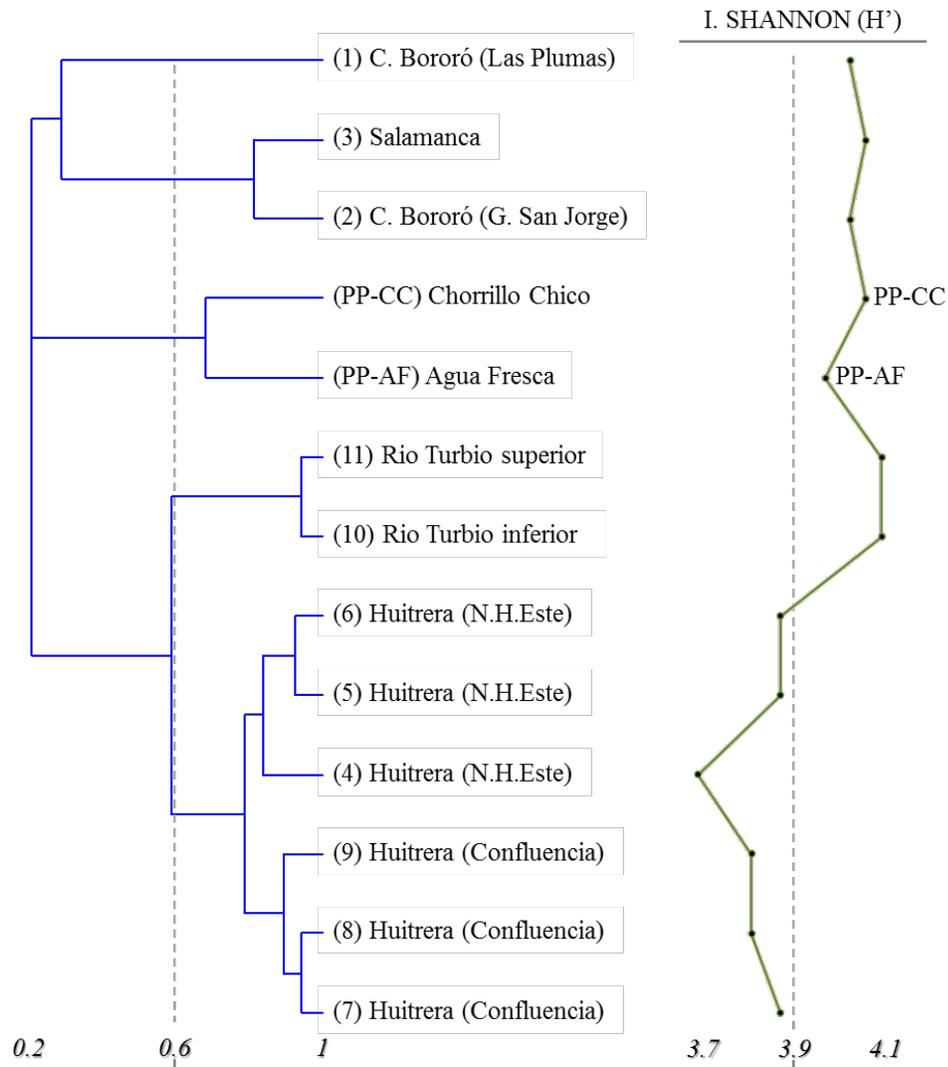


Figura 15. A) Dendrograma de agrupamiento (clusters) de las asociaciones palinológicas continentales, el Coeficiente de similitud de Jaccard y el programa PAST; modificado de Nájuez, *et al.* 2009. **B)** Gráfica del Índice de diversidad de Shannon de las asociaciones.

Las asociaciones palinológicas descritas de las secciones paleógenas de Argentina presentan rangos de similitud que varían de 0,94 a 0,12. En la Formación Chorrillo Chico (PP-CC) los valores van de 0,68 a 0,15 y en la Formación Agua Fresca (PP-AF) de 0,68 a 0,12, en ambos casos el valor más alto corresponde a la similitud entre estas Formaciones, seguidos de Rio Turbio (inferior y superior) del Eoceno, mientras que los valores más bajos corresponden a Cerro Bororó (Las Plumas) del Daniano (Tabla 3). Estas relaciones concuerdan con lo indicado por el análisis de agrupamientos y por los valores de H' .

TABLA 3. Coeficientes de similitud de Jaccard entre diferentes asociaciones palinológicas argentinas y las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca.

	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	PP-CC	PP-AF
11	1,00	0,94	0,62	0,62	0,59	0,54	0,50	0,54	0,36	0,35	0,21	0,24	0,26
10	0,94	1,00	0,67	0,67	0,64	0,59	0,54	0,59	0,37	0,36	0,21	0,24	0,26
9	0,62	0,67	1,00	0,91	0,86	0,75	0,69	0,77	0,45	0,44	0,25	0,21	0,22
8	0,62	0,67	0,91	1,00	0,94	0,82	0,75	0,85	0,49	0,46	0,25	0,21	0,23
7	0,59	0,64	0,86	0,94	1,00	0,85	0,78	0,80	0,48	0,45	0,24	0,20	0,22
6	0,54	0,59	0,75	0,82	0,85	1,00	0,92	0,83	0,47	0,44	0,24	0,20	0,22
5	0,50	0,54	0,69	0,75	0,78	0,92	1,00	0,83	0,47	0,44	0,24	0,19	0,20
4	0,54	0,59	0,77	0,85	0,80	0,83	0,83	1,00	0,53	0,50	0,26	0,20	0,21
3	0,36	0,37	0,45	0,49	0,48	0,47	0,47	0,53	1,00	0,81	0,27	0,18	0,16
2	0,35	0,36	0,44	0,46	0,45	0,44	0,44	0,50	0,81	1,00	0,33	0,18	0,16
1	0,21	0,21	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,26	0,27	0,33	1,00	0,15	0,12
PP-CC	0,24	0,24	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19	0,20	0,18	0,18	0,15	1,00	0,68
PP-AF	0,26	0,26	0,22	0,23	0,22	0,22	0,20	0,21	0,16	0,16	0,12	0,68	1,00

IV.3.3. Distribución Estratigráfica de Palinomorfos

El análisis bioestratigráfico de Punta Prat incluye el análisis microscópico por palinología de 21 muestras. Adicionalmente, se consideran datos de las muestras PP-15 y PP-19 que no estaban disponibles para este estudio. Los datos de dinoflagelados observados en estas muestras están documentados y publicados en Quattrocchio (2009).

La integración de estos datos indica que estas formaciones fueron depositadas desde una edad Paleoceno tardío a Eoceno medio. La mayoría de las especies identificadas presentan un rango amplio de edad, principalmente las especies continentales. Los rangos estratigráficos de los dinoflagelados se obtuvieron de: Drugg y Stover (1975); Williams y Bujak (1985); Wrenn *et al.* (1986); Matsuoka y Bujak (1988); Haq, *et al.* (1988); Powell (1992); Williams *et al.* (1993, 2004); Quattrocchio y Sarjeant, (2003); Quattrocchio (2009) y para los palinomorfos continentales: Germeraad, *et al.* (1968); Pares-Regali *et al.* (1974); Lorente (1986); Romero y Zamaloa (1997); Volkheimer, *et al.*, 2007 e Iglesias *et al.*, 2007. Estos rangos se complementaron con las bases de datos: TAXON (R.L. Ravn, 1993 comunicación personal) y PALYNODATA (White, 2006).

IV.3.3.1. Rangos Bioestratigráficos de Palinomorfos

Las edades determinadas con base en la distribución estratigráfica de las especies de palinomorfos a partir de la Formación Agua Fresca hasta la Formación Chorrillo Chico (ANEXO C), es decir, de la sección más joven a la más antigua, son las siguientes:

PP-27 a PP-19 → Eoceno medio

El límite estratigráfico asignado a las muestras PP-27 a la PP-19 es Eoceno medio (37-49; ICC: 38-47.8) determinado por la presencia de las especies de dinoflagelados: *Pyxidinosia delicata* (37-57.9), *Pyxidinosia crassimurata* (37-60.9), *Impagidinium crassimuratum* (37-60.9) y *Lejeunecysta fallax* (1.77-49), esta última especie es considerada como marcador del Eoceno medio a Mioceno medio (Quattrocchio, 2009). Las especies *Isabelidinium bakeri* (54.8-83.5), *Eisenackia crassitabulata* (54.8-98.9), *Operculodinium azcaratei* (60.9-71.3), *Odontochitina operculata* (69.2-85), *Odontochitina porífera* (69.2-85) y *Oligosphaeridium albertense* (83.5-154.1) son consideradas como posible retrabajo.

PP-18 a PP-13 → Eoceno temprano

La edad determinada para el intervalo PP-18 a PP-13, es Eoceno temprano (49-54.8; ICC: 47.8-56), se basa en la presencia de las especies de dinoflagelados: *Glaphyrocysta delicata* (49-60.9), *Hystrichosphaeridium tubiferum* (49-121), *Cerodinium speciosum* (49-76.3), *Operculodinium erinaceum* (5.32-54.8) y la espora *Biretisporites crassilabratus* (5.32-54.8). En este intervalo las especies consideradas como posible retrabajo son: *Operculodinium azcaratei* (60.9-71.3), *Cerodinium boloniensis* (65-98.9), *Odontochitina operculata* (69.2-85) y *Odontochitina porífera* (69.2-85).

PP-12 a PP-5 → Paleoceno tardío

La edad determinada para el intervalo PP-12 a PP-5, es Paleoceno tardío (54.8-60.9; ICC: 56-61.6), se basa en la presencia de: *Eisenackia chilensis* (54.8-65), *Eisenackia crassitabulata* (54.8-98.9), *Cerodinium striatum* (54.8-71.3), *Isabelidinium bakeri* (54.8-83.5), *Palaeoperidinium pyrophorum* (54.8-83.5), *Trithyrodinium evittii* (54.8-71.3), *Volkheimeridium lanterna* (54.8-93.5). Además por la presencia de *Impagidinium cassiculus* (37-60.9), *Pyxidinosia crassimurata* (37-60.9), *Spinidinium colemanii* (28.5-60.9) y el grano de polen de angiosperma *Propylipollis pseudomoides* (33.7-60.9) no es más antiguo que Selandiano. Las especies: *Cerodinium*

boloniensis (65-98.9), *Coronifera oceánica* (69.2-129.8) y *Odontochitina porífera* (69.2-85) son consideradas como posible retrabajo.

IV.3.3.2. Edad consenso

La edad consenso representa la edad más probable para los diferentes intervalos estudiados de las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca. Esta edad fue determinada mediante la integración de los rangos de edades asignadas a cada uno de las especies mencionadas aquí. La edad consenso se basa en el análisis de las relaciones entre las edades indicadas por las ocurrencias conjuntas de microfósiles denominadas bioeventos o biozonas. De acuerdo a esta integración se estima que estas formaciones fueron depositadas durante el Paleoceno tardío (54.8-60.9; ICC: 56-61.6) Eoceno medio (37-49; ICC: 38-47.8) (Tabla 4).

TABLA 4. Distribución Bioestratigráfica del área templada

Muestras/Espesor (m)	EDAD (Ma)	BIOEVENTOS Y NOTAS IMPORTANTES
PP-27 a PP-19 (10-87.4 m)	Eoceno medio (37-49) (ICC: 38-47.8)	+d <i>Pyxidinospis delicata</i> (37-57.9); +d <i>Pyxidinospis crassimurata</i> (37-60.9); +d <i>Impagidinium crassimuratum</i> (37-60.9); +d <i>Lejeunecysta fallax</i> (1.77-49).
PP-18 a PP-13 (96.1-141.1 m)	Eoceno temprano (49-54.8) (ICC: 47.8-56)	+d <i>Glaphyrocysta delicata</i> (49-60.9); +d <i>Hystriosphæridium tubiferum</i> (49-121); +d <i>Cerodinium speciosum</i> (49-71.3); +d <i>Operculodinium erinaceum</i> (5.32-54.8); +e <i>Biretisporites crassilabratu</i> s (5.32-54.8).
PP-12 a PP-5 (151.1-225.5 m)	Paleoceno tardío (54.8-60.9) (ICC: 56-61.6)	+d <i>Eisenackia chilensis</i> (54.8-65); +d <i>Eisenackia crassitabulata</i> (54.8-98.9); +d <i>Cerodinium striatum</i> (54.8-71.3); +d <i>Isabelidinium bakeri</i> (54.8-83.5); +d <i>Palaeoperidinium pyrophorum</i> (54.8-83.5); +d <i>Trithyrodinium evittii</i> (54.8-71.3); +d <i>Volkheimeridium lanterna</i> (54.8-93.5); +d <i>Impagidinium cassiculus</i> (37-60.9); +d <i>Pyxidinospis crassimurata</i> (37-60.9); +d <i>Spinidinium colemanii</i> (28.5-60.9); +p <i>Propylipollis pseudomoides</i> (33.7-60.9).
		+d = dinoflagelado; +p = polen, +e = esporas

IV.3.4. Índices palinológicos de Punta Prat

IV.3.4.1. Índices IPM e IPAL de Punta Prat

El Índice de Palinomorfos Marinos (IPM), presenta un comportamiento cíclico con tendencia a aumentar de la Formación Chorrillo Chico hacia la Formación Agua Fresca (Figura 16). Sin embargo, en la base de esta última unidad, durante el Eoceno temprano, se observan grandes variaciones en los valores del IPM, con un valor bajo en la muestra PP-16 (46.4), contiguo a uno de los valores más alto de toda la columna (59.1 en la PP-17), y seguido por una disminución de IPM hacia la base del Eoceno medio. La parte alta de la Formación Agua Fresca presenta un aumento en los valores hasta el tope de la columna donde se observa una disminución.

El Índice de Paludales (IPAL), también muestra un comportamiento cíclico, con tendencia a disminuir del Paleoceno al Eoceno temprano (Figura 16). En la parte superior de la columna en la Formación Agua Fresca (Eoceno medio) se observan variaciones en los valores del IPAL, en la muestra PP-20 se presenta un valor alto (21.4), seguido de una disminución en los valores hasta 4.8 (PP-22) y nuevamente un ligero incremento hasta la cima de la columna. En forma general el comportamiento del IPAL es inverso al IPM, esto se observa claramente en la Formación Chorrillo Chico durante el Paleoceno (Figura 16).

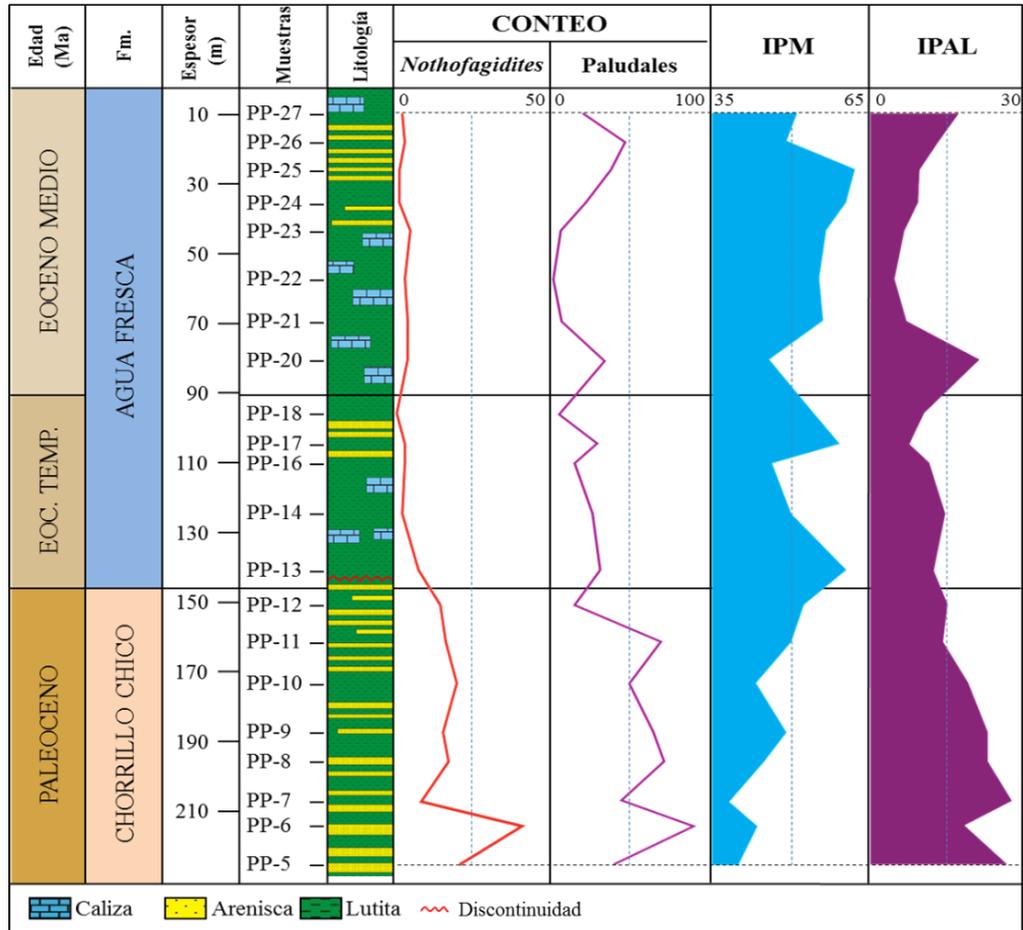


Figura 16. Índices de palinóforos. La litología y la posición estratigráfica de las muestras están indicadas en escala vertical. Se muestran los cambios cíclicos en: conteos absolutos de *Nothofagidites* y Paludales y los IPM (Índices de Palinóforos Marinos) y de IPAL (Índice de Paludales).

IV.3.4.2. Índices IPM y secuencias estratigráficas

La integración de los conteos de especímenes, los resultados del IPM y los datos litológicos, permitieron reconocer secuencias estratigráficas transgresivas-regresivas en Punta Prat. (Figura 17).

Los Límites de Secuencias (LS) se marcaron con una línea roja al identificar el punto máximo de un sistema regresivo, esto es, cuando la riqueza de palinóforos marinos, los parámetros del IPM disminuyen y hay evidencias del aumento en el tamaño de grano, observando 2 LS en la Formación Chorrillo Chico y 2 en Agua Fresca (Figura 17).

Las Superficie de Inundación Máxima (SIM), relacionadas con el nivel máximo de transgresión marina, fueron marcadas con una línea azul al identificar que los parámetros marinos aumentan y el tamaño disminuye, considerando el punto máximo de transgresión. Al igual que para los LS, se identificaron 4 SIM (2 por Formación).

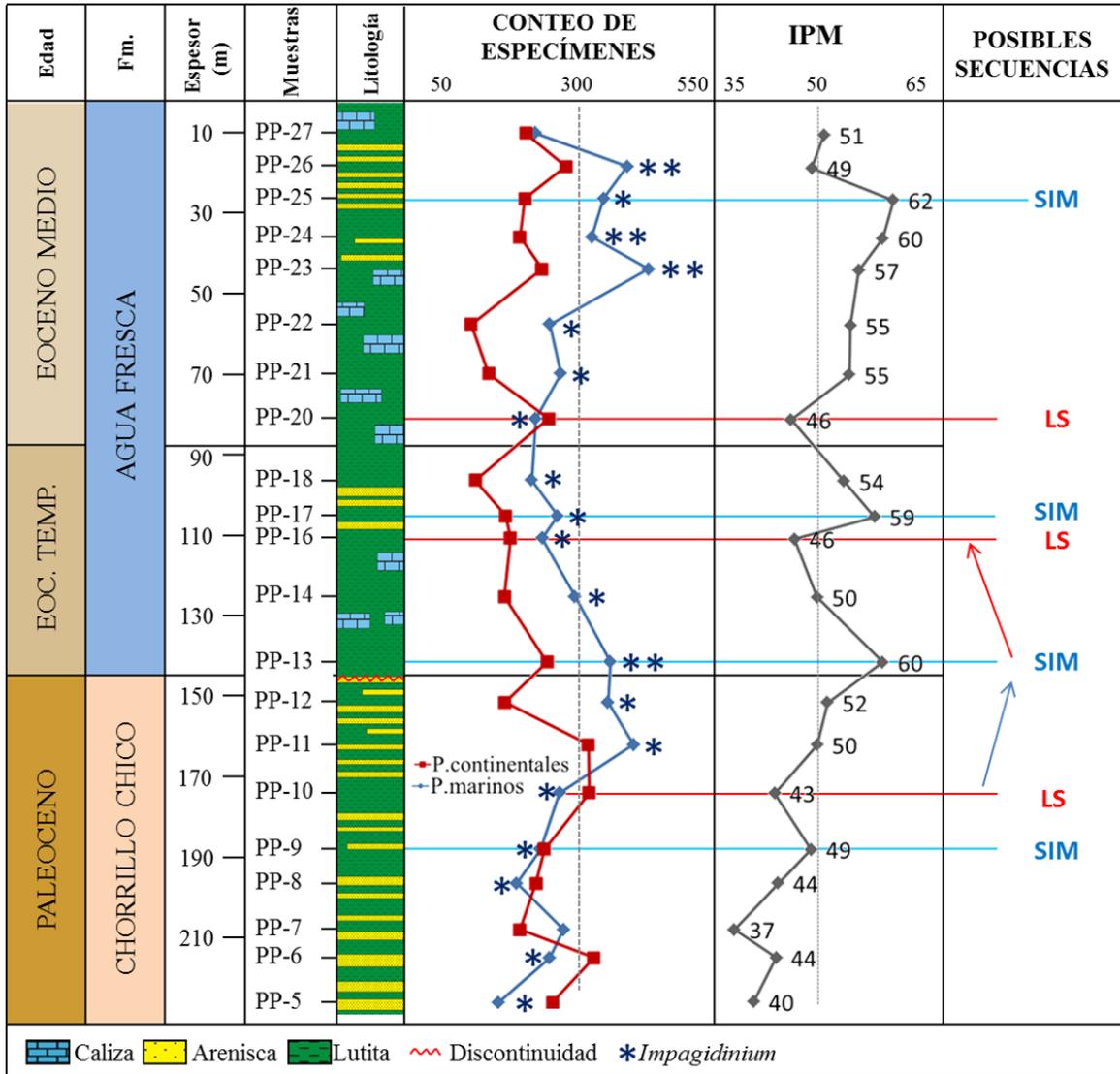


Figura 17. Índices de palinomorfos. La litología y la posición estratigráfica de las muestras están indicadas en escala vertical. Se muestran los cambios cíclicos en: conteo de palinomorfos continentales y marinos, los IPM (Índices de Palinomorfos Marinos) y las Secuencias estratigráficas: Límites de Secuencias (LS) con línea roja y Superficie de Inundación Máxima (SIM) con línea azul. La ubicación del género *Impagidinium* de 1 hasta 20 conteos se indica con 1 asterisco (*) y más de 20 conteos se indica con 2 asteriscos (**) azules.

IV.3.4.3. Índice Dinoflagelados Autótrofos (IDA)

Los resultados obtenidos con el IDA muestran 3 zonas (A-1 a A-3) con valores entre 50 y 87 en donde las formas autótrofas (A) dominan con respecto a las formas heterótrofas, estas zonas están limitadas por intervalos con valores pequeños del IDA de 4 a 49. Los más valores bajos de IDA se encuentran en la base de la columna en las muestras pertenecientes a la Formación Chorrillo Chico, estas zonas se muestran en color azul y son consideradas como zonas de mayor turbulencia en la columna de agua en donde dominan las formas peridinioideas. A partir de la parte superior de esta formación hasta la cima de la Formación Agua Fresca se observan las áreas más amplias (de color verde) con valores del IDA mayores a 50, consideradas como zonas de menor turbulencia, por lo tanto, con mayor estratificación en la columna de agua, en donde dominan las formas gonyaulacoideas. (Figura 18).

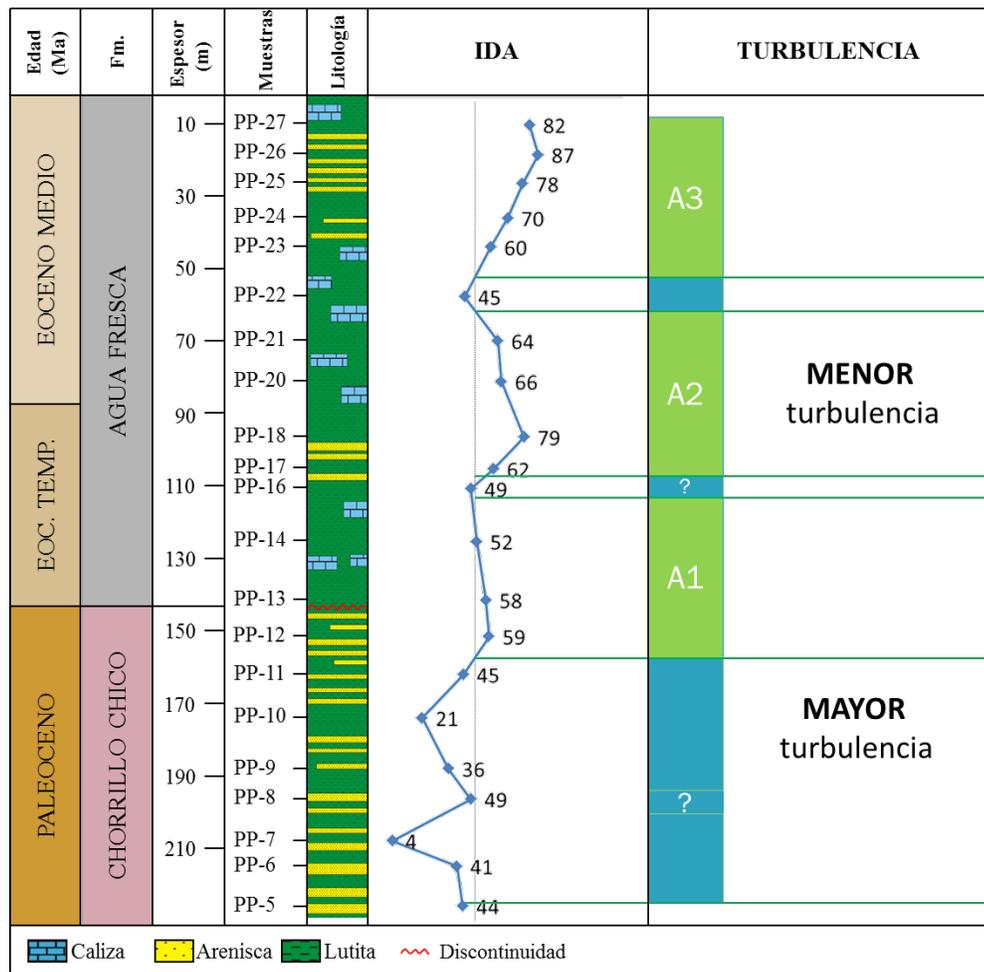


Figura 18. Índice Dinoflagelados Autótrofos (IDA) y zonas de menor o mayor turbulencia.

IV.3.5. Análisis Estadístico

IV.3.5.1. Análisis de Componentes Principales (ACP)

El ACP se utilizó para reducir los taxa de dinoflagelados gonyaulacoideos y peridinioideos observados en las muestras estudiadas a un menor número que represente a los conjuntos de mayor importancia en un sentido paleoambiental. De los 82 taxa únicamente se conformaron 29 conjuntos genéricos: 16 gonyaulacoideos (autótrofos) y 13 peridinioideos (heterótrofos), con la finalidad de interpretar, mediante la variación de los conjuntos, los cambios en el paleoambiente marino del Paleoceno tardío al Eoceno medio en el área templada estudiada.

Primero se realizó el análisis de correlación, debido a la gran cantidad de ceros presentes en los conteos de los taxa, a las 29 variables se les aplicó la transformación de la raíz cuarta ($\sqrt[4]{x+1}$) para reducir el peso, o importancia de los taxa dominantes (abundantes) y así permitir que los otros taxa, incluyendo los raros, contribuyan de igual manera dentro del tratamiento estadístico.

La matriz de correlación indica que el 38% (88) de las variables están correlacionadas entre sí ($R \geq 0.30$), con un valor de significancia $p < 0.05$ (ANEXO D), lo que valida los resultados del ACP.

La determinación el número de factores que deben de ser considerados para el ACP, se llevó a cabo mediante la aplicación de una prueba de Scree (Cattell, 1966), la cual sugiere la extracción de los 5 primeros factores, los cuales son los coeficientes que explican la mayor variabilidad (Figura 19).

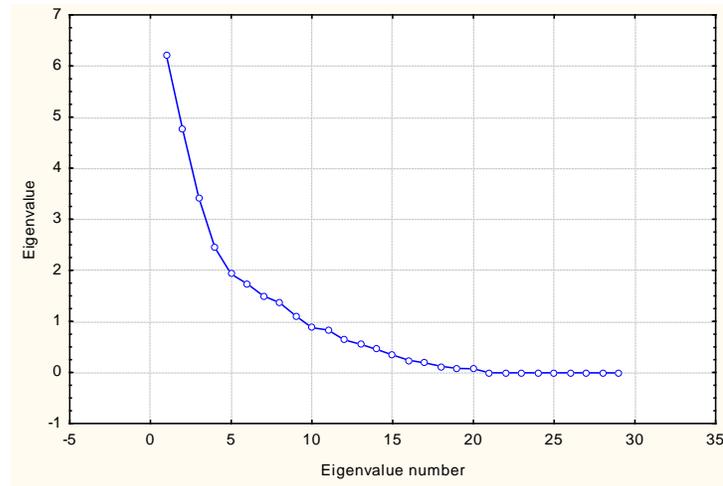


Figura 19. Gráfica de factores con prueba de Scree (Cattell, 1966).

La matriz de correlación de los eigenvalores muestra que el primer eigenvalor explican el 21.4% de la variabilidad (buen coeficiente), el segundo el 16.4%, el tercero el 11.8%, el cuarto solo el 8.4% y el quinto 6.7% haciendo un total del 64.7%, es decir, la mayoría de la variabilidad (Tabla 5).

Tabla 5. Matriz de correlación de los eigenvalores.

	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	6.21	21.4	6.21	21.40
2	4.77	16.4	10.97	37.83
3	3.43	11.8	14.40	49.65
4	2.45	8.4	16.85	58.10
5	1.93	6.7	18.78	64.77
6	1.74	6.01	20.53	70.78
7	1.51	5.19	22.03	75.97
8	1.38	4.74	23.41	80.71
9	1.12	3.85	24.52	84.56
10	0.88	3.05	25.41	87.61
11	0.84	2.89	26.24	90.50
12	0.65	2.23	26.89	92.73
13	0.56	1.93	27.45	94.66
14	0.46	1.59	27.91	96.25
15	0.35	1.20	28.26	97.46
16	0.25	0.85	28.51	98.31
17	0.19	0.67	28.70	98.98
18	0.13	0.44	28.83	99.42
19	0.09	0.30	28.92	99.72
20	0.08	0.28	29.00	100.00

IV.3.5.2. Análisis de Factores (AF)

Al realizar el AF, se pretende propiciar que las 29 variables (cG y cP) se agrupen de una mejor forma y que la proporción de varianza total explicada se distribuya equitativamente entre los 5 factores determinados en el ACP, para lo cual fue necesario aplicar una rotación de ejes tipo Varimax; Obteniendo como resultado que el primer factor extraído del análisis proporciona el 18.4% de la variabilidad de las variables observadas y junto a los 4 factores siguientes hacen total del 64.8%, es decir, la mayoría de la variabilidad (Tabla 6).

Tabla 6. Proporción de los factores para cada variable, en un sistema rotado (VARIMAX). Las variables que proporcionan el mayor aporte a la varianza (≥ 0.06) se indican en color rojo.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
cG-1	0.58	0.29	0.11	0.15	0.13
cG-2	0.09	0.23	0.81	0.00	-0.40
cG-3	0.03	-0.45	0.80	-0.16	-0.04
cG-4	0.17	0.48	-0.17	0.20	-0.12
cG-5	0.46	-0.15	-0.35	-0.12	-0.14
cG-6	0.57	0.16	0.09	-0.06	0.36
cG-7	-0.04	0.66	0.35	-0.38	0.12
cG-8	0.74	0.02	0.41	0.11	-0.24
cG-9	0.20	0.12	0.10	0.77	0.19
cG-10	0.15	0.79	-0.01	0.17	0.10
cG-11	0.64	-0.17	0.21	0.03	-0.18
cG-12	0.31	-0.18	0.76	0.26	-0.04
cG-13	0.37	-0.08	0.20	0.74	-0.05
cG-14	0.21	0.22	0.65	0.21	-0.10
cG-15	0.00	-0.67	0.52	-0.02	0.12
cG-16	-0.12	-0.26	0.69	0.14	0.05
cP-1	0.13	-0.56	0.25	-0.33	0.30
cP-2	-0.14	0.13	0.65	-0.08	0.19
cP-3	0.85	-0.12	0.07	0.04	0.31
cP-4	0.82	-0.03	-0.23	0.06	-0.08
cP-5	0.73	-0.02	-0.01	0.17	0.17
cP-6	0.14	0.10	0.05	-0.85	0.04
cP-7	0.00	-0.08	0.21	0.07	-0.89
cP-8	-0.58	0.59	-0.13	-0.32	-0.13
cP-9	0.34	0.10	0.02	0.23	0.74
cP-10	0.63	0.31	0.19	-0.12	0.26
cP-11	0.38	0.56	-0.06	-0.20	0.21
cP-12	-0.34	-0.09	-0.18	-0.09	0.03
cP-13	-0.16	0.88	-0.05	-0.08	0.14
Expl.Var	5.33	4.23	4.29	2.66	2.27
Prp.Totl	0.184	0.146	0.148	0.092	0.078

Cada uno de los 5 factores está representado predominantemente por los siguientes conjuntos de géneros (taxa) de dinoflagelados (Tabla 7).

Tabla 7. Conjuntos de géneros de dinoflagelados por factor.

FACTOR	Variable	% Varianza
1	<i>cG-Impagidinium</i> <i>cP-Deflandrea</i> <i>cP-Isabelidinium</i> <i>cP-Lejeunecysta</i>	18.4
2	<i>cG-Oligosphaeridium</i> <i>cP-Volheimeridium</i>	14.6
3	<i>cG-Alisocysta</i> <i>cG-Areoligera</i> <i>cG-otros G cor</i>	14.8
4	<i>cG-Lingulodinium</i> <i>cG-otros G cor</i> <i>cP-Magallanesium</i>	9.2
5	<i>cP-Palaeocystodinium</i> <i>cP-Phelodinium sp.</i>	7.8
Varianza total		64.80%

El porcentaje de la varianza proporcionada por cada conjunto genérico en cada factor, se calculó con el cuadrado de la correlación múltiple de la variable predicha por cada factor dividida por el número de variables, obteniendo que para el primer factor (18.4%) los conjuntos *cG-Impagidinium*, *cP-Deflandrea*, *cP-Isabelidinium* y *cP-Lejeunecysta* son los que proporcionan el mayor aporte a la varianza. En general, en el primer factor, el mayor porcentaje lo aportan los conjuntos cP (10.8%) en cambio los cG solo aportan el 7.6%. La suma del aporte de cada conjunto en los 5 factores da 64.8% de la varianza (Figura 20).

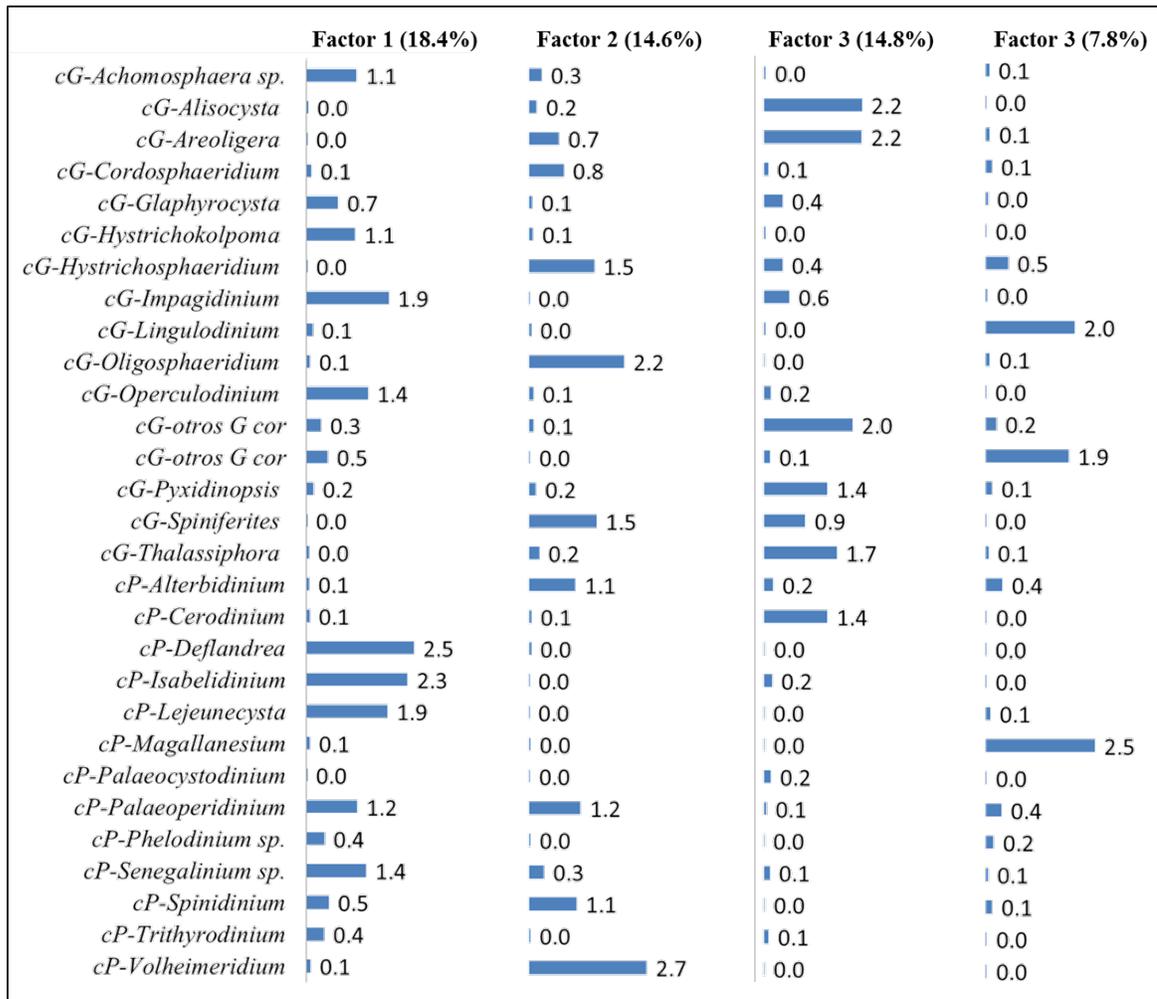


Figura 20. Porcentaje de la varianza proporcionada por cada conjunto genérico en cada factor. Los números en las barras indican el porcentaje de la varianza proporcionada por cada conjunto genérico en cada factor.

IV.3.5.3. Escalamiento multidimensional (MDS)

El mapa formado con el MDS, indica que las muestras se relacionan en cuatro grupos principales: A y B son muestras que pertenecen a la Formación Chorrillo Chico de edad paleocena (Pa), C la mayoría son muestras de Eoceno temprano (Et) y Eoceno medio (Em) y D son solamente muestras Em, pertenecientes a la Formación Agua Fresca (Figura 21).

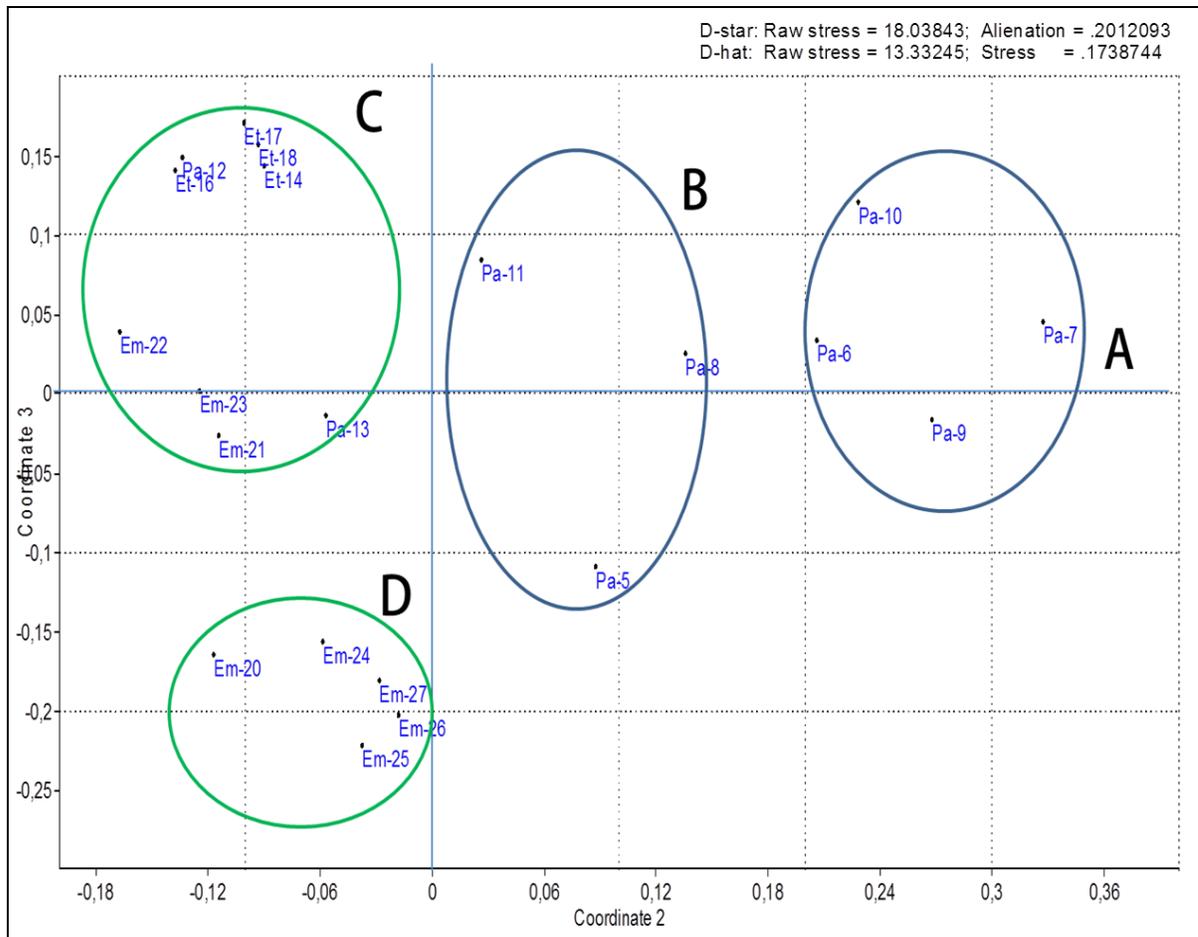


Figura 21. Mapa producido por el MDS con datos de Punta Prat.

IV.4. Discusiones

La asociación palinológica de Punta Prat está ligeramente dominada (58%) por abundantes y diversos quistes de dinoflagelados acompañados de diversos taxa continentales como: esporas de Bryophytas y Pteridophytas y granos de polen de gimnospermas y angiospermas.

Bioestratigrafía

Los rangos estratigráficos de los dinoflagelados ayudaron a asignar edades a tres intervalos, estos son: Paleoceno tardío, Eoceno temprano y Eoceno medio. El Paleoceno tardío está caracterizado por la presencia de *Eisenackia chilensis*, *E. crassitabulata*, *Cerodinium striatum*, *Isabelidium bakeri*, *Palaeoperidinium pyrophorum*, *Trithyrodinium evittii*, *Volkheimeridium lanterna*, *Impagidium cassiculus*, *Pyxidinospis crassimurata*, *Spinidium colemanii* y *Propylipollis pseudomoides*. El Eoceno temprano está caracterizado por la presencia de *Glaphyrocysta*

delicata, *Hystrichosphaeridium tubiferum*, *Cerodinium speciosum*, *Operculodinium erinaceum* y *Biretisporites crassilabratus*. Por último, el Eoceno medio está caracterizado por la presencia de *Pyxidiniopsis delicata*, *P. crassimurata*, *Impagidinium crassimuratum* y *Lejeunecysta fallax*.

Paleoecología continental de Punta Prat

La asociación palinológica continental fue estudiada a detalle por representar el primer registro de palinomorfos continentales de esta sucesión y porque ayudan a definir las condiciones paleoambientales y paleoclimáticas durante el Paleógeno en la Patagonia chilena. En las muestras estudiadas se encontraron esporas y polen de gimnospermas y angiospermas.

En el caso de las esporas, su gran abundancia indica que las condiciones continentales circundantes al sitio de sedimentación eran húmedas. En general, el género *Deltoidospora* ha sido relacionado con helechos de la clase Polypodiopsida a la que se asocian diversos géneros y familias como: Cyatheaceae (*Cyathea*), Dicksoniaceae, y Schizaeaceae (*Lygodium*) (Raine *et al.*, 2008; Cornou, *et al.*, 2012). En particular las esporas de *Deltoidospora* halladas en Punta Prat se consideran afines al género paludal *Acrostichum* (Collinson, 1978). En esporas dispersas en los sedimentos y en pinnas fértiles de *Acrostichum palaeoaureum* (García-Massini, *et al.*, 2006) se observa que la densidad y el tamaño de los gránulos en la cara proximal de las esporas varían mucho, encontrando especímenes casi psilados y otros con una gran abundancia de gránulos (García-Massini, J.L. com. pers., 2012). La variedad aquí observada de esporas psiladas (*D. australis* y *D. minor*) y con gránulos (*Deltoidospora* sp.) permite sugerir una afinidad a éste género. Este helecho se caracteriza por tener un crecimiento gregario y una distribución pantropical, principalmente en asociación con los hábitats de manglares (Collinson, 2002).

Entre las gimnospermas observadas, la mayoría son podocarpáceas, las cuales generalmente requieren suelos bien drenados y se desarrollan en bosques montañosos y temperaturas templadas a frías (Mautino y Anzótegui, 2002). El género *Podocarpidites* es el más abundante de las podocarpáceas en Punta Prat y está asociado al género viviente *Podocarpus*, el cual tiene una amplia distribución latitudinal reconociéndose incluso en zonas montañosas de regiones tropicales (Barreda, 1996).

Otra de las gimnospermas observadas en las muestras de Punta Prat, es la especie bisacada *Phyllocladidites mawsonii*, la cual está asociada con la especie viviente *Lagarostrobus franklinii* (Herngreen *et al.*, 1996), que actualmente se desarrolla en zonas lluviosas de clima templado. Además, esta especie moderna no requiere de suelos drenados por lo que su hábitat son las orillas de los ríos y llanos pantanosos (Melendi, *et al.*, 2003).

Otras gimnospermas observadas pertenecen a las araucariáceas, las cuales al igual que las podocarpáceas se desarrollan generalmente en zonas altas y climas templados-fríos. Sin embargo, las araucariáceas son más adaptables y también se encuentran en áreas relativamente bajas (Quattrocchio *et al.*, 2007) e incluso se han relacionado con ambientes costeros (Abbink, 1998) y/o comunidades palustres (Whitaker *et al.*, 1992).

Con respecto a los granos de polen de angiospermas observados, están representados en un 58% por la familia Proteaceae. Esta familia incluye árboles o arbustos que requieren de suelos bien drenados. Los mayores conteos de esta familia se presentan en el Paleoceno (Formación Chorrillo Chico) y disminuyen hacia el Eoceno (Formación. Agua Fresca).

En Argentina los registros más antiguos de la familia Proteaceae son los correspondientes a la especie *Peninsulapollis gilli* de la Formación Los Almitos, Río Negro del Campaniano Tardío (Quattrocchio, *et al.* 2007). Esta especie presenta una gran similitud con la actual *Beauprea* (Dettmann y Jarzen, 1998; Prámparo, *et al.*, 2007).

Otras angiospermas importantes observadas en las muestras de Punta Prat, son las nothofagáceas. Estas especies se asocian a zonas de alta humedad (Herngreen *et al.*, 1996) y se han utilizado para indicar condiciones de clima templado (Romero, 1978; Quattrocchio y Volkheimer, 2000). El género *Nothofagidites* se asocia con *Nothofagus*, uno de los principales componentes de los bosques subantárticos actuales. Los registros más antiguos del género pertenecen al Cretácico Tardío de la Antártida (Dettmann, *et al.*, 1990; Markgraf *et al.*, 1996), mientras que en la Patagonia (Provincia de Río Negro) son del Maastrichtiano Medio (Romero, 1973; Prámparo, *et al.*, 2007). Los primeros microfósiles de *Nothofagus* en la Patagonia pertenecientes al Paleoceno (Iglesias *et al.*, 2007). Estas plantas se caracterizan por tener hojas grandes semejantes a las especies actuales de Nueva Caledonia, y por lo tanto pueden estar relacionados con climas

cálidos y húmedos. Sin embargo, los representantes de *Nothofagus* de hojas reducidas, aparecieron en la Patagonia a partir del Lutetiano (Quattrocchio, *et al.* 2007) y están relacionados con clima templado a frío (Iglesias, *et al.*, 2011).

Varios autores (Kemp, 1976; Barreda, 1996; Barreda, 1997), han mencionado que los requerimientos ecológicos del género *Nothofagidites* se pueden inferir por el tipo de grano de polen que lo representa. Se ha mencionado que el tipo *brassii* (*Brassospora*) se relacionan con climas templado-cálidos (mesotermiales) y zonas más bajas en comparación a los tipos *fusca* (*Fuscospora*) y *menziesii* (*Lophozonia*), los cuales requieren de suelos bien drenados que generalmente se encuentran en zonas altas y de temperatura más baja.

Al igual que en el resto del mundo, en Sudamérica, los climas fueron más cálidos en el intervalo del Paleoceno Tardío al Neógeno Temprano, que en la actualidad. Las especies vivientes de las angiospermas encontradas, relacionadas con la foresta lluviosa de *Nothofagus* tipo *brassii* (*Brassospora*) son mesotermiales (templado-cálido) a megatermales (subtropical-tropical) (Mac Phail, M. com. pers., 2012). En el sur de Chile (46°S) la Formación Ligorio Marquez (Suárez, *et al.*, 2000, Troncoso *et al.*, 2002) presenta una diversidad significativa de la familia megatermal Lauraceae (Suárez, *et al.*, 2000) sugiriendo también que las condiciones cálidas prevalecieron en el sur de Patagonia hasta el Paleoceno tardío?-Eoceno temprano.

Se ha reconocido además a la forma fósil *N. kaitangataensis* (Te Punga, Romero, 1973) Lámina 2 (D), la cual no se puede incluir dentro de los tres grupos reconocidos en el polen actual, por lo que se conoce como *Nothofagidites* “ancestral” (Dettmann, *et al.*, 1990). En América del Sur este grupo está representado por una sola especie, *N. kaitangataensis* (Te Punga, Romero, 1973), registrada del Maastrichtiano al Eoceno Medio, entre Punta Arenas (28 km al este de Punta Prat) y Tierra del Fuego (Romero y Zamaloa, 1997), presente también en Nueva Zelanda y Australia (Dettmann, *et al.* 1990).

En Punta Prat, el 81% (170) del conteo total de *Nothofagidites* (209) se concentran en la Formación Chorrillo Chico (Paleoceno), donde el 43% corresponde a los tipo *brassii* y el resto a los tipo *fusca* y *menziesii* (57%) los cuales han sido asociados a climas templados-fríos. En la Formación Agua Fresca (Eoceno Temprano a Medio) se encuentra el 19% (39) restante del total

de los conteos de *Nothofagidites*, donde el 41% (16) corresponde al tipo *brassii* y el 59% (23) a los tipos *fusca* y *menziesii*. Aunque en el intervalo basal del Eoceno temprano y en la parte más alta del intervalo estudiado, hay una ligera predominancia del tipo *brassii*. Estos cambios sugieren que en la cuenca Magallanes/Austral, todos los *Nothofagidites* disminuyeron su número por pérdida de hábitat debido a la invasión marina en el evento transgresivo del Paleoceno al Eoceno. Además, el calentamiento global del Eoceno, no eliminó completamente a los templado-fríos (tipo *fusca* y *menziesii*), solo disminuyó fuertemente su número. Mientras que los templados-cálidos (tipo *brassii*) fueron ligeramente favorecidos por el calentamiento.

Con base en lo anterior, la paleoecología en la localidad Punta Prat durante el Paleógeno puede inferirse con base en las asociaciones de los palinomorfos continentales observados en las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca. Estos conjuntos palinológicos reflejan un bosque con especies subtropicales y templadas, es decir, un bosque desarrollado bajo un clima más cálido que el actual, favorecido por el mejoramiento climático del MTPE considerado el calentamiento más pronunciado que se produjo a principios del Cenozoico, ocurrió desde mediados del Paleoceno (59 Ma) hasta principios del Eoceno (52 Ma) y alcanzó su punto máximo en el Óptimo Climático del Eoceno temprano (EECO; 52 a 50 Ma; Zachos et al, 2001; Crouch et al., 2001). Las familias del bosque de Punta Prat son: Podocarpaceae, Proteaceae y Nothofagaceae asociadas a helechos (Schizaeaceae, Polypodiaceae y Dicksoniaceae), cuyos requerimientos ecológicos están relacionados con alta humedad. La presencia de la familia Pandanaceae solamente en la Formación Chorrillo Chico asociada a *Phyllocladidites mawsonii*, *Spinozonocolpites* (asociado actualmente a *Nypa*), *Nothofagidites* tipo *brassii* y *Deltoidospora*, indica hábitats de humedal en el Paleoceno, mientras que su ausencia en el Eoceno indica desaparición de estos ambientes de zonas bajas, probablemente relacionada con una transgresión.

El género *Nothofagidites* es común en las muestras de Punta Prat y su distribución permite la interpretación de cambios ambientales. La localidad Pampa de Jones (Formación Huitrera en la Provincia de Neuquén, Argentina), es la única localidad datada radiométricamente en la Argentina, como Eoceno Temprano (54.24 Ma) (Wilf et al., 2010). En esta localidad, así como en el centro y norte de la Patagonia, durante el calentamiento del Eoceno temprano, no se ha reportado granos de polen de *Nothofagidites*, (Troncoso y Romero, 1999; Melendi, et al., 2003; Volkheimer, et al., 2006; Barreda y Palazzesi, 2007; Wilf, et al., 2010).

En cambio en Punta Prat, *Nothofagidites* se encuentra presente desde Paleoceno (Formación Chorrillo Chico) hasta el Eoceno medio (Formación Agua Fresca). Esta presencia sugiere que la cuenca de Magallanes/Austral pudo estar influenciada con el aporte proveniente de la Antártida, ya que la parte sur de la Patagonia se mantuvo unida a la Antártida Occidental durante un largo período (Romero, 1986; Nullo y Combina, 2011), por lo que su evolución fue, en parte, independiente de resto de Gondwana. Esta independencia pudo favorecer al registro y desarrollo de *Nothofagidites* primero en la parte más austral de Sudamérica y posteriormente en el centro y norte de la Patagonia probablemente a partir del Eoceno medio tardío (Formación Río Turbio).

Del Paleoceno al Eoceno medio los conteos de *Nothofagidites* en Punta Prat disminuyen, lo que implica un cambio en las condiciones ambientales, posiblemente reflejando el Máximo Termal del Paleoceno-Eoceno (MTPE) (Zachos, *et al.*, 2001), que aumentó la temperatura, inicialmente con lluvias escasas, y posteriormente con alta humedad (Wing, *et al.*, 2005). Estos cambios ambientales sugieren que la reducción en el tamaño de las hojas de *Nothofagus* (Iglesias, *et al.*, 2007) del Paleoceno al Eoceno pudo ser el resultado de su adaptación ante el calentamiento y la escasa precipitación, característicos del MTPE. Es probable que esta adaptación haya favorecido posteriormente a las nothofagáceas, permitiendo su desarrollo y permanencia hasta la actualidad en el sur de la Patagonia.

Por otra parte, al analizar el comportamiento descendente de los conteos de los tres tipos de *Nothofagidites* en Punta Prat, se observa el calentamiento del Eoceno, no eliminó a los tipos *fusca* y *menziesii* (templados-fríos) solo disminuyó su número, mientras que los tipo *brassii* (templados-cálidos) pudieron haber sido favorecidos por el calentamiento, pero debido a que forman parte de las especies paludales perdieron su hábitat disminuyendo su número por la invasión marina en el evento transgresivo del Paleoceno al Eoceno.

Los registros de los granos de polen de la familia Pandanaceae también nos permite interpretar cambios importantes durante la depositación de los sedimentos paleógenos de Punta Prat. En esta localidad, esta familia se encuentra representada por el género *Pandaniidites*, el cual se ha registrado en Patagonia y en la cuenca de Salta en el Daniano. Globalmente, el registro más antiguo para el género es del Maastrichtiano de Saskatchewan, Canadá (Nichols, *et al.*, 1986).

Los cambios climáticos paulatinos durante el Cenozoico provocaron su migración a áreas tropicales-subtropicales, donde se desarrolla actualmente (Prámparo, *et al.*, 2007).

En Punta Prat *Pandaniidites texus* se registra hasta el Paleoceno Tardío (Daniano Tardío a Selandiano Tardío) en la Formación Chorrillo Chico. Esta presencia sugiere que las familias: Pandanaceae y Arecaceae (*Spinizonocolpites*) estarían asociada a la generación de nuevos habitats, debido a la regresión paleocena. Además, la ausencia de *Pandaniidites texus* en la Formación Agua Fresca (Eoceno) se podría relacionar con la desaparición de zonas bajas durante la transgresión. Aunque no puede descartarse la idea de que el calentamiento del MTPE haya influido, es improbable que estas taxa que actualmente se encuentran en latitudes bajas hayan desaparecido por el aumento en temperatura.

Durante el Eoceno Temprano en la Formación Agua Fresca, *Phyllocadidites mawsonii* junto con nothofagáceas y proteáceas, de forma lineal, presentan una disminución en los conteos hacia la base del Eoceno Medio, a partir de esta edad hacia el tope de la sección *Phyllocadidites mawsonii*, junto con las proteáceas y en menor medida las araucarias presentan un ligero incremento, lo que sugiere el inicio del restablecimiento de sus hábitats. Sin embargo, de forma general las fluctuaciones de estas familias con requerimientos de mediana a alta humedad reflejan condiciones similares a las que presentan las nothofagáceas posteriormente al MTPE.

Comparación con otras cuencas

Al comparar las asociaciones de palinomorfos continentales de Punta Prat con otras asociaciones correlacionables cronológicamente previamente descritas para la Patagonia, se obtienen que los índices de similitud son menores a 0.25 y al realizar el análisis con las formaciones por separado se obtiene que, la similitud en las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca son menores a 0.68. En ambos análisis se observan marcadas diferencias entre las asociaciones paleocenas y eocenas de estas Formaciones y las de Argentina. Esta diferencia es particularmente evidente con Cerro Bororó (Las Plumas) del Paleoceno, debido a que en el nivel muestreado en esta localidad de Argentina, se ha reportado la presencia de las familias Ephedraceae, Gunneraceae, Ericaceae y esporas de la familia Salviniaceae (Volkheimer, *et al.*, 2007), las cuales no están presentes en las asociaciones aquí estudiadas.

De las asociaciones paleógenas analizadas de la literatura, la que presenta el mayor índice de similitud a las Formaciones Chorrillo Chico (0,24) y Agua Fresca (0,26) es la de la Formación Río Turbio (Superior e Inferior) (Archangelsky, 1972; Romero, 1977; Romero y Zamaloa, 1985; Romero y Castro, 1986), debido a la presencia de Podocarpaceae, Nothofagaceae, el género *Phyllocladidites*, y en menor proporción Araucariaceae y Proteaceae. También se registran esporas de helechos principalmente de las familias Schizaeaceae y Polypodiaceae. Sin embargo, el índice de similitud bajo (0,26 y 0,24) y por lo tanto no significativo se debe a que en la Formación Río Turbio se registran las familias Ephedraceae y Juglandaceae, las cuales están ausentes en Punta Prat.

Es probable que los depósitos de la Formación Agua Fresca sean más antiguos que los de la Formación Río Turbio (Eoceno medio tardío) en la que se registra la expansión del bosque de *Nothofagus* (Romero, 1973) no registrado en la Formación Agua Fresca (Eoceno temprano a medio) aquí estudiada.

La asociación palinológica paleógena de Punta Prat puede ser incluida como parte en la Paleoflora Gondwánica (Formación Chorrillo Chico) y la Paleoflora Subtropical Gondwánica (Formación Agua Fresca) que reflejan condiciones tropicales relacionadas a un evento cálido y húmedo del Paleoceno/Eoceno o MTPE (Zachos, *et al.*, 2001; Hinojosa, 2005).

Análisis estadístico

El análisis estadístico de la asociación de palinomorfos en Punta Prat, muestra que en el intervalo del Paleoceno tardío dominan los taxa continentales con un valor más alto en la diversidad ($H' = 2.16$) a comparación de los marinos ($H' = 2.14$). En el intervalo Eoceno temprano se presentan los valores más bajos en la diversidad ($H' = 1.3$) para ambos conjuntos, esto puede ser debido a que el valor más bajo de recuperación (297) se localiza en la muestra PP-18 perteneciente a este intervalo. En el intervalo del Eoceno medio, estos valores aumentan ($H' = 2$). En ambos intervalos eocenos se observa un ligero dominio de los palinomorfos marinos sobre los continentales.

Los valores del IPM presentan un comportamiento cíclico con tendencia a aumentar de la Formación Chorrillo Chico hacia la Formación Agua Fresca. Los valores más altos del IPM (59-62), se alcanzan durante el Eoceno en las muestras PP-13, PP-17, PP-24 y PP-25, por lo que estos

puntos son considerados SIM. Estos valores altos se presentan después de los valores del IPM menores a 50, considerados LS.

En el intervalo Eoceno temprano el valor más alto del IPM (60) se encuentra en la muestra PP-13, considerada la SIM correspondiente a los 54.4 Ma (Hardenbol, *et al.*, 1998). El conteo total de taxa continentales en este punto es de 238 y el de marinos 375 y los géneros de dinoflagelados que presentan mayor abundancia son: *Impagidinium* (37), *Isabelidinium* (35) y *Cassidium* (35). Los dos primeros constituyen dos de los principales conjuntos genéricos del primer factor extraído con el AF que proporcionan el mayor porcentaje de la varianza (18.4%). En el intervalo Eoceno medio, hacia la cima de la secuencia, el valor más alto del IPM (62) se encuentra en la muestra PP-25 (SIM-47.7 Ma). El conteo total de taxa continentales en este punto es de 190 y el de marinos 361 y los géneros de dinoflagelados que presentan mayor abundancia son: *Spiniferites* (60), *Areoligera* (40), *Chiropteridinium* (40) y *Cerodinium* (45) de los cuales solo *Areoligera* pertenece a uno de los principales conjuntos genéricos del tercer factor extraído con el AF que proporcionan el mayor porcentaje de la varianza (14.8%).

Al comparar el IPM con el IPAL, presentan el mismo comportamiento cíclico pero generalmente de manera inversa, esto se observa claramente en la Formación Chorrillo Chico durante el Paleoceno. Estos comportamientos sugieren la presencia de sistemas transgresivos-regresivos. El comportamiento inverso del IPAL con respecto al IPM sugiere que las especies paludales cercanas a la costa pierden su hábitat por la invasión marina en eventos transgresivos.

En el intervalo Paleoceno, predominan los géneros *Palaeoperidinium* (340), *Spinidinium* (201), *Volheimeridium* (194), *Palaeocystodinium* (163), *Isabelidinium* (172) y *Alisocysta* (168), que son formas peridiniodeas (heterótroficas) probablemente asociadas a zonas de alta productividad primaria. En este intervalo, el género *Alisocysta* (168) es el único dominante de las formas gonyaulacoideas (autótrofas) en la Formación Chorrillo Chico. En el Eoceno temprano, los géneros dominantes son: *Glaphyrocysta* (266), *Spiniferites* (80), *Isabelidinium* (106) y *Spinidinium* (70). Los dos primeros son formas gonyaulacoideas relacionadas distribuyéndose ampliamente en ambientes desde transicional hasta nerítico medio (0 a 200 m; Williams, 1977; Jan du Chêne y Adediran, 1985; Harland, 1983; Duffield y Stein, 1986; Bankole, *et al.* 2007). En la parte eocena media de la Formación Agua Fresca, los géneros observados con mayor

frecuencia son *Spiniferites* (391), *Alisocysta* (203), *Areoligera* (130), *Impagidinium* (113) y *Operculodinium* (103), los cuales son formas gonyaulacoideas. También se observan las formas peridinioideas *Palaeocystodinium* (162) e *Isabelidinium* (147). Como se observa, este conjunto está dominado por las formas fotosintéticas asociadas a zonas con mayor estratificación en la columna de agua. Además la presencia importante de los géneros *Spiniferites* y *Operculodinium* indican ambientes de plataforma, mientras que el menos abundante *Impagidinium* indica ambientes más oceánicos (Williams, 1977; Harland, 1983; Jan du Chêne y Adediran, 1985; Duffield y Stein, 1986; Wrenn y Kokinos, 1986; Bankole, *et al.* 2007).

En Punta Prat, el intervalo Paleoceno está dominado por formas heterótrofas con altos valores de diversidad ($H' = 2.38$; $1-D = 0.90$ en PP-11), sugiriendo alta productividad primaria en condiciones de turbulencia. Esto es, la presencia de abundantes diatomeas aprovechando los nutrientes en la zona eufótica producto de la turbulencia causada por surgencias. Estas condiciones se apoyan en el IDA utilizado en esta investigación y calibrada estadísticamente con el MDS. Estos valores muestran que durante el Paleoceno tardío (PP-5 a PP-11) dominan las formas heterotróficas (Peridinioideos), lo que se puede interpretar como un ambiente de mayor productividad con turbulencia. En cambio, a partir de la muestra PP-12 (finales del Paleoceno tardío) hasta la cima de la sección (PP-27), es decir, en la mayor parte de la Formación Agua Fresca del Eoceno temprano al Eoceno medio dominan las formas autótrofas (Gonyaulacoideos) con altos valores de diversidad ($H' = 2.81$; $1-D = 0.93$ en PP-26). Este cambio se interpreta como un cambio a un ambiente de menor productividad y mayor estratificación (menor turbulencia).

Aspectos Sedimentarios

En otras secciones de la región, se ha propuesto que el pasaje Paleoceno-Eoceno se produce dentro de un nivel eustático bajo, el cual se manifiesta en la Patagonia con una pronunciada regresión y el consecuente desarrollo de una discontinuidad en las cuencas patagónicas (Malumián, 1999). Por otra parte, en Punta Prat se observa un cambio en la litología y en los contenidos palinológicos que indican una tendencia transgresiva. Estas condiciones pueden estar relacionadas con la ubicación de Punta Prat más cerca del depocentro de la Cuenca Magallanes/Austral. La ausencia del género de dinoflagelado *Apectodinium* (Quattrocchio, 2009) indica un posible hiato/laguna en el límite Paleoceno-Eoceno en el área estudiada. Considerando este modelo, la relación con la suprayacente Formación Agua Fresca en el área de estudio sería

mediante una paraconcordancia. Otros autores también interpretan la presencia de una discontinuidad regional a mediados del Thanetiense (Paleoceno Tardío) en la parte superior de la Formación Chorrillo Chico (Biddle, *et al.*, 1986).

Consideraciones finales.

La riqueza y abundancia de quistes de dinoflagelados indican la depositación en un medio marino, llegando ocasionalmente hasta plataforma media-externa por la presencia del género *Impagidinium* (Wrenn y Kokinos, 1986). La riqueza y abundancia de palinomorfos continentales registrados en las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca indican proximidad al área de aporte continental. En particular, la gran abundancia de esporas indica proximidad a afluentes fluviales, dado que estas son producidas en menor número que el polen anemófilo y tienden a ser transportadas más por corrientes de agua. Se sugiere que las litofacies principalmente de la Formación Chorrillo Chico, probablemente corresponden a flujos hiperpícnicos (Ponce, J.J., com. pers., 2012). Estos flujos son descargas fluviales originadas en el continente con agua dulce intersticial, formando turbiditas extracuencales (Zavala, *et al.*, 2012). Desafortunadamente no hay estudios palinológicos publicados (Tyson, R. com. pers., 2012) en ambos sistemas, ni estudios sedimentológicos de detalle en el área de estudio, por lo que la presencia de este tipo de sedimentos en los depósitos paleógenos de Punta Prat solo se sugiere.

Capítulo V. Área paleógena tropical

V.1. Ubicación

El pozo exploratorio Araromi-1 se perforó en la Cuenca Dahomey, también conocida como Cuenca de Benín, al suroeste de Nigeria, África ($6^{\circ}07'N$; $4^{\circ}53'E$) y atraviesa estratos con edades del Cretácico Tardío al Paleógeno (Figura 22). La Cuenca Dahomey se extiende desde el suroeste de Ghana a través de las Repúblicas Togo y Benín, hasta Nigeria.

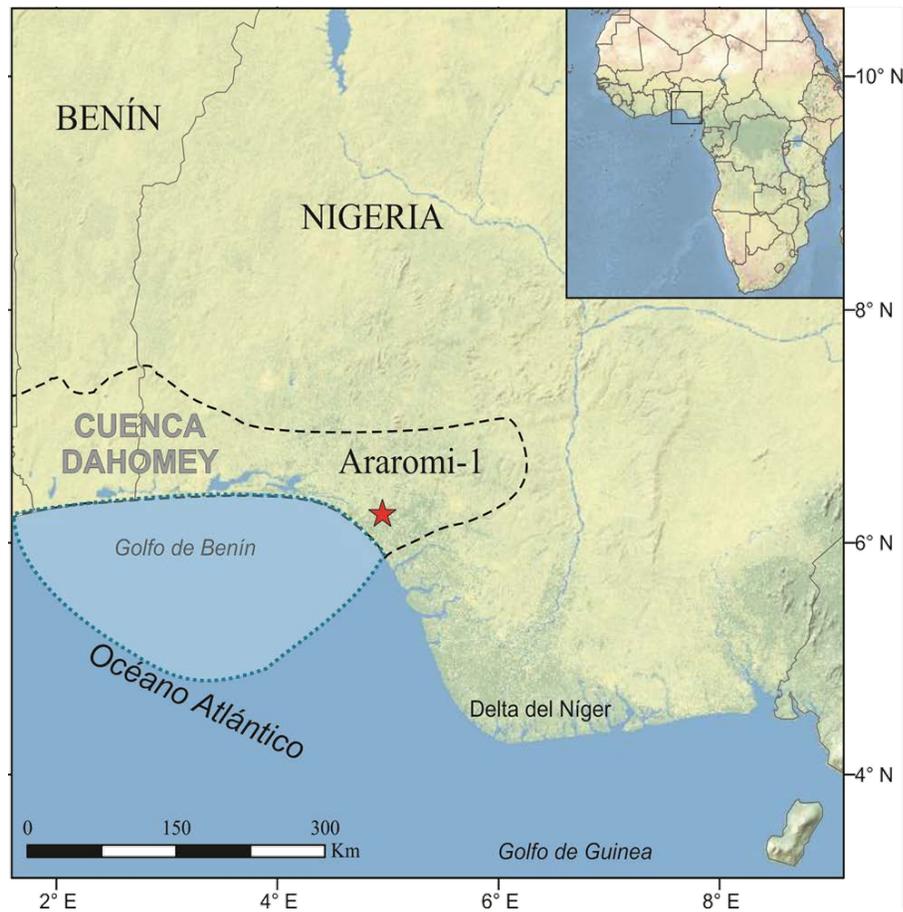


Figura 22. Localización del pozo Araromi-1 (indicado por la estrella) en la zona este de la Cuenca Dahomey en el sureste de Nigeria. Modificado de Adekeye y Akande, (2010, p.43).

V.2. Marco Geológico

La Cuenca Dahomey (Benin) está limitada al norte por un alto del basamento en el subsuelo, conocido como cresta de Okitipupa que la separa del Río Níger y hacia el sur su extensión marina aún no se ha definido completamente. Esta cuenca se desarrolló desde el Jurásico Tardío hasta el Cretácico Temprano, al inicio de la separación continental de África y Sudamérica (Figura 23).

La separación de la corteza, precedida por su adelgazamiento estuvo acompañada de un prolongado período de subsidencia durante el Cretácico Tardío y Terciario Temprano (Murat, 1972; Burke, 1996).

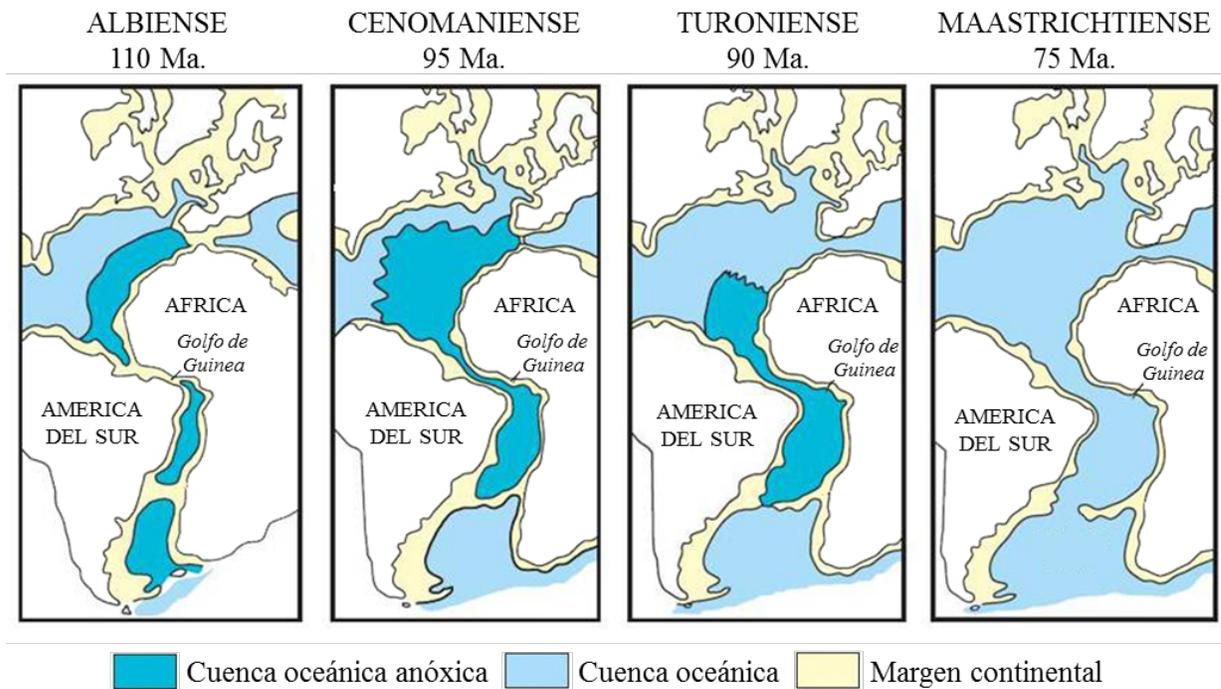


Figura 23. Etapas paleogeográficas en la separación de África y América del Sur durante el Cretácico. Modificado de Tissot, *et al.*, (1980, p. 2053).

V.2.1. Estratigrafía del Paleógeno de la Cuenca Dahomey

La estratigrafía de la Cuenca Dahomey ha sido descrita y discutida por diversos investigadores (Jones y Hockey, 1964; Omatsola y Adegoke, 1980, 1981; Billman, 1992; Idowu, *et al.*, 1993; Nton, 2001; Nton, *et al.*, 2006, 2009; Obaje, 2009), pero aún existen controversias en la asignación de edad y la nomenclatura de las diferentes unidades litológicas de la Cuenca. Sin embargo se ha establecido que la secuencia sedimentaria basal cretácica descansa discordantemente sobre un basamento pre-cámbrico que consiste en ciclos sedimentarios de carbón, arcillas y margas con horizontes fosilíferos. El sistema Cretácico incluye estratos que van desde pre-Albiense hasta Maastrichtiense, el cual se divide en dos zonas geográficas (norte y sur). La secuencia de la zona norte consiste en arenas basales que cambian gradualmente a capas arcillosas con intercalaciones de lignitos y lutitas. La zona sur tiene una estratigrafía más compleja con calizas y capas de margas formando la mayor parte de la columna (Obaje, 2009).

Se han reconocido las formaciones siguientes: Ewekoro (calizas, Maastrichtiano tardío a Paleoceno), Araromi (pizarra, Maastrichtiano), Afowo (areniscas y lutitas, Turoniano) e Ise (arenisca, Neocomiano-Albiano) (Bankole, *et al.* 2007) (Figura 24).

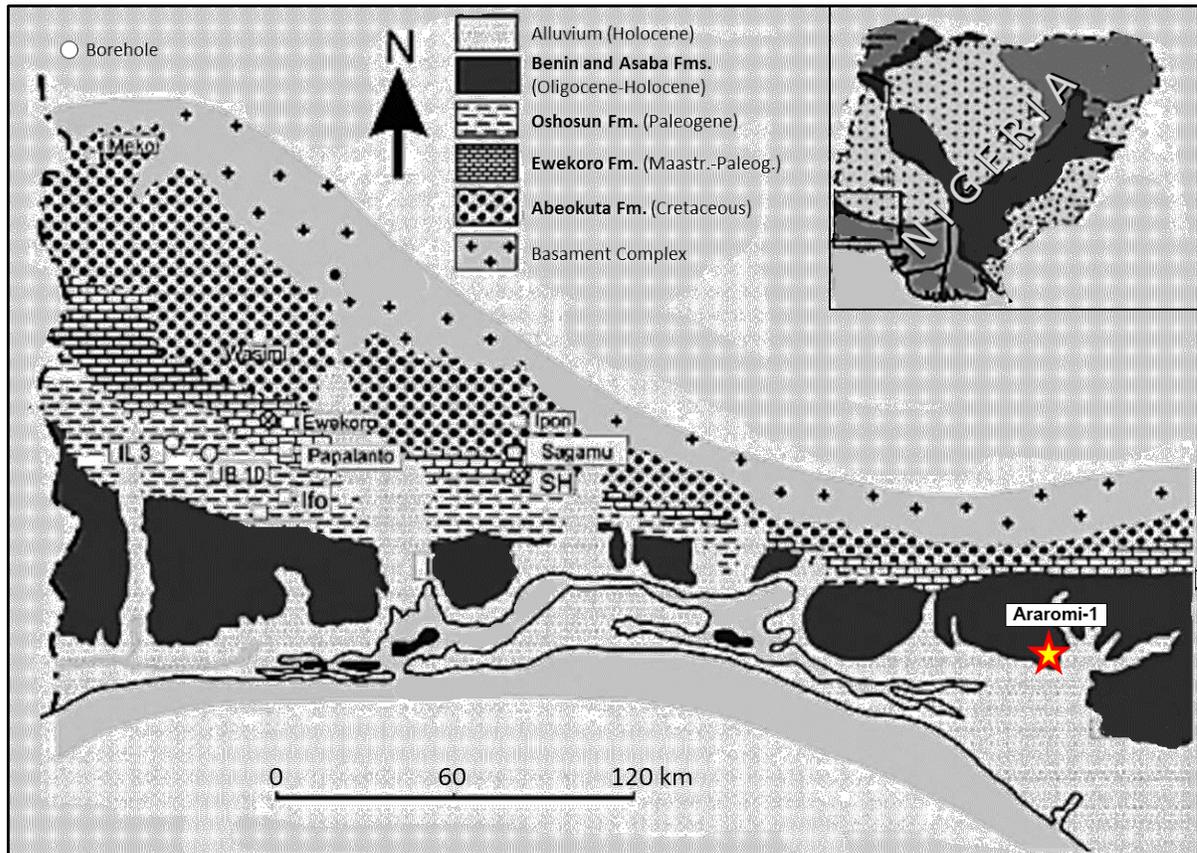


Figura 24. Mapa geológico de la cuenca Dahomey. Modificado de Bankole, *et al.*, (2007, p.31).

Recientemente se han descrito columnas estratigráficas del Terciario Inferior del occidente de la Cuenca Dahomey, hacia el oeste de Sagamu, Nigeria (Bankole, *et al.*, 2007; Gebhardt, *et al.*, 2010). Estas columnas han sido asignadas a la Formación Oshosun compuesta por lutitas y limolitas con concreciones calcáreas del Paleoceno tardío al Eoceno temprano (Figura 25).

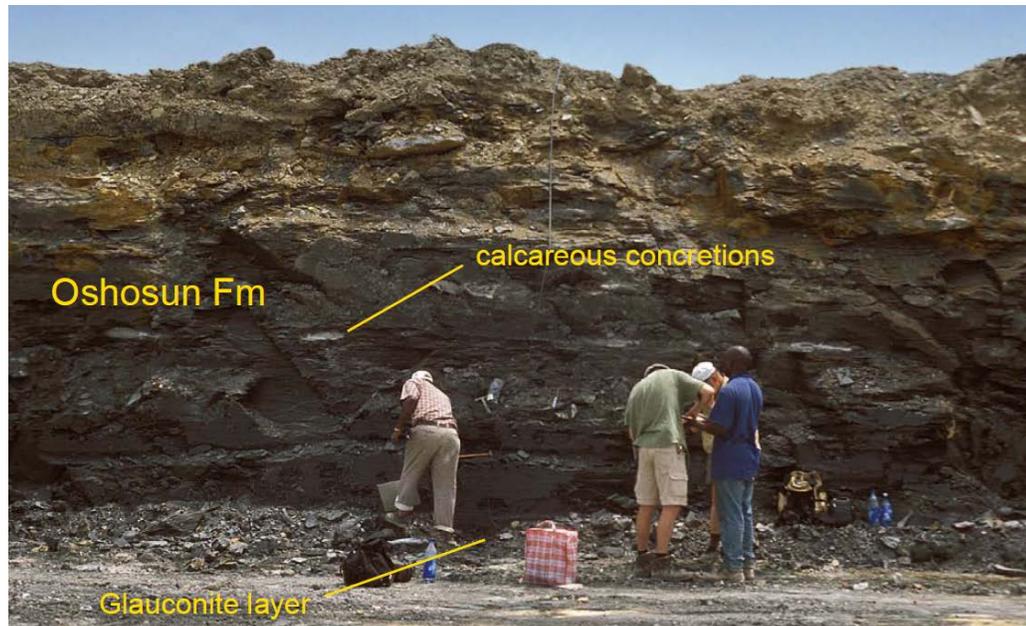


Figura 25. Parte del afloramiento de la Formación Oshosun expuesto en Sagamu al suroeste de Nigeria. Modificado de: Gebhardt, *et al.*, (2010, p.5).

V.2.1.1. Estratigrafía del pozo Araromi-1

Diversos estudios micropaleontológicos (Jan Du Chêne, *et al.*, 1978; Okosun, 1990; Gebhardt, *et al.*, 2005; Bankole, *et al.*, 2007), muestran que los sedimentos lutíticos y limolíticos de la Formación Oshosun se depositaron durante el Paleoceno-Eoceno. Los foraminíferos recuperados en la Formación Akinbo, que se correlaciona con la parte basal de la Formación Oshosun, son: *Globorotalia convexa*, *G. aequa* y *G. aff. velascoensi* del Paleoceno y *Globorotalia aragonensis* y *G. simulatilis* del Eoceno (Ogbe, 1972) y la presencia de quistes de dinoflagelados como: *Apectodinium homomorphum*, *A. quinquelatum*, *A. paniculatum*, *Kallosphaeridium cf. brevibarbatum*, *Hafniasphaera septata* e *Ifecysta pachyderma* en la Formación Oshosun confirman que su depósito fue del Paleoceno tardío al Eoceno temprano (Bankole, *et al.*, 2007). En la Figura 26, se muestra la columna estratigráfica del pozo exploratorio Araromi-1, donde se observan calizas en la parte basal posiblemente de edad cretácica y una secuencia de 500 m lutitas y lutitas arenosas de la Formación Oshosun del Paleoceno temprano al Eoceno temprano.

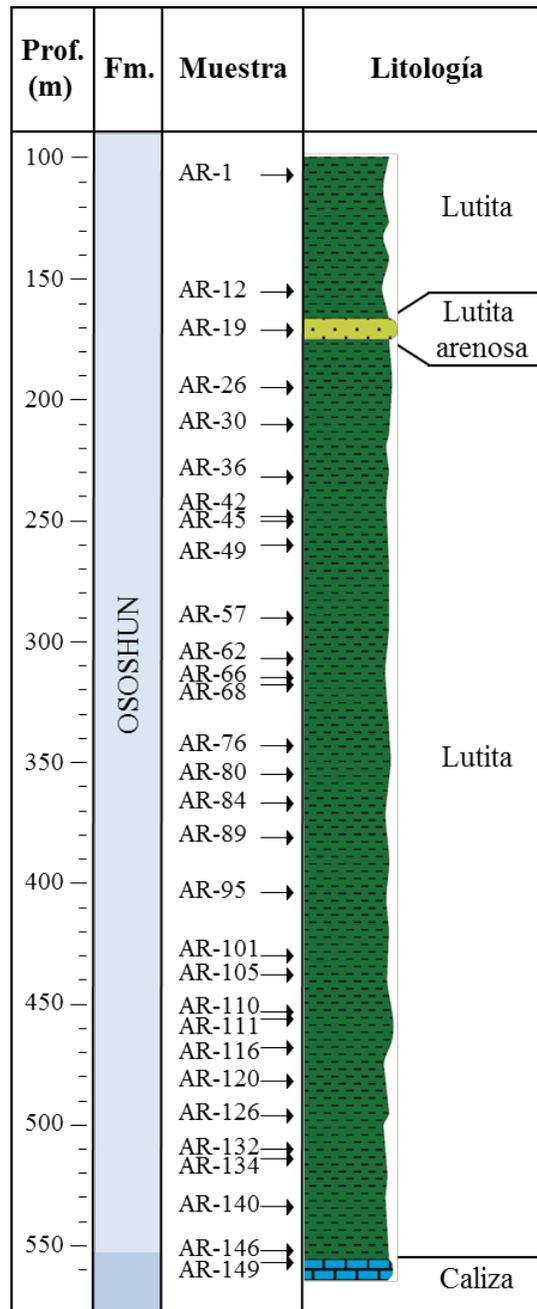


Figura 26. Columna estratigráfica compuesta, representa la litología del Cretácico Tardío al Eoceno temprano que atraviesa el pozo Araromi-1.

V.3. Resultados

V.3.1. Conteos totales y riqueza de palinomorfos

Las 30 muestras analizadas contienen una asociación de palinomorfos bien preservados, los conteos totales de especímenes (marinos y continentales) es de 5067; de forma general el análisis cuantitativo indica un dominio de palinomorfos marinos del 67% (3392), el resto son palinomorfos continentales (1675) (Figura 27).

Los palinomorfos marinos están representados por quistes de dinoflagelados (82.6%), acritarcas (8.7%), moldes de foraminíferos (8.3%), escolecodontes (0.3%) y huevos de copépodos (0.1%), este grupos se encuentra presente en todas las muestras, excepto en la muestra AR-12 que solo presenta continentales.

Los palinomorfos continentales están representados por esporas (29.5%), granos de polen de angiospermas (39.9%), partes estructurales de hongos (30%) y algas de agua dulce (*Pediastrum* sp., 0.6%).

GRUPOS		Taxa	Generos	Especies	CONTEOS
PALINOMORFOS MARINOS	D. Peridinioideos	28	9	14	1408
	D. Gonyaulacoideos	56	27	30	1378
	D. Gymnodinioideos	2	1	1	9
	Otros dinoflagelados	2 morfotipos			7
	DINOFLAGELADOS	86	37	45	2802
	Acritarcas	3	3	0	204
		1 morfotipo			91
	Copepodos	2 morfotipos			4
	Foraminíferos	3 morfotipos			280
	Escolecodontes	1 morfotipo			11
	OTROS MARINOS	3	3	0	590
TOTAL	89	40	45	3392	
P. CONTINENTALES	Esporas	15	11	4	495
	Polen de angiospermas	30	26	5	638
		4 morfotipos			30
	ESPORAS y POLEN	45	37	9	1163
	Fungi	3 morfotipos			502
	Pediastrum sp.	1	1	0	10
	OTROS CONTINENTALES	1	1	0	512
TOTAL	46	38	9	1675	
PALINOMORFOS TOTALES	135	78	54	5067	

Figura 27. Conteos de taxa, géneros y especies de palinomorfos del pozo Araromi-1.

Los conteos totales de especímenes de palinomorfos por muestra alcanzan un máximo de 432 (muestra AR-26), un mínimo de 45 (muestra AR-57) y un promedio en la totalidad de las muestras de 169 especímenes.

La riqueza total es de 135 taxa y 16 morfotipos en el total de las muestras. Esta varía desde 47 en la muestra AR-26 hasta 12 en las muestras AR-57 y AR-116. El 64% de la riqueza de especies

está representada por palinomorfos marinos y 36% por continentales. En general, la riqueza de palinomorfos marinos está representada por: quistes de dinoflagelados (88.7%), acritarcas (4.1%), huevos de copépodos (2.1%), moldes de foraminíferos (3.1%) y escolecodontes (1%). Mientras que los palinomorfos continentales están representados por: esporas (26.3%), granos de polen de angiospermas (66.7%), partes estructurales de hongos (5.3%) y algas de agua dulce como *Pediastrum* sp. (1.7%) (Figura 28).

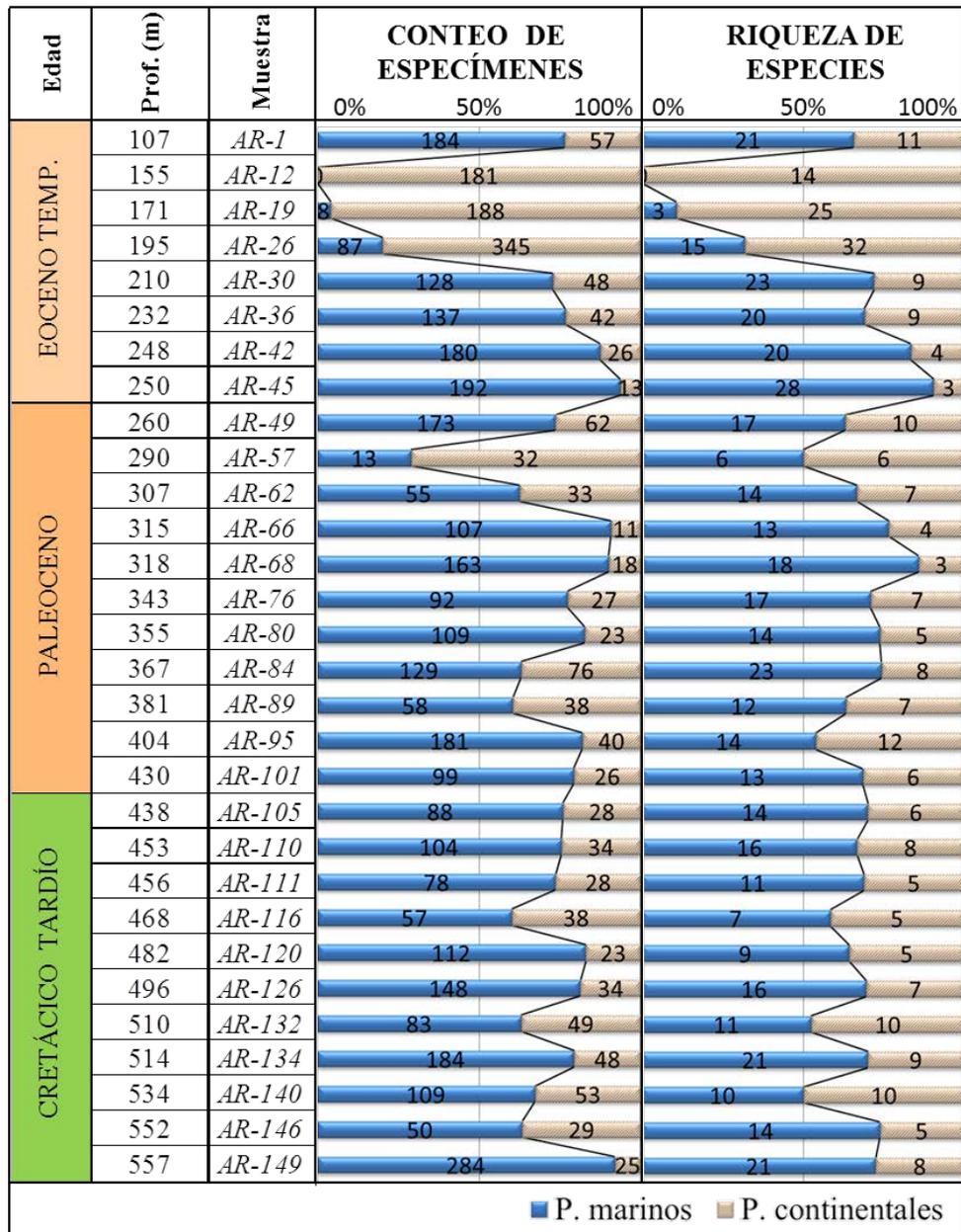


Figura 28. Conteos totales y riqueza de palinomorfos del pozo Araromi-1.

V.3.2. Grupos palinomorfos en el pozo Araromi-1

V.3.2.1. Grupos palinomorfos marinos

Dinoflagelados. El grupo de palinomorfos marinos más abundante (66%) es el de los dinoflagelados; considerando su totalidad (2802), la mayoría pertenecen a la orden Peridinales (50.3%) que son principalmente heterotróficos, los Gonyaulacales (49.2%) que son autotróficos en su mayoría (Fensome, et al., 1996) y los taxa Gymnodinioideos (0.3%) y otros dinoflagelados (0.2%) cuyas estrategias tróficas son variadas.

V.3.2.1.1. Dinoflagelados autótrofos y heterótrofos

Debido a sus estrategias tróficas y a su proliferación en zonas de surgencias y/o estratificadas, los conteos y riqueza de quistes Gonyaulacales (autótrofos) y Peridinales (heterótrofos) se realizaron por separado, obteniendo que 49% (1378) de los conteos son formas autótrofas y el 51% (1408) heterótrofas. Los géneros observados con mayor frecuencia son: *Palaeocystodinium* (24%), *Cerodinium* (15%), *Lingulodinium* (7%) y *Achomosphaera* (6%), estos dos últimos son formas gonyaulacoideas. Con respecto a los conteos, en la base de la columna se observa que las formas peridinioideas dominan hasta la muestra AR-105 y a partir de ahí las formas gonyaulacoideas son dominantes en todas las muestras, a excepción de la muestra AR-1, en la parte superior de la columna (Figura 29).

Los mayores registros de riqueza específica corresponden a los taxa gonyaulacoideos (67%) con respecto a los peridinioideos (33%), a lo largo de la columna estratigráfica. Las especies gonyaulacoideas varían entre 1 a 18 especies, promediando 7 taxa, mientras las especies peridinioideas oscilan entre las 1 y 11, con un promedio de 5 taxa. La riqueza refleja la situación de los conteos en donde se observa que en la base de la columna dominan las formas peridinioideas, mientras que las gonyaulacoideas dominan la parte superior (Figura 29).

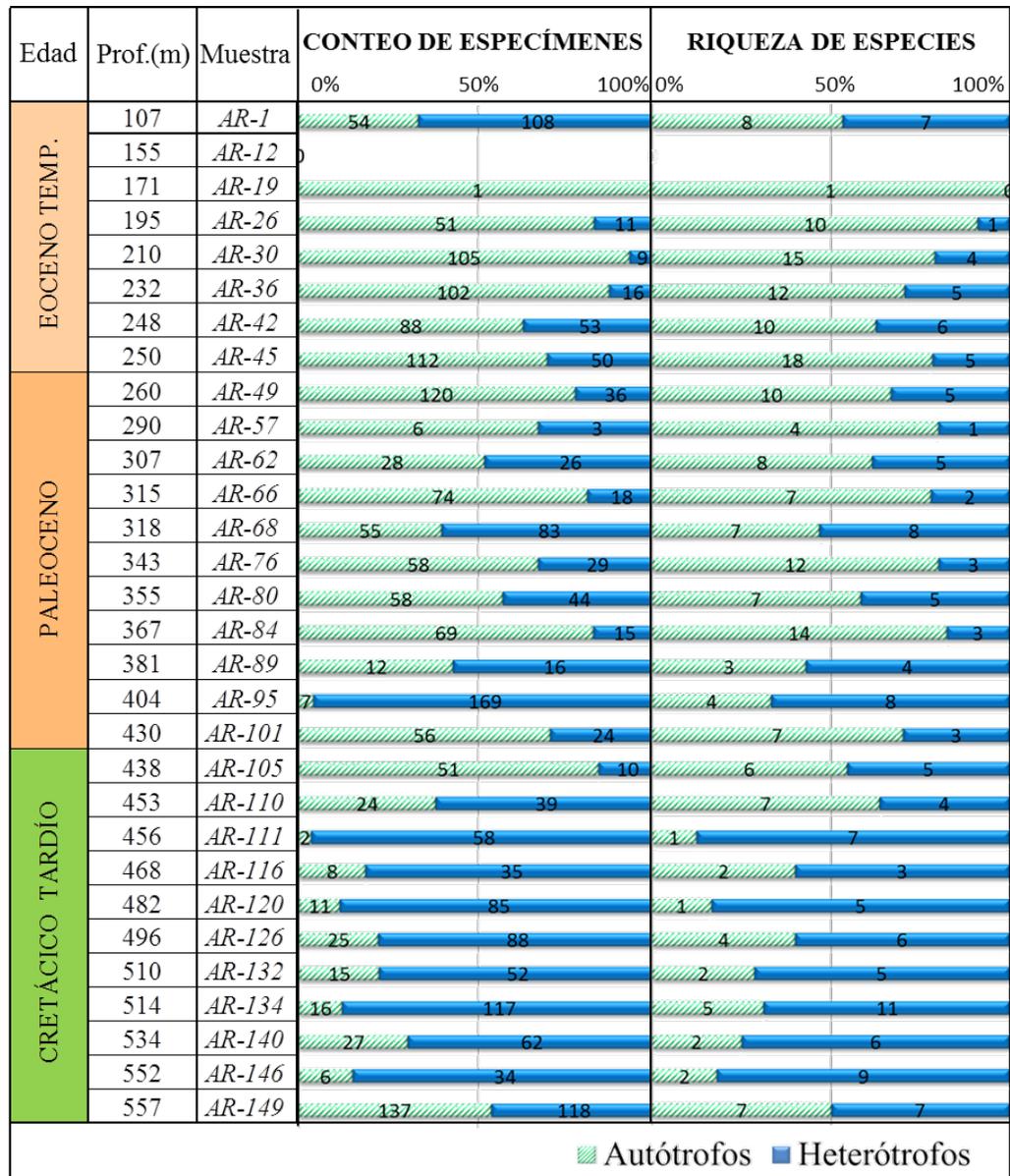


Figura 29. Conteos totales y riqueza de palinomorfos marinos del pozo Araromi-1.

El valor más alto del Índice de diversidad de Shannon (H') se presentan en la muestra AR-30 ($H'=2.38$) y corresponde a formas autótrofas (Tabla 8). En la base de la columna se (muestra AR-134) se observa que el valor máximo es de H' (2.01) y corresponde a los peridinioideos. Este índice fluctúa entre 0 y 2.01 por individuo, con un promedio de 1.18 por taxa de peridinioideos, mientras que los gonyaulacoideos oscilan entre 0 y 2.38, promediando 1.34 por taxa.

Los resultados del Índice de diversidad de Simpson (1-D) muestran, al igual que H', que el valor más alto de 1-D para las formas gonyaulacoideas se encuentra en la muestra AR-30 (0.89) y el más alto para los heterótrofos (0.84) es el de la muestra AR-134 (Tabla 8).

Tabla 8. Índices de diversidad de dinoflagelados autótrofos y heterótrofos. Los valores mas bajos de H' se indican con negritas.

Muestra	AUTÓTROFOS					HETERÓTROFOS				
	S	n	D	1-D	H'	S	n	D	1-D	H'
AR-1	8	54	0.16	0.84	1.93	7	108	0.23	0.77	1.64
AR-12	0	0	—	—	—	0	0	—	—	—
AR-19	1	1	1.00	0.00	0.00	0	0	—	—	—
AR-26	10	51	0.22	0.78	1.86	1	11	1.00	0.00	0.00
AR-30	15	105	0.11	0.89	2.38	4	9	0.28	0.72	1.31
AR-36	12	102	0.12	0.88	2.24	5	16	0.26	0.74	1.46
AR-42	10	88	0.18	0.82	1.92	6	53	0.31	0.69	1.36
AR-45	18	112	0.14	0.86	2.32	5	50	0.55	0.45	0.91
AR-49	10	120	0.16	0.84	2.00	5	36	0.34	0.66	1.27
AR-57	4	6	0.28	0.72	1.33	1	3	1.00	0.00	0.00
AR-62	8	28	0.18	0.82	1.84	5	26	0.33	0.67	1.31
AR-66	7	74	0.31	0.69	1.46	2	18	0.90	0.10	0.21
AR-68	7	55	0.34	0.66	1.32	8	83	0.18	0.82	1.88
AR-76	12	58	0.13	0.87	2.19	3	29	0.70	0.30	0.58
AR-80	7	58	0.24	0.76	1.64	5	44	0.37	0.63	1.24
AR-84	14	69	0.19	0.81	2.07	3	15	0.45	0.55	0.93
AR-89	3	12	0.50	0.50	0.87	4	16	0.29	0.71	1.31
AR-95	4	7	0.31	0.69	1.28	8	169	0.21	0.79	1.76
AR-101	7	56	0.34	0.66	1.32	3	24	0.53	0.47	0.76
AR-105	6	51	0.60	0.40	0.89	5	10	0.24	0.76	1.51
AR-110	7	24	0.31	0.69	1.51	4	39	0.37	0.63	1.16
AR-111	1	2	1.00	0.00	0.00	7	58	0.21	0.79	1.69
AR-116	2	8	0.63	0.38	0.56	3	35	0.45	0.55	0.93
AR-120	1	11	1.00	0.00	0.00	5	85	0.29	0.71	1.42
AR-126	4	25	0.41	0.59	1.06	6	88	0.25	0.75	1.50
AR-132	2	15	0.61	0.39	0.58	5	52	0.31	0.69	1.27
AR-134	5	16	0.28	0.72	1.42	11	117	0.16	0.84	2.01
AR-140	2	27	0.52	0.48	0.68	6	62	0.34	0.66	1.36
AR-146	2	6	0.56	0.44	0.64	9	34	0.17	0.83	1.96
AR-149	7	137	0.30	0.70	1.46	7	118	0.23	0.77	1.62

Otros marinos. En el grupo denominado “otros marinos” (12%), el conjunto más abundante es el de las acritarcas (50%), seguido por: moldes de foraminíferos (47%), escolocodontes (2%) y copépodos (1%).

V.3.2.2. Grupos palinomorfos continentales

V.3.2.2.1. Esporas

El grupo de palinomorfos continentales más abundante (55%) es el de las esporas de Bryophytas y Pteridophytas, la mayoría de las cuales pertenecen a las familias: Polypodiaceae, Lycopodiaceae y Schizaeaceae. Del total de esporas, los géneros observados con mayor frecuencia son: *Deltoidospora* (66%), *Retitriletes* (14%) y *Cicatricosisporites* (5%), mientras que el resto (15%) pertenece a otras esporas representadas con menor frecuencia.

V.3.2.2.2. Angiospermas

El grupo de las angiospermas está representado por granos de polen de los géneros observados con mayor frecuencia que son: *Psilamonocolpites* (18%), *Proxapertites* (14%), *Taxodium* (12%), *Retitricolpites* (11%) los, el resto (45%) pertenece a otros géneros observados con menor frecuencia. El género *Taxodium* es considerado una taxa perteneciente a zonas de baja altitud y mal drenaje como pantanos.

V.3.3. Distribución Estratigráfica de Palinomorfos

La distribución bioestratigráfica de la secuencia tropical se basa principalmente en los intervalos estratigráficos de las especies de dinoflagelados observados en las muestras del pozo Araromi-1, el cual representa una sedimentación durante el intervalo de Cretácico Tardío a Eoceno temprano. Los límites estratigráficos de los dinoflagelados observados se encuentran en Drugg y Stover (1975); Williams y Bujak (1985); Wrenn *et al.* (1986); Matsuoka y Bujak (1988); Haq, *et al.* (1988); Powell (1992); Williams, *et al.* (1993, 2004). Además, los alcances estratigráficos usados están complementados con la información contenida en la base de datos computarizada TAXON (Ravn, R.L. comunicación personal, 2003) y en la base de datos Palynodata (2006; Palynodata File version 2006. [Geological Survey of Canada, Open File Issue: 5793](#)).

V.3.3.1. Rangos Bioestratigráficos de Palinomorfos

Lo rangos de las edades determinadas con base en la distribución estratigráfica de las especies de palinomorfos en el sentido de la perforación van desde el Eoceno temprano al Maastrichtiano Tardío (ANEXO F), tomando como referencia la carta de ciclos eustático de Hardenbol, *et al.*, (1998) y las dataciones radiométricas ahí usadas para los límites de las edades geológicas y de

manera comparativa la carta cronoestratigráfica ICC (International Chronostratigraphic Chart) de Gradstein et al. (2012) (Tabla 9).

AR-1 a AR-45 → Eoceno temprano

La edad para el intervalo AR-1 a AR-45 (107-250 m) asignada es Eoceno temprano (49-54.8, ICC: 47.8-56), la cual se determinó por la presencia de los dinoflagelados: *Cerodinium leptodermum* (49-76.2), *Palaeocystodinium lidiae* (49-83.5), *Hystrichosphaeridium salpingophorum* (49-93.5) y *Lejeunecysta lata* (23.8-54.8). La especie *Cerodinium boloniense* (65- 98.9) es considerada como posible retrabajo en este intervalo.

AR-49 a AR-57 → Eoceno temprano a Paleoceno tardío

La edad determinada para el intervalo AR-49 a AR-57 (260-290 m) es Eoceno temprano a Paleoceno tardío (49-60.9, ICC: 47.8-61.6) basada en la presencia de: *Cerodinium leptodermum* (49-76.2), *Polysphaeridium zoharyi* (0-60.9) y *Apectodinium homomorphum* (28.5-65). La especie *Cerodinium boloniense* (65- 98.9) es considerada como posible retrabajo en este intervalo.

AR-62 a AR-84 → Paleoceno tardío

La edad determinada para el intervalo AR-62 a AR-84 (307-367 m) es Paleoceno tardío (54.8-60.9, ICC: 56-61.6) con base en la presencia de: *Cerodinium diebelii* (54.8-83.5), *Palaeocystodinium australinum* (54.8-76.2), *Polysphaeridium zoharyi* (0-60.9) y *Glaphyrocysta exuberans* (23.8-60.9). La especie *Cerodinium boloniense* (65-98.9) es considerada como posible retrabajo en este intervalo.

AR-89 a AR-95 → Paleoceno sin diferenciar

El Paleoceno (54.8-65, ICC: 56-66) determinado para el intervalo AR-89 a AR-95 (381-404 m) se basa en la presencia de: *Apectodinium homomorphum* (28.5-65), *Cerodinium diebelii* (54.8-83.5), *Palaeocystodinium australinum* (54.8-76.2), y *Damassadinium californicum* (33.7-65). En este intervalo la especie *Cerodinium boloniense* (65-98.9) es considerada como un posible retrabajo.

AR-101 → Paleoceno a Maastrichtiano sin diferenciar

La edad para el intervalo AR-101 (430 m) es Paleoceno a Maastrichtiano sin diferenciar (54.8-71.3, ICC: 56-72.1), se basa en la presencia de la especie de dinoflagelado *Hafniasphaera fluens* (33.7-71.3) y en la posición estratigráfica del intervalo.

AR-105 a AR-149 → Maastrichtiano Tardío

La edad determinada para el intervalo AR-105 a AR-149 (438-557 m) es Maastrichtiano Tardío (65-69.2, ICC: 66-70?), se basa en la presencia de: *Cerodinium boloniense* (65-98.9), *Dinogymnium acuminatum* (65-85.8), *Selenopemphix nephroides* (0-69.2), *Circulodinium distinctum* (65-151) y *Fibrocysta axialis* (28.5-69.2).

Tabla 9. Bioestratigráfica del pozo Araromi-1.

Profundidad (m)	EDAD (Ma)	BIOEVENTOS Y NOTAS IMPORTANTES
AR-1 a AR-45 (107-250 m)	Eoceno temprano (49-54.8) (ICC: 47.8-56)	AR-1: +dp <i>Cerodinium leptodermum</i> (49-76.2) y +dp <i>Palaeocystodinium lidiae</i> (49-83.5). AR-45: +dg <i>Hystrichosphaeridium salpingophorum</i> (49-93.5) y +dp <i>Lejeunecysta lata</i> (23.8-54.8).
AR-49 a AR-57 (260-290 m)	Eoceno temprano a Paleoceno tardío (49-60.9) (ICC: 47.8-61.6)	AR-49: +dp <i>Cerodinium leptodermum</i> (49-76.2) y +dg <i>Polysphaeridium zoharyi</i> (0-60.9). AR-57: +dp <i>Apectodinium homomorphum</i> (28.5-65)
AR-62 a AR-84 (307-367 m)	Paleoceno tardío (54.8-60.9) (ICC: 56-61.6)	AR-62: +dp <i>Cerodinium diebelii</i> (54.8-83.5), +dp <i>Palaeocystodinium australinum</i> (54.8-76.2) y +dg <i>Polysphaeridium zoharyi</i> (0-60.9). AR-84: +dg <i>Polysphaeridium zoharyi</i> (0-60.9) y +dg <i>Glaphyrocysta exuberans</i> (23.8-60.9).
AR-89 a AR-95 (381-404m)	Paleoceno sin diferenciar (54.8-65) (ICC: 56-66)	AR-89: +dp <i>Apectodinium homomorphum</i> (28.5-65) AR-95: +dp <i>Cerodinium diebelii</i> (54.8-83.5), +dp <i>Palaeocystodinium australinum</i> (54.8-76.2) y +dg <i>Damassadinium californicum</i> (33.7-65).
AR-101 (430 m)	Paleoceno tardío a Maastrichtiano (54.8-71.3) (ICC: 56-72.1)	+dg <i>Hafniasphaera fluens</i> (33.7-71.3)
AR-105 a AR-149 (438-557 m)	Maastrichtiano Tardío (65-69.2) (ICC: 66-70?)	AR-105: +dp <i>Cerodinium boloniense</i> (65- 98.9). AR-126: +d <i>Dinogymnium acuminatum</i> (65-85.8) AR-134: +dp <i>Selenopemphix nephroides</i> (0-69.2). AR-149: +dg <i>Circulodinium distinctum</i> (65-154.1).

V.3.3.2. Edad consenso

La edad consenso representa la edad más probable para los diferentes intervalos estudiados en el pozo Araromi-1. Esta edad se basa en el análisis de las relaciones entre las edades indicadas por las ocurrencias conjuntas (bioeventos o biozonas) de palinomorfos y la integración de datos de nanoplancton calcáreo proporcionados por PETROBRAS (Koutsoukos, comunicación personal, 2005). Los datos proporcionados de nanoplancton calcáreo muestran que el intervalo de tiempo determinado por este grupo es del Cretácico Tardío (CC26) 65.8 Ma al Eoceno temprano (NP10) 53.61. De acuerdo a esta integración, la sección de los 545 a los 435 m de profundidad fue depositada durante el Cretácico tardío, de los 435 a los 390 m durante el Paleoceno temprano, de los 390 a los 245 m durante el Paleoceno tardío y de los 245 a 107 m durante el Eoceno temprano (Figura 30)

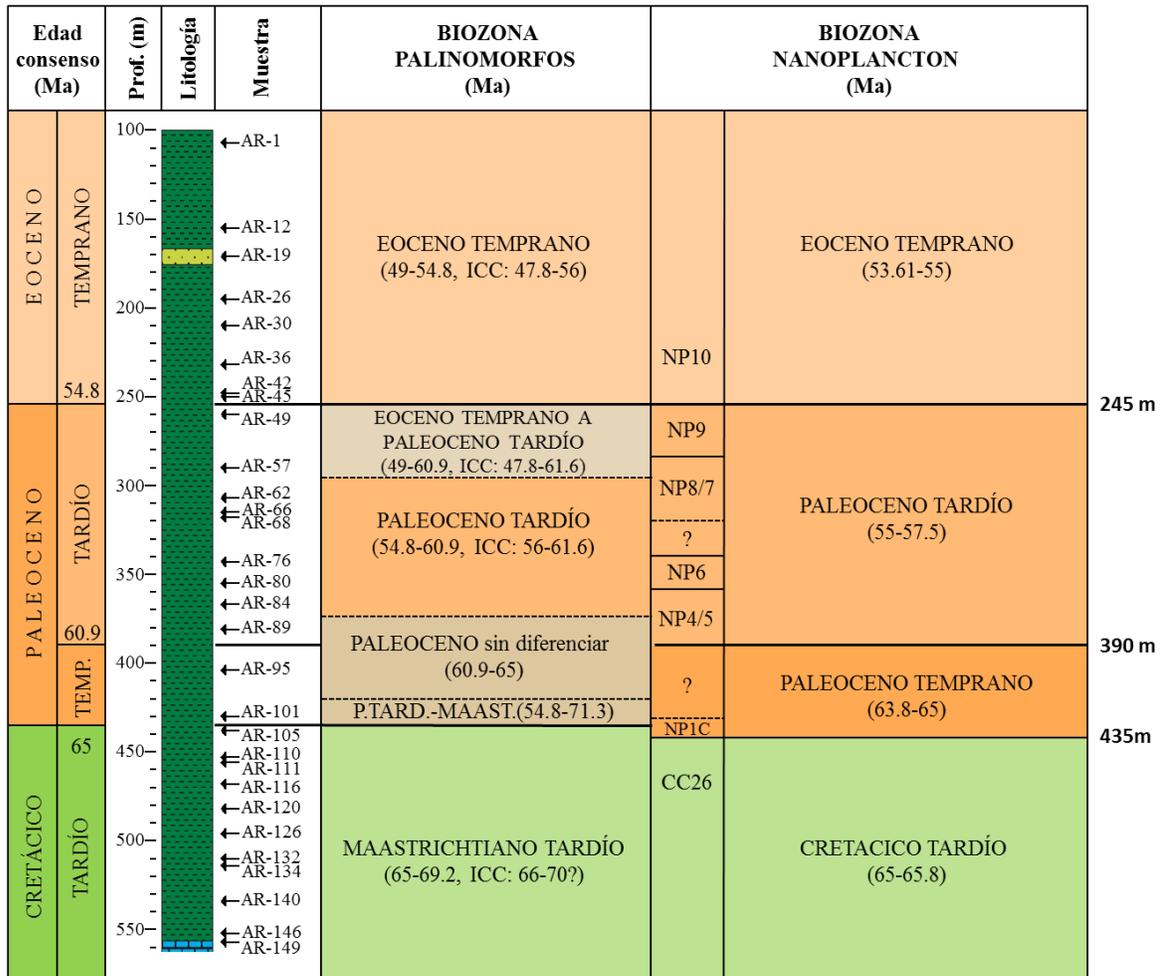


Figura 30. Biozonas y edad consenso

V.3.4. Índices palinológicos en el pozo Araromi-1

V.3.4.1. Índice IPM

El Índice de Palinomorfos Marinos (IPM), presenta un comportamiento cíclico con tendencia a aumentar hacia la parte superior. Sin embargo, en la cima, las muestras AR-26 a la AR-12 (Eoceno temprano), muestran una tendencia a disminuir. El valor del IPM más bajo es 0 (AR-12) que indica la ausencia de dinoflagelados, mientras que el valor más alto es 93 (AR-45), ambos en el intervalo Eoceno temprano (Figura 31).

V.3.4.2. Índice IPM y secuencias estratigráficas

La integración de los conteos de especímenes, los resultados del IPM y los datos litológicos, permitieron reconocer secuencias estratigráficas transgresivas-regresivas en las muestras del pozo Araromi-1. Los Límites de Secuencias (LS) se marcaron con una línea roja al identificar el punto mínimo de un sistema regresivo. Este punto se define cuando la riqueza de palinomorfos marinos, y el valor del IPM llegan a un mínimo y/o hay evidencias del aumento en el tamaño de grano. Con estos parámetros, se observan 5 LS a lo largo de la columna, la más marcada se localiza a los 160 m (AR-12) perteneciente al Eoceno temprano (Figura 31).

Las Superficies de Inundación Máximas (SIM), están relacionadas con el nivel máximo de transgresión marina. Estas superficies fueron señaladas con una línea azul en las muestras en que los parámetros marinos aumentan y/o el tamaño de grano disminuye, y considerando este el punto máximo de transgresión de ese ciclo. Se identificaron 6 SIM, la más marcada se encuentra a los 250 m (AR-45) en Eoceno temprano (Figura 31).

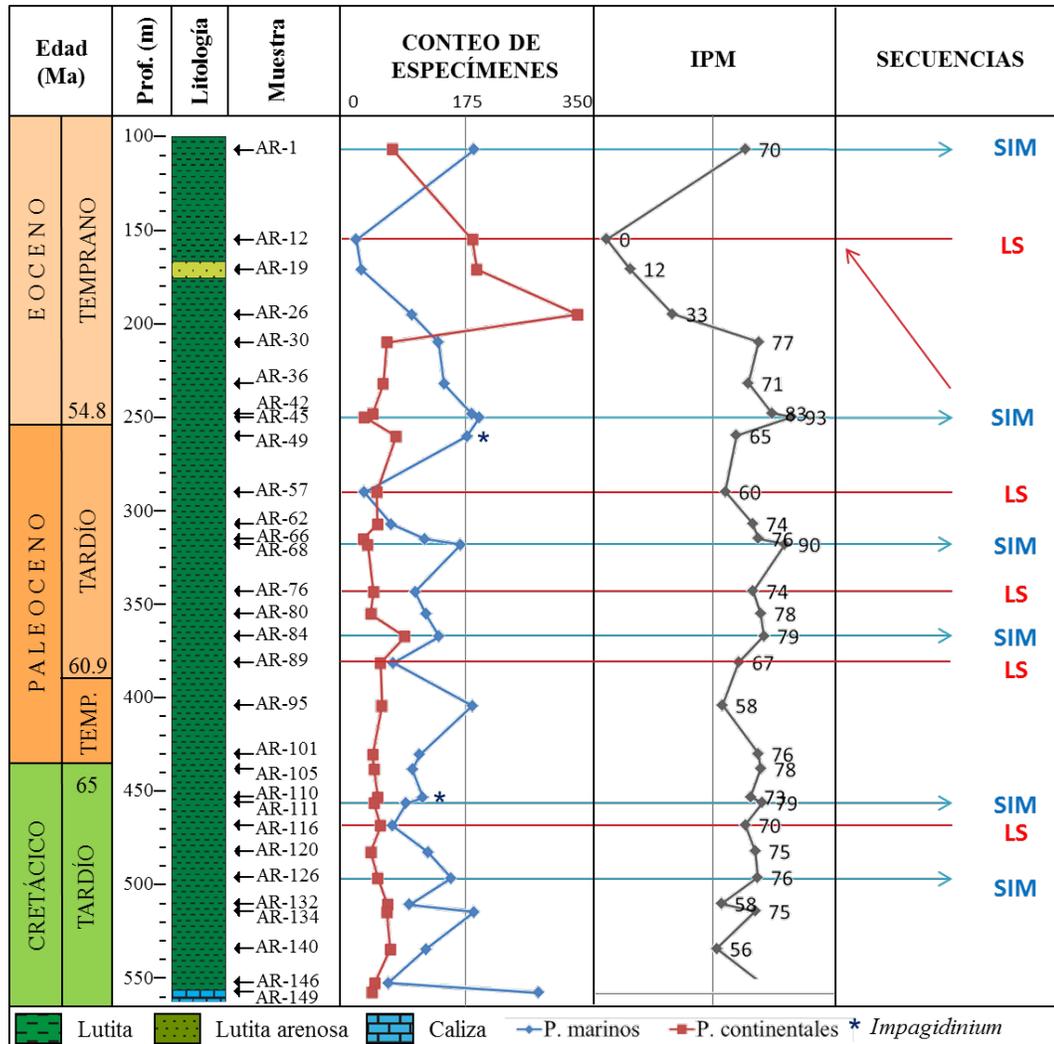


Figura 31. Índices de palinomorfos. La litología y la posición estratigráfica de las muestras están indicadas en escala vertical. Se muestran los cambios cíclicos en: conteo de palinomorfos continentales y marinos, los IPM (Índices de Palinomorfos Marinos) y las Secuencias estratigráficas: Límites de Secuencias (LS) con línea roja y Superficie de Inundación Máxima (SIM) con línea azul.

V.3.4.3. Índice Dinoflagelados Autótrofos (IDA)

El Índice de Abundancia de Dinoflagelados Autótrofos (IDA), permite reconocer periodos en que las aguas superficiales presentaban cambios en la turbulencia y/o productividad primaria. Para el pozo Araromi-1, se obtuvieron 5 zonas, o periodos en los cuales los conteos de dinoflagelados autótrofos (Gonyaulacoideos) son mayores a 50%. Estos periodos son considerados como de menor turbulencia y productividad primaria. Los puntos donde los conteos de autótrofos son bajos (>50%) se marcan como zonas de mayor turbulencia. A lo largo de la columna se observa que durante el Cretácico los conteos de heterótrofos prevalecían sobre los de autótrofos eran

(Figura 32), lo que se puede interpretar como un régimen de mayor productividad por la probable presencia de surgencias costeras. El periodo más prolongado de poca turbulencia (A-5) va desde finales del Paleoceno tardío al Eoceno temprano, lo que se puede interpretar como un periodo de poca turbulencia y consiguiente baja productividad.

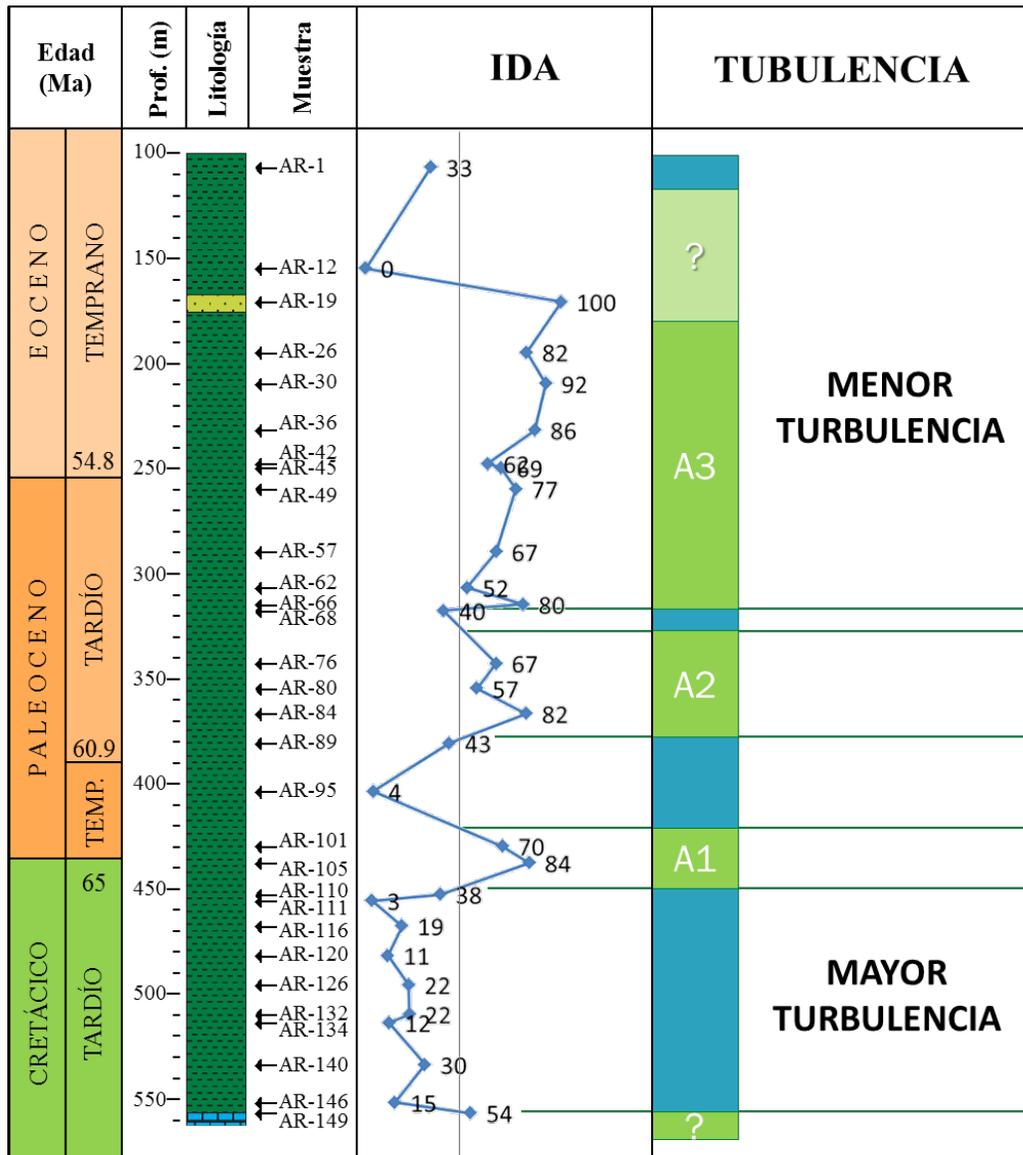


Figura 32. Índice Dinoflagelados Autótrofos (IDA) y zonas de menor o mayor turbulencia.

V.3.5. Análisis Estadístico

V.3.5.1. Análisis de Componentes Principales (ACP)

El ACP se utilizó para reducir los taxa de dinoflagelados gonyaulacoideos y peridinioideos observados en las muestras estudiadas a un menor número que represente a los conjuntos de mayor importancia en un sentido paleoambiental. De los 84 taxa únicamente se conformaron 22 conjuntos genéricos: 12 gonyaulacoideos (autótrofos) y 10 peridinioideos (heterótrofos), con la finalidad de interpretar, mediante la variación de los conjuntos, los cambios en el paleoambiente marino del Cretácico tardío al Eoceno temprano en el área tropical estudiada.

Primero se realizó el análisis de correlación, para ello se eliminó la muestra AR-12 (160 m) por no tener conteos de dinoflagelados, y debido a la gran cantidad de ceros presentes en los conteos de los taxa. A las 22 variables se les aplicó la transformación de la raíz cuarta ($\sqrt[4]{x+1}$) para reducir el peso, o importancia de los taxa dominantes (abundantes) y así permitir que los otros taxa, incluyendo los raros, contribuyan de igual manera dentro del tratamiento estadístico.

La matriz de correlación indica que el 28.07% (114) de las variables están correlacionadas entre sí ($R \geq 0.30$), con un valor de significancia $p < 0.05$ (ANEXO G), lo que valida los resultados del ACP.

La determinación del número de factores que deben de ser considerados para el ACP, se llevó a cabo mediante la aplicación de una prueba de Scree (Cattell, 1966), la cual sugiere la extracción de los 4 primeros factores, los cuales son los coeficientes que explican la mayor variabilidad (Figura 33).

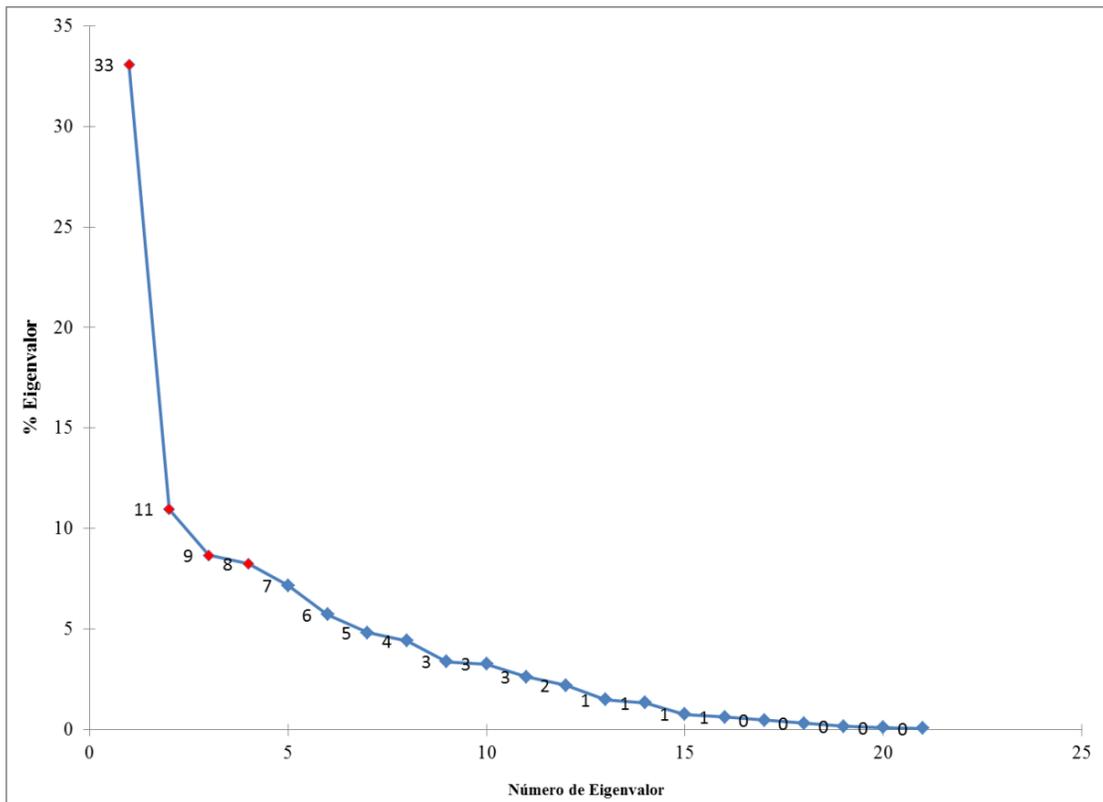


Figura 33. Gráfica de factores con prueba de Scree (Cattell, 1966).

La matriz de correlación de los eigenvalores muestra que el primer eigenvalor explica el 33.07% de la variabilidad, el segundo el 10.9%, el tercero el 8.66% y el cuarto solo el 8.25% haciendo un total del 60.96%, es decir, la mayoría de la variabilidad (Tabla 10).

Tabla 10. Matriz de correlación de los eigenvalores.

FACTORES	Eigenvalor	% Total	Eigenvalor acumulado	% acumulado
1	7.275794	33.07179	7.27579	33.0718
2	2.413058	10.96844	9.68885	44.0402
3	1.906486	8.66584	11.59534	52.7061
4	1.816224	8.25556	13.41156	60.9616
5	1.579820	7.18100	14.99138	68.1426
6	1.258815	5.72189	16.25020	73.8645
7	1.060172	4.81896	17.31037	78.6835
8	0.971612	4.41642	18.28198	83.0999
9	0.746163	3.39165	19.02814	86.4916
10	0.720488	3.27495	19.74863	89.7665
11	0.578600	2.63000	20.32723	92.3965
12	0.487672	2.21669	20.81490	94.6132
13	0.328753	1.49433	21.14366	96.1075
14	0.294987	1.34085	21.43864	97.4484
15	0.169838	0.77199	21.60848	98.2204
16	0.139752	0.63524	21.74823	98.8556
17	0.106599	0.48454	21.85483	99.3401
18	0.069209	0.31459	21.92404	99.6547
19	0.037853	0.17206	21.96189	99.8268
20	0.024034	0.10925	21.98593	99.9360
21	0.014072	0.06397	22.00000	100.0000

V.3.5.2. Análisis de Factores (AF)

Al realizar el AF, se pretende propiciar que las 22 variables (cG y cP) se agrupen de una mejor forma y que la proporción de varianza total explicada se distribuya equitativamente entre los 4 factores determinados en el ACP, para lo cual fue necesario aplicar una rotación de ejes tipo Varimax; Obteniendo como resultado que el primer factor extraído del análisis proporciona el 28% de la variabilidad de las variables observadas y junto a los 3 factores siguientes hacen total del 61%, es decir, la mayoría de la variabilidad (Tabla 11).

Tabla 11. Proporción de los factores para cada variable, en un sistema rotado (VARIMAX). Las variables que proporcionan el mayor aporte a la varianza (≥ 0.06) se indican en color rojo.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
cP-1	0.78	0.16	0.34	0.06
cP-2	0.91	-0.08	0.05	-0.17
cP-3	-0.59	0.20	-0.52	-0.30
cP-4	-0.09	0.87	-0.04	0.08
cP-5	-0.13	0.63	-0.17	-0.29
cP-6	-0.19	0.42	-0.64	0.13
cP-7	0.26	-0.14	-0.33	0.05
cP-8	0.91	-0.08	0.05	-0.17
cP-9	0.41	0.19	-0.29	-0.17
cP-10	-0.28	0.09	-0.84	0.04
cG-1	0.62	0.17	0.27	0.12
cG-2	0.84	-0.19	0.11	0.14
cG-3	0.60	0.15	0.29	-0.42
cG-4	0.49	-0.16	0.06	-0.49
cG-5	0.72	0.31	0.35	0.09
cG-6	0.63	0.24	0.16	-0.26
cG-7	0.01	-0.14	0.18	-0.79
cG-8	0.58	-0.18	0.18	0.39
cG-9	0.48	0.12	0.19	-0.40
cG-10	0.26	0.65	0.20	0.16
cG-11	-0.11	-0.25	0.04	0.34
cG-12	-0.15	-0.18	-0.85	0.16
Expl.Var	6.25	2.32	2.91	1.93
Prp.Total	0.28	0.11	0.13	0.09

Cada uno de los 4 factores está representado predominantemente por los siguientes conjuntos de géneros (taxa) de dinoflagelados (Tabla 12).

Tabla 12. Conjuntos de géneros de dinoflagelados por factor.

FACTOR	Variable	% Varianza
1	<i>cP-Apectodinium</i> <i>cP-Cerodinium</i> <i>cP-Lejeunecysta</i> <i>cG-Homotryblium</i> <i>cG-Polysphaeridium</i> <i>cG-Glaphyrocysta</i> <i>cG-Lingulodinium</i> <i>cG-Achomosphaera</i>	28.4
2	<i>cP-Palaeoperidinium</i> <i>cP-Phelodinium</i> <i>cG-Nematosphaeropsis</i>	10.5
3	<i>cP-Senegalinium</i> <i>cP-otros peridinioideos</i> <i>cG-otros gonyaulacioideos</i>	13.2
4	<i>cG-Cordosphaeridium</i>	8.7
Varianza total		61%

El porcentaje de la varianza proporcionada por cada conjunto genérico en cada factor, se calculó con el cuadrado de la correlación múltiple de la variable predicha por cada factor dividida por el número de variables. Los resultados indican que para el primer factor los conjuntos *P-Cerodinium* y *P-Lejeunecysta* son los que proporcionan el mayor aporte a la varianza, cada uno con el 3.8%. Sin embargo, el mayor porcentaje lo aportan los conjuntos G (15%) en cambio los P solo aportan el 13%. En el segundo factor el conjunto *P-Palaeoperidinium* es el que presenta la mayor aportación (3.5%). En general, la suma del aporte de cada conjunto en los 4 factores da 61% de la varianza (Figura 34)

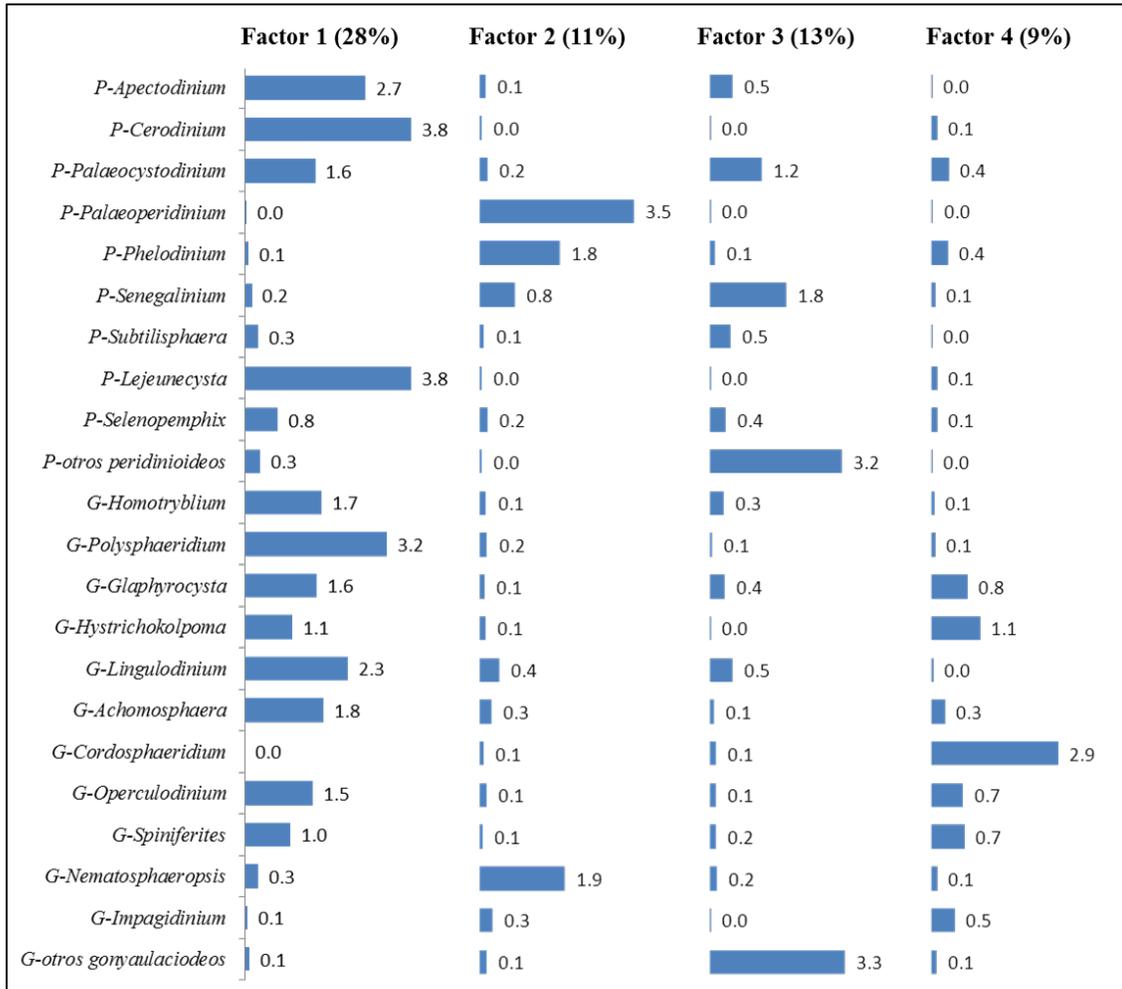


Figura 34. Porcentaje de la varianza proporcionada por cada conjunto genérico en cada factor.

V.3.5.3. Escalamiento multidimensional (MDS)

El mapa formado con el MDS, indica que las muestras se relacionan en tres grupos principales:

A) la mayoría de las muestras son las que se encuentran en la base de la columna de edad cretácica (K), B) son muestras de Paleoceno tardío (P2) y C) del Eoceno temprano (E). Las muestras AR-12 (E-12) y AR-19 (E-19) son posiblemente puntos extremos (Figura 35).

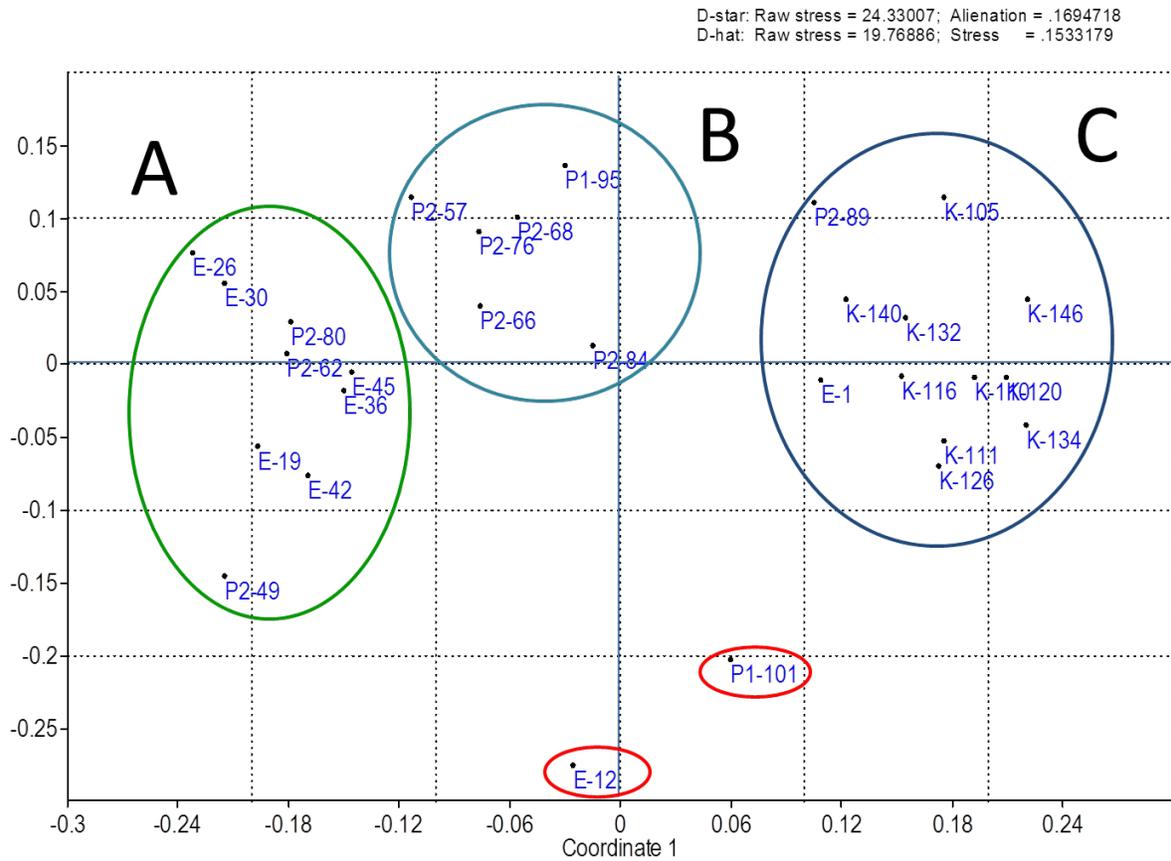


Figura 35. Mapa producido por el MDS con datos.

V.4. Discusiones

La asociación palinológica del pozo Araromi-1 incluye conjuntos abundantes y diversos de dinoflagelados acompañados de taxa de esporas y granos de polen de angiospermas. En cuanto a los conjuntos de palinomorfos continentales se caracterizan por tener una distribución pantropical e incluyen formas tales como las esporas *Cicatricosisporites dorogensis*, *Deltoidospora* sp., *Foveotriletes margaritae*, *Lycopodium* sp., además de las angiospermas: *Buttinia* sp., *Monoporites annulatus*, *Pachydermites diderixi*, *Perisyncolporites pokorny* y *Proxapertites cursus*.

Las esporas observadas están relacionadas con helechos de diversas familias (Schyzaceae, Lycopodiaceae y Polipodiaceae), lo que indica un ambiente de gran humedad. La ausencia de gimnospermas en el registro sugiere un ambiente cálido de baja altura y mal drenaje, ya que

algunas de ellas como las podocarpáceas requieren suelos bien drenados que se desarrollan en bosques montañosos y temperaturas templadas a frías (Mautino y Anzótegui, 2002).

En la mayoría de las muestras se observa el dominio de los dinoflagelados tanto en abundancia como en riqueza de especies, a excepción de la parte superior de la columna. La presencia de tan diversos dinoflagelados ayudó a determinar cuatro intervalos de edad consenso definidos con base en los rangos estratigráficos publicados. Estas edades se comparan muy bien con las edades de nanofósiles calcáreos conocidas para la columna estudiada (comunicación personal Koutsukos, 2005), estas son: Maastrichtiano Tardío caracterizado por la presencia de *Cerodinium boloniense*, *Dinogymnium acuminatum*, *Selenopemphix nephroides*, *Circulodinium distinctum* y *Fibrocyta axialis*, Paleoceno caracterizado por la presencia de *Apectodinium homomorphum*, y *Damassadinium californicum*, Paleoceno tardío caracterizado por la presencia de *Cerodinium diebelii*, *Palaeocystodinium australinum*, *Polysphaeridium zoharyi* y *Glaphyrocysta exuberans* y Eoceno temprano caracterizado por la presencia de *Cerodinium leptodermum*, *Palaeocystodinium lidiae*, *Hystrichosphaeridium salpingophorum* y *Lejeunecysta lata*.

En la base del intervalo cretácico (Maastrichtiano Tardío) del pozo exploratorio Araromi-1, se localizan las únicas calizas de la secuencia, estas se asignan aquí a la Formación Ewekoro, seguidas de la lutitas de la Formación Oshosun pertenecientes al intervalo, definido en esta tesis, Maastrichtiano Tardío a Eoceno temprano. Estos depósitos lutíticos indican un ambiente sin sedimentación calcárea lo que indica un exceso en el influjo de terrígenos. Además, la homogeneidad litológica de la columna perforada indica ausencia de tectonismo y/o cambios eustáticos drásticos. La excepción se encuentra en el nivel de la muestra AR-19 del Eoceno temprano, donde se observa un pequeño depósitos de lutita arenosa, que indica un ligero aumento en la energía.

Como ya se mencionó, en la mayoría de las muestras dominan los dinoflagelados. Sin embargo, en el intervalo representado por las muestras AR-26 a AR-12 (Eoceno temprano) se observa un cambio radical en la composición palinológica, con un aumento en los conteos de palinomorfos continentales (esporas y granos de polen) los cuales alcanzan un máximo de 345 especímenes en la muestra AR-26. Mientras que los marinos disminuyen su número hasta desaparecer por completo en la muestra AR-12, la cual se correlaciona tentativamente con un sistema regresivo a

finis del Ypresiano (Haq, *et al.*, 1988; Hardenbol, *et al.*, 1998). Este aumento en los conteos de palinomorfos continentales hacia finales del Eoceno temprano en el pozo Araromi-1, sugiere que la fuente de terrígenos estaba más cercana.

Al analizar los valores del IPM en toda la columna, se observa que en general presentan un comportamiento cíclico con una tendencia a aumentar hacia la base del intervalo Eoceno temprano y se observa una disminución hacia la cima de mismo intervalo. El valor más alto del IPM es 93, se alcanza en la muestra AR-45 (base del Eoceno temprano) y este punto es considerado una SIM. El conteo total de taxa en este punto es de 162 y las especies que presentan mayor abundancia son: *Polysphaeridium zoharyi* (32) y *Apectodinium homomorphum* (36), consideradas como parte de dos de los principales conjuntos genéricos del primer factor extraído con el AF que proporcionan el mayor porcentaje de la varianza (28%).

La presencia del género *Apectodinium* es muy importante debido a que su presencia se vincula con el MTPE (Crouch, *et al.*, 2001, 2003; Sluijs, *et al.*, 2005). Este calentamiento alteró la circulación oceánica y atmosférica, provocando la migración de especies tropicales y subtropicales hacia latitudes más altas (Canudo *et al.*, 1995; Arenillas y Molina, 1996). También causó la extinción de multitud de géneros de foraminíferos bentónicos, la diversificación del nanoplancton calcáreo, de los foraminíferos planctónicos y el acmé del género *Apectodinium* (Zachos *et al.*, 2001). En Nigeria este calentamiento ha sido reconocido en la Formación Oshosun mediante el estudio de foraminíferos de la cantera Sagamu (Gebhardt, *et al.*, 2005) y por la presencia del acmé de *Apectodinium homomorphum* (Bankole, *et al.*, 2007 y en este estudio).

En el pozo de Araromi-1, el intervalo Cretácico está dominado por formas peridinioideas con altos valores de diversidad ($H' = 2.01$; $1-D = 0.84$) y los intervalos del Paleoceno temprano al Eoceno temprano por formas gonyaulacoideas con altos valores de diversidad ($H' = 2.38$; $1-D = 0.89$). A excepción de la cima de la columna (AR-12) donde se observa la ausencia de dinoflagelados.

En la parte cretácica, los géneros observados con mayor frecuencia son *Palaeocystodinium* y *Cerodinium* considerados de hábitos heterotróficos y asociados a zonas de alta productividad primaria generadas por surgencias (turbulencia). En el intervalo Paleoceno, predominan los

generos *Homotryblium*, *Lingulodinium*, *Achomosphaera*, *Spiniferites*, *Polysphaeridium*, *Glaphyrocysta*, y *Cordosphaeridium*, que son formas gonyaulacoideas, probablemente fotosintéticas. Este tipo de dinoflagelados han sido relacionados con condiciones cercanas a la costa, distribuyéndose ampliamente en ambientes desde transicional hasta nerítico medio (0 a 200 m) (Williams, 1977; Jan du Chêne y Adediran, 1985; Harland, 1983; Duffield y Stein, 1986; Bankole, *et al.* 2007).

La alta abundancia de una u otra forma trófica hace suponer que además del aumento global de la temperatura ocasionado por el MTPE, hubo cambios en las condiciones marinas locales. Al observar diversos esquemas de las condiciones de productividad primaria actuales vemos que el área de la Formación Oshosun, en las costas de Nigeria, a lo largo del año es una zona de baja productividad primaria, sin embargo, hacia el sur frente a Namibia y Angola durante la primavera y parte del verano (marzo a agosto) se observa un aumento en la temperatura y una alta concentración de clorofila (Sea WiFS Seasonal Chlorophyll Composites) lo que indica zonas de alta productividad primaria relacionada con surgencias provocadas por la corriente fría de Benguela proveniente del Atlántico sur (Gibbons *et al.*, 1999). Si suponemos que la circulación oceánica del Atlántico ha sido similar desde su apertura hace 200 Ma., entonces en el periodo en que se depositaron los sedimentos del pozo Araromi-1 (70–49 Ma), las condiciones serían similares a las actuales, a excepción de que el continente africano se encontraba más al sur que su posición actual. Esto implicaría que las condiciones de alta productividad primaria generadas por surgencias, como la producida por la corriente de Benguela, probablemente llegaban hasta el área de estudio desde el Maastrichtiense hasta el Paleoceno temprano.

Entonces la proliferación de las formas heterótrofas del pozo Araromi-1 sería la manifestación de presencia de abundantes diatomeas utilizando los nutrientes en la zona eufótica producto de la turbulencia causada por la surgencia. Estas condiciones se apoyan en el IDA utilizado en esta investigación y calibrada estadísticamente con el MDS. Estos valores muestran que durante el Cretácico y hasta principios del Paleoceno tardío (AR-149 a AR-84) dominan las formas heterotróficas (Peridinioideos), lo que se puede interpretar como un ambiente de mayor productividad con turbulencia. En contraste, desde finales del Paleoceno tardío y hasta principios del Eoceno temprano (AR-80 a AR-19) dominan las formas autótrofas (Gonyaulacoideos). Este cambio se interpreta como un cambio a un ambiente de menor productividad y turbulencia, es

decir, de mayor estratificación. Estas interpretaciones están basadas en la proliferación de diatomeas en condiciones de surgencias fuertes (mayor turbulencia). Esta abundancia de diatomeas propicia el aumento de los dinoflagelados peridinioideos, para quienes son su principal fuente de alimentación (Mudie y Harland, 1996; Rochon, *et al.*, 1999; Marret, *et al.*, 2001; Flores, 2009). Por otra parte, cuando la masa de agua superficial no es desplazada con suficiente intensidad se restablece la estratificación y no se hallan tantos nutrientes en la superficie. Estas condiciones provocan la disminución de las concentraciones de diatomeas y con ello la de las formas peridinioideas, quienes son reemplazadas por las formas gonyaulacoideas. Estas últimas son fotosintéticas y tienen la habilidad de migrar verticalmente, condiciones que les permite florecer de manera exponencial (Alonso-Rodríguez y Ochoa, 2004, Flores, 2009) cuando hay estratificación en la columna de agua y la nutriclina es somera (Hallegraeff y Fraga, 1998).

Capítulo VI. Comparación de áreas templada y tropical

Comparación de áreas templada y tropical

La comparación de las áreas paleógenas estudiadas se realizó en el intervalo de edad Paleoceno tardío a Eoceno temprano, asignado en base a los rangos estratigráficos de los dinoflagelados.

Palinomorfos continentales

La recuperación palinológica en ambas áreas está dominada por dinoflagelados acompañados de diversos taxa continentales, reconociéndose marcadas diferencias entre los conjuntos continentales del área templada (55 taxa) y los del área tropical (36 taxa), sin embargo, el grupo de las esporas, que presenta gran abundancia en las dos áreas, tiene 5 géneros compartidos, estos son: *Deltoidospora*, *Gleicheniidites*, *Laevigatosporites*, *Retitriletes* y *Verrucatosporites*. La presencia de abundantes esporas de Bryophytas y Pteridophytas indica la existencia de condiciones húmedas, por ejemplo, las esporas de la Familia Cyatheaceae comprende el grupo más diverso de los helechos arborescentes de selvas montanas de regiones tropicales (Cornou, *et al.* 2012). El género *Deltoidospora* recuperado en Punta Prat (afín a *Acrostichum*, polipodiácea) presenta una distribución pantropical y principalmente en asociación con los hábitats de manglares (Collinson, 2002).

Angiospermas

De los granos de polen de angiospermas, solamente el género *Psilatricolporites* se observa en ambas secciones, este pertenece a la familia Fabaceae cuya distribución es cosmopolita. Algunas angiospermas marcan la diferencia entre la paleoecología del Paleoceno tardío al Eoceno temprano en estas áreas. Este es el caso de las nothofagáceas que dependiendo de su tipo de grano de polen (tipo *brassii*, *fusca* o *menziesii*) se asocian con un clima templado-cálido o frío. La presencia de nothofagáceas en Punta Prat sugiere conexión con la Antártida, ya que su evolución fue, en parte, independiente de resto de Gondwana (Romero, 1986; Nullo y Combina, 2011). En otras partes del mundo y principalmente en latitudes bajas como Nigeria las nothofagáceas están ausentes.

Gimnospermas

Otro de los grupos ausentes en el pozo Araromi-1 son las gimnospermas, las cuales en contraste están presentes en Punta Prat. La mayoría de las gimnospermas observadas pertenecen al género *Podocarpidites*, que en general requiere suelos bien drenados y se desarrolla en bosques montañosos y temperaturas templadas a frías (Mautino y Anzótegui, 2002). Este género está asociado al género viviente *Podocarpus*, el cual tiene una amplia distribución latitudinal reconociéndose incluso en zonas montañosas de regiones tropicales (Barreda, 1996), por lo que su ausencia en el área tropical estudiada, sugiere zonas de baja altitud con mal drenaje.

Otras consideraciones

Por otro lado, en el pozo Araromi-1 se observa el género *Proxapertites* (Palmae), el cual tiene una distribución pantropical muy similar a la de *Nypa* (Muller, 1979). Su afinidad botánica es con la familia Arecaceae que viven en un ambiente costero en una estrecha franja a lo largo de las orillas salobre de ríos, canales y lagunas (Zetter, *et al.*, 2001; Solé de Porta, *et al.*, 2007). De la misma manera, *Proxapertites* y otros géneros como *Taxodium* (Taxodiaceae) y *Buttinia* (afinidad incierta) representan la flora tropical del pozo Araromi-1 y están ausentes en Punta Prat. Las condiciones tropicales a subtropicales en Punta Prat están indicadas durante el Paleoceno, por la presencia de la especie *Pandaniidites texus* que se asocia con el género actual de ambiente tropical costero o paludal *Pandanus* y por la presencia de *Spinozonocolpites*, asociado actualmente al género *Nypa* (Arecaceae).

Paleocomunidades vegetales

La reconstrucción de las paleocomunidades vegetales es posible, a partir del análisis de las asociaciones palinológicas continentales. También permite la comparación de paleocomunidades de dos áreas cronológicamente correlacionables pero latitudinalmente diferentes. Estas dos paleocomunidades pueden ser de climas tan diferentes como lo son el área paleógena templada-cálida el sur de Chile (Punta Prat) y el área paleógena tropical del oeste de Nigeria (Araromi-1). Sin embargo, los cambios globales (contemporáneos) como el mejoramiento climáticos del MTPE, son reflejados simultáneamente en las dos áreas, observándose mediante la evolución (distribución, migración, adaptación o extinción) de las familias vegetales, de tal manera que especies de ambientes cálidos como *Nothofagidites* tipo *brassii* se distribuyeron ampliamente en el sur de Sudamérica durante mejoramiento climático y han permanecido en el hemisferio sur hasta la actualidad, y las gimnospermas que no están presentes en el pozo Araromi-1, en esas latitudes se asocian al enfriamiento posterior MTPE. Sin embargo, suponemos que su ausencia podría deberse principalmente por una baja altitud, ya que los cambios verticales propiciados por la geología regional actúan sobre la distribución florística de cada región.

Palinomorfos marinos

En los conjuntos de palinomorfos marinos, al igual que los continentales, existen marcadas diferencias entre la asociación marina del área templada (67 taxa) y la del área tropical (73 taxa). Los conjuntos comparten las siguientes especies de dinoflagelados: *Glaphyrocysta ordinata*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Oligosphaeridium complex*, *Spiniferites ramosus*, *Thalassiphora pelagica* y *Palaeocystodinium golzowense*. Todas estas especies tienen una distribución cosmopolita (Palynodata Datafile, version 2006).

Aunque la lista de especies es muy distinta en las dos secciones, existe una coincidencia en los porcentajes de la riqueza de especies. El 64% de los dinoflagelados corresponden a formas autótrofas y el 36% a formas heterótrofas en ambas secciones. Los porcentajes de los conteos muestran que en Punta Prat los peridinioideos dominan ligeramente (53%) en comparación con los gonyaulacoideos (47%), en cambio en el pozo Araromi-1, las formas gonyaulacoideas dominan (66%) sobre las peridinioideas (34%). Esta dominancia de los heterótrofos sugiere que durante el intervalo Paleoceno tardío al Eoceno temprano en Punta Prat había mayor productividad primaria por surgencia (más turbulencia). En cambio, en la localidad del pozo

Araromi-1 la predominancia de gonyaulacoideos sugiere condiciones de menor turbulencia durante este periodo. Estos resultados se observan con mayor detalle al analizar los valores del IDA y las zonas marcadas con mayor o menor turbulencia. El ligero dominio de peridinioideos en Punta Prat, se debe a que en la Formación Chorrillo Chico del Paleoceno tardío (PP-5 a PP-11) dominan las formas heterotróficas (peridinioideos), lo que se puede interpretar como un ambiente de mayor productividad con turbulencia. Pero a partir de finales del Paleoceno tardío (PP-12 a PP-18) y en la mayor parte de la Formación Agua Fresca del Eoceno temprano, dominan las formas autótrofas (gonyaulacoideos). Este cambio indica un ambiente de menor productividad y mayor estratificación (menor turbulencia). En contraste, el dominio de las formas autótrofas durante el Paleoceno tardío al Eoceno temprano en el pozo Araromi-1, a excepción de la cima de la columna (AR-12) donde los dinoflagelados están ausentes, se sustentan con los valores del IDA, que indican ambientes de menor turbulencia (estratificados), dominados por formas autótrofas.

Superficies de Inundación Máxima (SIM)

En ambas secciones es posible identificar diversas SIM, las de mayor interés, que se observa en las dos secuencias, son las que se ubican en la primera muestra de Eoceno temprano y pueden ser correlacionables con las secciones condensadas datadas a los 54.4 Ma (Hardenbol, *et al.*, 1998), cabe notar, que aunque existen cartas cronoestratigráfica actualizadas como la ICC (International Chronostratigraphic Chart) de Gradstein, *et al.* (2012), las edades geológicas de la carta de Hardenbol, *et al.*, (1998) están calibradas con los ciclos eustáticos globales por lo que utilizada ampliamente es estudios de secuencias. Estas SIM se relacionan con las cimas de un sistema transgresivo en el Paleoceno y a partir de ellas se observa un sistema regresivo, en estas se presentan los valores más altos de Índice de Palinomorfos Marinos (IPM).

En el área templada en Chile (Punta Prat), esta SIM se encuentra en la muestra PP-13 (IMP=60), los conteos son de 203 formas autótrofas y las especies que presentan mayor abundancia son: *Cassidium fragile* (35), *Impagidinium cassiculus* (23), *Lingulodinium bergmannii* (29) y *Pyxidiniopsis crassimurata* (24). El conteo de heterótrofos en esta muestra es de 150 y las especies más abundantes son: *Isabelidinium bakeri* (22) y *Spinidinium colemanii* (28). La preferencia biogeográfica de las especies: *L. bergmannii*, *P. crassimurata* y *S. colemanii* indica

aguas frías a templadas (Palynodata Datafile, version 2006). La presencia del género *Impagidinium* indican la depositación en un medio marino de plataforma media-externa.

Por el contrario, la SIM en el área tropical en Nigeria (pozo Araromi-1), se encuentra en la muestra AR-45 (IMP=90). En este nivel se contaron 112 formas autótrofas y la especie que presenta mayor abundancia es *Polysphaeridium zoharyi* (32) con preferencia biogeográfica cálida-templada. Los conteos de las formas heterotróficas es de 50 y la especie más abundante es *Apectodinium homomorphum* (36), como ya se ha mencionado, esta especie es de gran importancia bioestratigráfica ya que su presencia se vincula con el Máximo Termal del Paleoceno-Eoceno (MTPE) (Zachos, *et al.*, 2001), considerada una especie de distribución cosmopolita, sin embargo, se encuentra ausente en Punta Prat.

Por lo tanto la marcada señal de las SIM en ambas latitudes hace suponer que los cambios globales, como el mejoramiento climático del MTPE y los cambios asociados en la circulación oceánica y atmosférica, son reflejados simultáneamente en las asociaciones palinológicas marinas. Sin embargo, el registro del acmé de *Apectodinium* en el pozo Araromi-1 y su ausencia en Punta Prat, sugiere que en esta parte de Sudamérica las condiciones en el ambiente de depósito en la cuenca de Magallanes/Austral corresponden a un evento de tipo regional más que global. Se ha propuesto que la ausencia en el registro del acmé *Apectodinium* indica un posible hiato en el límite Paleoceno-Eoceno, ya que en este intervalo de tiempo el nivel eustático era bajo que se manifestó con una pronunciada regresión y el consecuente desarrollo de una marcada discontinuidad en las cuencas patagónicas (Malumián, 1999) que debido a la homogeneidad en la litología, relacionada con el hecho de que Punta Prat se ubica en el depocentro de la Cuenca Magallanes/Austral, el contacto entre las Formaciones Chorrillo Chico (Paleoceno tardío) y Agua Fresca (Eoceno temprano), es considerada una paraconcordancia.

Paleoambiente marino

En el intervalo Paleoceno tardío a Eoceno temprano los conjuntos de quistes de dinoflagelados de áreas cronológicamente correlacionables de Punta Prat y el oeste de Nigeria, son marcadamente diferentes. La presencia de los taxa en una u otra área depende de las preferencias biogeográficas de las especies que conforman los conjuntos. En el sur de Chile solo se encontraron especies de agua fría-templada (ej. *Cassidium fragile* y *Spinidinium colemanii*) mientras que en Nigeria se

observan especies de aguas cálidas-templadas (*Polysphaeridium zoharyi*) y las especies compartidas son consideradas de distribución cosmopolita. Al comparar las dos áreas, se puede determinar que ambas cuencas son de ambiente marino de plataforma, próximo al aporte continental. Ambas asociaciones reflejan de manera simultánea los cambios globales, como el mejoramiento climático del MTPE y sus consecuentes cambios oceanográficos. La distribución de formas gonyaulacoideas y peridinioideas reflejan zonas de mayor o menor turbulencia causadas por paleosurgencias y secuencias sedimentarias similares una a otra, como los sistemas transgresivos del Paleoceno tardío que culminan con una SIM, seguidos de un sistema regresivo a principios del Eoceno temprano.

Capítulo VII. Conclusiones

1. Las asociaciones palinológicas en ambas áreas están dominadas por dinoflagelados, acompañados de taxa continentales, lo que indica paleoambientes marinos de plataforma interna a externa, próximo al aporte continental.
2. Los rangos estratigráficos de los dinoflagelados observados permiten asignar una edad desde Paleoceno tardío hasta Eoceno medio a los estratos de Punta Prat y desde Maastrichtiano Tardío hasta Eoceno temprano para el pozo Araromi-1.
3. La paleoecología de las áreas paleógenas estudiadas puede inferirse con base en las asociaciones de los palinomorfos continentales, que reflejan cambios globales como el mejoramiento climático del MTPE, mediante la evolución de las familias vegetales de clima húmedo cálido del oeste de Nigeria (Araromi-1), y la distribución de especies subtropicales como *Nothofagidites* tipo *brassii* al sur de Chile (Punta Prat).
4. Ambas áreas contienen estratos del Paleoceno tardío y del Eoceno temprano y los conjuntos de dinoflagelados observados en este intervalo reflejan de manera simultánea cambios globales, como el mejoramiento climático del MTPE, sin embargo, sus historias biogeográficas son marcadamente diferentes de tal forma que en el sur de Chile solo se encontraron especies de agua fría-templada, mientras que en Nigeria se observan especies de aguas cálidas-templadas.

5. En el Araromi-1 el calentamiento del MTPE ha sido reconocido por la presencia del acmé de *Apectodinium homomorphum*. Mientras que la ausencia del mismo en Punta Prat indica una posible discontinuidad (hiato) regional en el límite Paleoceno-Eoceno que es considerada una paraconcordancia.
6. Cambios en la relación de palinomorfos marinos/continentales, en ambas áreas, indican un sistema transgresivo durante el Paleoceno tardío, seguido de un sistema regresivo a principios del Eoceno temprano.
7. En Punta Prat y en el suroeste de Nigeria se observa predominancia de dinoflagelados autótrofos durante el Eoceno temprano, lo cual sugiere condiciones de poca turbulencia y calentamiento, como es de esperar de las condiciones climáticas que han sido descritas como características del MTPE.
8. En Punta Prat los palinomorfos continentales indican la presencia de un bosque de clima húmedo templado a cálido, dominado por Podocarpácea, Proteácea y Nothofagáceae, así como abundantes helechos de las familias Schizaeaceae, Polypodiaceae y Dicksoniaceae. En forma generalizada, esta sección refleja una tendencia transgresiva del Paleoceno al Eoceno medio que provocó la disminución de humedales en las tierras aledañas.
9. En Punta Prat, la distribución de dinoflagelados autótrofos y heterótrofos indican periodos de mayor o menor turbulencia probablemente causadas por paleosurgencias. En esta localidad, durante el intervalo Paleoceno tardío dominan los peridinioideos lo que indica una mayor productividad primaria por surgencia. Además, la abundante presencia de palinomorfos continentales sugiere que esta zona de turbulencia se complementó probablemente por flujos hiperpícnicos.

Referencias bibliográficas

- Abbink, O.A. (1998). Palynological investigations in the Jurassic of the North Sea region. Ph.D. Thesis, Utrecht University (Utrecht): 192 p.
- Adekeye, O.A., Akande, S.O. (2010). Principal Source rocks for petroleum generation in the Dahomey basin, Southwestern Nigeria. *Wilolud Journals, C.J.E.S.*, 5, 42-54.
- Alonso-Rodríguez, R., Ochoa, J. L., 2004. Hydrology of winter-spring “red tides” in Bahía de Mazatlan, Sinaloa, México. *Harmful Algae*. 3: 163-171.
- Archangelsky, S. (1972). Esporas de la Formación Río Turbio (Eoceno). *Revista del Museo de La Plata NS* 6: 65–100.
- Archangelsky, S. (1973). Palinología del Paleoceno de Chubut. I. Descripciones sistemáticas. *Ameghiniana* 10: 339-399.
- Archangelsky, S. (1976). Palinología del Paleoceno de Chubut. III. Análisis numérico. *Ameghiniana* 13: 169-184.
- Archangelsky, S., Romero, E.J. (1974). Polen de gimnospermas (coníferas) del Cretacico Superior y Paleoceno de Patagonia. *Ameghiniana* 11: 217–248.
- Archangelsky, S., Zamalao, M.C. (1986). Nuevas descripciones palinológicas de las Formaciones Salamanca y Bororó (Paleoceno de Chubut, República Argentina). *Ameghiniana* 23 (1-2): 35-46.
- Axelrod, D., Kalin-Arroyo, M.T. & Raven, P. (1991). Historical development of temperate vegetation in the Americas. *Revista Chilena de Historia Natural*, 64, 413-446.
- Báez, A.M., Zamalao, M. del C. y Romero, E. (1990). Nuevos hallazgos de microfloras y anuros paleógenos en el noroeste de Patagonia: implicancias paleoambientales y paleobiogeográficas. *Ameghiniana* 27: 83-94.
- Bankole, S.I., Shrank, E., Erdtmann, B.D. & Akande, S.O. (2007). Palynology of the paleogene oshosun formation in the dahomey Basin, Southwestern, Nigeria. *Revista Espanola de Micropaleontologia.*, 39: 29-44.
- Barbeau, D.L., Olivero, E.B., Swanson-Hysell, N.L., Zahid, K., Murray, K.E. & Gehrels, G.E. (2009). Detrital-zircon geochronology of the eastern Magallanes foreland basin: Implications for Eocene kinematics of the northern Scotia Arc and Drake Passage, *Earth and Planetary Science Letters* 284: 489-503.
- Barreda, V.D. (1996). Bioestratigrafía de polen y esporas de la Formación Chenque, Oligoceno tardío?-Mioceno de las provincias de Chubut y Santa Cruz, Patagonia, Argentina. *Ameghiniana* 33: 35-96.

- Barreda, V.D. (1997). Palynomorphs assemblage of the Chenque Formation, Late Oligocene-Miocene from Golfo San Jorge basin, Patagonia, Argentina. *Terrestrial algae, trilete and monolete spores. Ameghiniana* 34 (1): 69-80.
- Barreda, V.D., Palazzesi, L. (2007). Patagonian vegetation turnovers during the Paleogene-Early Neogene: Origin of arid-adapted floras. *The Botanical Review* 73: 31-50.
- Biddle, K.T., Uliana, R.M., Mitchum, R.M.Jr., Fitzgerald, M.G. & Wright, R.C. (1986). The stratigraphy and structural evolution of the central and eastern Magallanes Basin, southern South America. *Special Publications of the American Association of Sedimentologists*, 8: 41–61.
- Billman, H.G. (1992). Offshore Stratigraphy and Paleontology of the Dahomey Embayment, West African. *N.A.P.E Bulletin*, 7(2), 121–130.
- Brinkhuis, H., Bujak, J.P., Smit, J., Versteegh, G.J.M. & Visscher, H. (1998). Dinoflagellate-based sea surface temperature reconstructions across the Cretaceous- Tertiary boundary. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 141 (12): 67-83.
- Burke, K.C. 1996. The African Plate. *South African Journal of Geology*. 99:341–409.
- Cattell, R. B. (1966). The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1, 245-276.
- Chateauneuf, J., Reyre Y. (1979). *Elements Palynologie*. Bureau de Recherches Geologiques et Minieres (BRGM), Orleans. 2.
- Collinson, M.E. (1978). Dispersed fern sporangia from the British Tertiary. *Ann Bot* 42:233–250.
- Collinson, M.E. (2002). The ecology of Cainozoic ferns. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 119:51–68.
- Cornou, M.E., Martínéz, M.A., Quattrocchio, M.E. y Asensio, M.A. (2012). Estudio palinológico de esporas de la Formación Salto del Macho, Paleógeno de la Cuenca de Ñirihuau, Argentina. *Ameghiniana*. 49 (1): 17-25.
- Crouch, E.M., Heilmann-Clausen, C., Brinkhuis, H., Morgans, H.E.G., Rogers, K.M., Egger, H. & Schmitz, B. (2001). Global dinoflagellate event associated with the late Paleocene thermal maximum. *Geology*, 29(4): 315-318.
- Crouch, E.M., Dickens, G.R., Brinkhuis, H., Aubry, M.-P., Hollis, C.J., Rogers, K.M. & Visscher, H. (2003). The *Apectodinium* acme and terrestrial discharge during the Paleocene-Eocene thermal maximum: new palynological, geochemical and calcareous nannoplankton observations at Tawanui, New Zealand. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194: 387-403.
- Dalziel, I.W.D, De Wit, M.F. & Palmer, K.F. (1974). Fossil marginal basin in the southern Andes. *Nature*, 50:291-294.

Decat, J. y Pomeyrol, R. (1931). Informe geológico sobre las posibilidades petrolíferas de la Región Magallánica. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, 389(43): 763–772.

Dettmann, M.E., Jarzen, D.M. (1998). The early history of the Proteaceae in Australia: the pollen record. *Australian Systematic Botany* 11: 401–438.

Dettmann, M.E., Pocknall, D.T., Romero, E.J. & Zamaloa M.C. (1990). *Nothofagidites Erdtman ex Potonié 1960: a catalogue of species with notes on the palaeogeographic distribution of Nothofagus Bl. (southern beech)*. New Zealand Geological Survey, Palaeontological Bulletin 60: 1–79.

Drugg, W.S., Stover, L.E. (1975). Stratigraphic range charts of selected fossil dinoflagellates – Selected Cenozoic Dinoflagellates. En: Evitt, W.R.E (ed.). *Proceeding of a Forum on Dinoflagellates*. AASP, Contribution Series. 4: 73–90.

Duffield, S.L., Stein, J.A. (1986). Peridinacean-dominated dinoflagellate cyst assemblage from the Miocene of the Gulf of Mexico Shelf, offshore Louisiana. *American Association of Stratigraphy Palynologists Contribution Series*, 17:27–45.

Evitt, W.R. (1985). Sporollenin dinoflagellate cysts: their morphology and interpretation; american of Stratigraphic Palynologist, Monograph Series, 1:333.

Fensome, R. A., Saldarriaga, J. F. & Taylor, F. J. R. (1999). Dinoflagellate phylogeny revisited: reconciling morphological and molecular based phylogenies. *Grana* 38: 66–80.

Fensome, R. A., Taylor, F. J. R., Norris, G., Sarjeant, W. A. S., Wharton, D. I., Williams, G. L., 1993. A classification of living and fossil dinoflagellates. *Micropaleontology Special Publication* 7. 351.

Fensome, R. A., Riding, J. B. & Taylor, F. J. R. (1996). Dinoflagellates. In: Jansonius, J., McGregor, D.C. (eds.), *Palynology: Principles and Applications*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1: 107–170.

Flores, J.G. (2009). Registro palinológico en sedimentos laminados de la parte sur del Golfo de California y su relación con cambios paleoceanográficos y paleoclimáticos Tesis de Doctorado, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Departamento de Geología. 105.

Galeazzi, J.S. (1998). Structural and stratigraphic evolution of the Western Malvinas Basins. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 82(4), 596–636.

García-Massini, J.L., Jacobs, B.F., Pan, A., Tabor, N. & Kappelman, J. (2006). The occurrence of the fern *Acrostichum* in successional volcanic and fluvio-lacustrine strata in the Oligocene of the northwestern Ethiopian Plateau. *International Journal of Plant Sciences*, 167:909–918.

Gebhardt, H., Adekeye, O.A. & Akande, S.O. (2010). Late Paleocene to initial Eocene Thermal Maximum (IETM) Foraminiferal Biostratigraphy and Paleoecology of the Dahomey Basin, Southwestern Nigeria. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Austria Jb. Geol. B.-A*, 1–14.

- Gebhardt, H., Bankole, S., & Adekeye, O. (2005). Reaktionen der Foraminiferenfauna auf paläoozeanographische Veränderungen im Golf von Guinea vom späten Paleozän bis zum Initial Eocene Thermal Maximum (IETM). In Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft, Berichte des Instituts für Erdwissenschaften der Karl-Franzens-Universität Graz, 10, 17-18.
- Germeraad, J.H., Hopping, C.A. & Muller, J. (1968). Palynology of Tertiary sediments from tropical areas. *Review of Paleobotany and Palynology*, 6: 189-348.
- Ghiglione, M.C., Ramos V.A. y Cristallini E.O. (2002). Estructura y estratos de crecimiento en la faja plegada y corrida de los Andes fueguinos. *Revista Geológica de Chile*, 29 (1), 17-41.
- Gradstein, F.M, Ogg, J.G. & Schmitz, M.D., 2012, *The Geologic Time Scale 2012*: Boston, Massachusetts.
- Guerstein, G.R. y Daners, G. (2010). Distribución de *Enneadocysta* (Dinoflagellata) en el Paleógeno del Atlántico Sudoccidental: implicancias paleoceanográficas. *Ameghiniana*, 47 (4): 461-478.
- Hallegraeff, G. M., Fraga, S. (1998). Bloom Dynamics of the Toxic Dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*, with Emphasis on Tasmanian and Spanish Coastal Waters. En: Anderson DM, Cembella AD y Hallegraeff GM (eds), *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. NATO ASI Series. 41: 59-80.
- Halpern, M., Rex, D. C. (1972). Time of folding of the Yahgan Formation and age of the Tekenika beds, southern Chile, South America: *Geol. Soc. America Bull.*, 83 (6): 1881-1886.
- Hammer, R., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologica Electronica* 4(1): 1-9.
- Haq, B.U., Hardenbol J. & Vail P.R. (1988). Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and Eustatic Cycles. En Wilgus, C.K. y Posamentier, H. (eds.) *Sea-Level Changes: An integrated APP-roach*. Soc. of Econ. Miner. and Paleont., Spec. Publ. No. 42. 71-108.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M., Jacquin, T, De Graciansky, P.C. & Vail, P. (1998). Cenozoic sequence chronostratigraphy. In: De Graciansky, P-C, Hardenbol, J., Jacquin, T, Vail, P. (eds.), *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphic of European Basins*: Tulsa, Oklahoma, Society for Sedimentary Geology, SEPM, Special Publication, 60: 3-13.
- Harland, R., 1979. Dinoflagellate biostratigraphy of Neogene and Quaternary sediments at Holes 400/400A in the Bay of Biscay (Deep Sea Drilling Project Leg 48). In Montadert, L., Roberts, D.G., et al., *Init. Repts. DSDP, 48*: Washington, U.S. Govt. Printing Office, 531-545.
- Harland, R., 1983. Distribution maps of recent dinoflagellate cysts in bottomsediments from the North Atlantic Ocean and adjacent seas. *Palaeontology*, 26:321-387.

- Helenes, J., De-Guerra, C., Vásquez, J. (1998). Palynology and Chronostratigraphy of the Upper Cretaceous in the subsurface of the Barinas area, western Venezuela. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 82 (7): 1308-1328.
- Herngreen, G.F.W., Kedves, M., Rovnina, L.V. & Smirnova, S.B. (1996). Cretaceous palynofloral provinces: a review. In: J. Jansonius and D.C. McGregor, Editors, *Palynology: Principles and APP-locations*, American Association of Stratigraphic Palynologists, Dallas, 3: 1157–1188.
- Hill, R.S., Read, J. (1991). A revised infrageneric classification of *Nothofagus* (Fagaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 105: 37-72.
- Hinojosa, L.F. (2005). Cambios climáticos y vegetacionales inferidos a partir de paleofloras cenozoicas del sur de Sudamérica *Rev. geol. Chile*, 32 (1): 95-115.
- Hinojosa, L.F. y Villagrán, C., (1997). Historia de los bosques del sur de Sudamérica, I: Revisión de los antecedentes geológicos, climáticos y paleobotánicos Terciarios del sur de Sudamérica. *Revista Chilena de Historia Natural*, 70: 225-239.
- Idowu, J.O., Ajiboye, S.A., Ilesanmi, M.A. & Tanimola, A. (1993). Origin and Significance of Organic Matter of Oshosun Formation, South Western Dahomey Basin, Nigeria. *Journal of Mining and Geology*, 29:9–17.
- Iglesias, A., Wilf, P., Johnson, K.R., Zamuner, A.B., Cúneo, N.R., Matheos, S.D. & Singer, B.S. (2007). A Paleocene lowland macroflora from Patagonia reveals significantly greater richness than North American analogs. *Geology*, 35(10): 947-950.
- Iglesias, A., Artabe, A.E. & Morel, E.M. (2011). The evolution of Patagonian climate and vegetation from the Mesozoic to the present. *Biological Journal of the Linnean Society*, 103: 409-422.
- Jan du Chêne, R. E., Adediran, S. A. (1985). Late Paleocene to early Eocene dinoflagellates from Nigeria. *Cahiers de Micropaléontologie*, 3: 1-38.
- Jan du Chêne, R.E.; Perch-Nielsen, K., & Peters, S.W. (1978). New stratigraphic data on the Paleogene Ewekoro and Akinbo Formations (southwestern Nigeria). *Archives des Sciences*, 31: 205-212.
- Jones, H.A., Hockey, R.D. (1964). The geology of part of southwestern Nigeria. *Geol. Surv. Nig. (GSN), Bull.*, 31: 87.
- Kemp, E.M. (1976). Early Tertiary pollen from Napperby, central Australia. *Bureau of Mineral Resources journal of Australian geology and geophysics*, 1: 109-114.
- Lorente, M.A. (1986). Palynology and Palynofacies of the UPP-er Tertiary in Venezuela. *Dissertationes Botanicae, Universiteit van Amsterdam, Band.* 99: 222.

- Malumián, N. (1999). La sedimentación y el volcanismo terciarios en la Patagonia Extraandina. 1. La sedimentación en la Patagonia Extraandina. Instituto do Geología y Recursos Minerales. Geología Argentina, 29: 557-612.
- Malumián, N., Náñez, C. (2011). The Late Cretaceous-Cenozoic transgressions in Patagonia and the Fuegian Andes: foraminifera, paleoecology and paleogeography. Biological Journal of the Linnean Society, 103: 269–288.
- Marenssi, S.A., Casadío, S. y Santillana, S. (2003). Estratigrafía y sedimentología de las unidades del Cretácico Superior-Paleógeno a florantes en la margensureste del lago Viedma, provincia de Santa Cruz, Argentina. Rev. Asoc. Geol. Argent., 58 (3): 403-416.
- Markgraf, V., Romero, E.J. & Villagrán, C. (1996). History and paleoecology of South American Nothofagus forests. In: Veblen, T.T., Hill, R.S., Read J, eds. The ecology and biogeography of Nothofagus forests. New Haven: Yale University Press, 354–386.
- Marret, F., de Vernal, A., Benders, F. & Harland, R. (2001). Late-Quaternary sea-surface conditions at DSDP Hole 594 in the southwest Pacific Ocean based on dinoflagellate cyst assemblages. Journal of Quaternary Science 16, 739–751.
- Marret, F., Zonneveld, K.A.F., (2003). Atlas of modern organic-walled dinoflagellate cyst distribution. Review of Palaeobotany and Palynology 125, 1-200.
- Martínez-Pardo, R. (1971). Relaciones cronoestratigráficas a lo largo del Territorio Chileno durante el Cenozoico. Geochile, Asociación Geológica de Chile: 35–43.
- Matsuoka, K., Bujak, J.P. (1988). Cenozoic dinoflagellate cysts from the Navarin Basin, Norton Sound and St. George Basin, Bering Sea. Bulletin of the Faculty of Liberal Arts, Nagasaki University, Natural Science, v. 29 (1). 1-147.
- Mautino, L.R., Anzótegui, L.M. (2002). Palinología de la Formación Chiquimil (Mioceno Superior) Vallecito, provincia de Catamarca. Parte 2. Polen. Ameghiniana 39: 257-270.
- Melendi, D.L., Scafati, L.H. & Volkheimer, W. (2003). Palynostratigraphy of the Paleogene Huitrera Formation in NW Patagonia, Argentina. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 228: 205-273.
- Menéndez, C. (1971). Floras terciarias de la Argentina. Ameghiniana, 8 (3-4): 357-370.
- Morgan, H.E.G., Wilson, G.J., Strong, C.P. & Crundwell, M.P. (2000). Southern Hemisphere Cretaceous–Cenozoic paleoceanographic and paleoclimatic events II: foraminiferal and dinoflagellate biostratigraphy of southern Patagonian field collections. Institute of Geological and Nuclear Sciences 19: 15.
- Mpodosis, C., Ramos, V.A. (2008). Tectónica jurásica en Argentina y Chile: extensión, subducción oblicua, rifting, deriva y colisiones?. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 63 (4): 481-497.

- Mudie, P. J., Harland, R., 1996. Aquatic Quaternary. En: Jansonius, J., McGregor, D.C. (eds.), *Palynology: Principles and Applications*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1: 843-878.
- Muller, J., (1979). Reflection of fossil palm pollen. In: Bharadwaj, D.C. (ed.). *Proceedings of 4th International Palynological Conference*, 1, Birbal Sahni. Institute of Palaeobotany, Lucknow, 568-578.
- Muller, J., Di Giacomo, E. & Van Erve, A.W. (1987). A palynological zonation for the Cretaceous, Tertiary, and Quaternary of northern South America. *Amer. Assoc. of Stratigraphic Palynologists, Contribution Series 19*: 7-76.
- Murat, R.C. (1972). Stratigraphy and Paleogeography of the Cretaceous and Lower Tertiary in Southern Nigeria. In: Dessauvage, T.F.J., Whiteman, A.J. (eds.). *African Geology*. University of Ibadan Press: Ibadan, Nigeria. 251–266
- Náñez, C., Quattrocchio, M. y Ruiz, L. (2009). Palinología y micropaleontología de las Formaciones San Julián y Monte León (Oligoceno-Mioceno Temprano) en el subsuelo de cabo Curioso, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana*, 46(4): 669-693.
- Narvárez, P.L. (2009) Palinoestratigrafía, paleoambientes y cambios climáticos durante el Cretácico final y Paleógeno de la Cuenca del grupo Salta, República Argentina. Tesis doctoral Universidad Nacional de Cuyo. Servicio Centralizado de Documentación (SECEDOC) del CCT-CONICET-Mendoza.
- Nichols, D.J., Jarzen, D.M., Orth, C.J. & Oliver, P.Q. (1986). Palynological and Iridium Anomalies at Cretaceous-Tertiary Boundary, South-Central Saskatchewan *Science*, 231: 714-717.
- Nton, M.E., (2001). Sedimentological and geochemical studies of rock units in the eastern Dahomey basin, south western Nigeria, unpublished Ph.D thesis, University of Ibadan, 315.
- Nton, M.E., Ezeh, F.P. & Elueze, A.A. (2006). Aspects of source rock evaluation and diagenetic history of the Akinbo Shale, eastern Dahomey Basin, southwestern Nigeria. *Nigerian Association of Petroleum Explorationists Bulletin*, 19 (1): 35-48.
- Nton, M.E., Ikhane, P.R. & Tijani, M.N. (2009). Aspect of Rock-eval studies of the Maastrichtian-Eocene sediments from subsurface, in the eastern Dahomey basin, south-western Nigeria. *European Journal of Scientific Research*, 25(3): 417-427.
- Nulló, F., Combina, A. (2011). Paleogeography and continental deposits of Patagonia, from the Late Cretaceous to the Pliocene. *Biological Journal of the Linnean Society* 103: 289–304.
- Obaje, N.U. (2009). The Dahomey Basin - Geology and Mineral Resources of Nigeria. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 120: 103-108.

- Oboh-Ikuenobe, F.E., Yepes, O. & ODP Leg 159 Scientific Party. (1997). Palynofacies analysis of sediments from the Côte d'Ivoire-Ghana transform margin: preliminary correlation with some regional events in the Equatorial Atlantic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 129: 291–314.
- Ogbe, F. G. A. (1972). Stratigraphy of strata exposed in the Ewekoro quarry, Western Nigeria. In T. F. J. Dessauvage, A. J. Whiteman (eds.), *African Geology*, University Press, Nigeria, 305-322.
- Okosun, E. A. (1990). Review of the Tertiary stratigraphy of Dahomey Embayment, West Africa. Paper presented at the 26th Annual Conference, Nigerian Mining Geosciences Society, Kaduna, 22.
- Olivero, E.B., Malumián, N. (1999). Eocene stratigraphy of southeastern Tierra del Fuego Island, Argentina. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, 83 (2): 295-313.
- Olivero, E.B., Malumián, N. (2008). Mesozoic-Cenozoic stratigraphy of the Fuegian Andes, Argentina. *Geológica Acta* 6: 5-18.
- Olivero, E.B., Martinioni, D.R. (1996). Late Albian inoceramid bivalves from the Andes of Tierra del Fuego. Age implications for the closure of the Cretaceous marginal basin. *Journal of Paleontology*, 70: 272-274.
- Omatsola, M. E., Adegoke, O. S. (1981). Tectonic evolution and Cretaceous stratigraphy of the Dahomey basin. *Journal of Mining Geology*, 18 (1): 130 -137.
- Otero, R.A., Torres, T., Le Roux, J.P., Hervé, F., Fanning, C.M., Yury-Yáñez, R.E. & Rubilar-Rogers, D. (2012). A Late Eocene age proposal for the Loreto Formation (Brunswick Peninsula, southernmost Chile), based on fossil cartilaginous fishes, paleobotany and radiometric evidence. *Andean Geology*, 39 (1):180-200.
- Pares-Regali, M.S., Uesugui, N. y Santos, A.D.S. (1974). Palinología dos sedimentos mesozoicos do Brasil (II). *Boletim Técnico da Petrobras*, 17 (4): 263-301.
- Powell, A.J. (1992). *A Stratigraphic Index of Dinoflagellate Cysts*. Chapman y Hall, London, 290.
- Prámparo, M.B., Quattrocchio, M., Gandolfo, M.A., Zamaloa M. y Romero E. (2007). Historia evolutiva de las angiospermas (Cretácico-Paleógeno) en Argentina a través de los registros paleoflorísticos. *Ameghiniana* 50° aniversario: 157-172.
- Prieto, X., Momga, J. (1990). El Terciario Inferior de los ríos Rasmussen y Catalina, Tierra del Fuego, Magallanes. *Simposio sobre el Terciario de Chile*, 2: 259-266.
- Quattrocchio, M.E. (2009). Paleogene Dinoflagellate Cysts from Punta Prat, Southern Chile *Palynology*, 33 (1): 141-156.

- Quattrocchio, M.E., Volkheimer, W. (2000). Danian paleophytogeoprovinces and their flora in Argentina. *Revista Española de Paleontología*, 15 (1): 3-11.
- Quattrocchio, M.E., Sarjeant, W.A.S. (2003). Dinoflagellates from the Chorrillo Chico Formation (Paleocene) of southern Chile, Argentina. *Ameghiniana*, 40 (1): 129-153.
- Quattrocchio, M.E., Martínez, M.A. y Volkheimer, W. (2007). Las floras jurásicas de la Argentina. Asociación Paleontológica Argentina. *Ameghiniana* 50° Aniversario, Publicación Especial 11: 87-100.
- Quattrocchio, M.E., Martínez, M.A., Carpinelli Pavisich A. & Volkheimer, W. (2006). Early Cretaceous palynostratigraphy, palynofacies and palaeoenvironments of well sections in northeastern Tierra del Fuego, Argentina. *Cretaceous Research*. 27 (4): 584-602.
- Raine, J.I., Mildenhall, D.C. & Kennedy, E.M. (2008). New Zealand fossil spores and pollen, illustrated catalogue. 3rd. edition. GNS Science miscellaneous, 48.
- Rochon, A., de-Vernal, A., Turon, J. L., Matthiessen, J. & Head, M. J. (1999). Distribution of recent dinoflagellate cysts in surface sediments from the north Atlantic Ocean and adjacent seas in relation to sea-surface parameters. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Contributions Series 35: 150.
- Romero, E.J. (1973). Polen fósil de *Nothofagus* (*Nothofagidites*) del Cretácico y Paleoceno de Patagonia. *Revista del Museo de La Plata, nueva serie, Paleontología*, 7:291-303.
- Romero, E.J. (1977). Polen de gimnospermas y fagáceas de la Formación Río Turbio (Eoceno), Santa Cruz, Argentina. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Buenos Aires, 219.
- Romero, E.J. (1978). Paleoecología y paleofitogeografía de las taofloras del Cenofítico de Argentina y áreas vecinas. *Ameghiniana*, 15: 209-227.
- Romero, E.J. (1986). Fossil evidence regarding the evolution of *Nothofagus blumei*. *Annals Missouri Botanical Garden*, 73(2): 276-283.
- Romero, E.J., Castro, M.T. (1986). Material fúngico y granos de polen de angiospermas de la Formación Río Turbio (Eoceno), provincia de Santa Cruz, República Argentina. *Ameghiniana*, 23: 101-118.
- Romero, E.J., Zamaloa, M.C. (1985). Polen de angiospermas de la Formación Río Turbio (Eoceno), provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana*, 22: 43-51.
- Romero, E.J., Zamaloa M.C. (1997). Clave para la Identificación de las especies y puestas a punto del registro de *Nothofagidites* en América del sur. *Ameghiniana*, 34 (2): 207-214.
- Ruiz, L., Quattrocchio, M., Guerstein, G.R. y Volkheimer, W. (1999). Rangos estratigráficos de palinomorfos del Paleógeno de Argentina, Antártida y Chile. *Anales de la Dirección Nacional del Servicio Geológico*, 23: 88-103.

- Sánchez, A., Pavlishina, P., Godoy, E., Hervé, F. & Fanning, C.M. (2010). On the presence of Upper Paleocene rocks in the foreland succession at Cabo Nariz, Tierra del Fuego, Chile: geology and new palynological and U-Pb data. *Andean Geology*, 37(2): 413-432.
- Sánchez, J.A., Le Roux, J.P. (2003). Mesozoic sedimentation on an isolated platform at the eastern entrance to the Strait of Magellan, Tierra del Fuego (Chile). *Rev. geol. Chile*, 30 (2): 143-157.
- Shannon, C.E., Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University Illinois, 28.
- Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688
- Sluijs, A., Pross, J. & Brinkhuis, H. (2005). From greenhouse to icehouse; organic-walled dinoflagellate cysts as paleoenvironmental indicators in the Paleogene. *Earth-Science Reviews*, 68(3-4): 281-315.
- Solé de Porta, N., Jaramillo, C.A. & Martín-Algarra A. (2007). Pantropical palynomorphs in the Eocene of the Malaguides (Betic Range, Southern Spain) *Revista Española de Micropaleontología*, 39 (3):189-204.
- Srivastava, S.K. (1981). Stratigraphic Ranges of Selected Spores and Pollen from the Fredericksburg Group (Albian) of the Southern United States *PAL 5*: 1-28.
- Stover, L.E., Evitt, W.R. (1978). *Analyses of Pre-Pleistocene organic-walled Dinoflagellates*. Stanford University Publications Geological Sciences, 15: 300.
- Suárez, M, de la Cruz, R. & Troncoso, A. (2000). Tropical/subtropical upper Paleocene - lower Eocene fluvial deposits in eastern central Patagonia, Chile (46°45'S). *Journal of South American Earth Sciences*, 13: 527-536.
- Thomas, C.R. (1949). Geology and petroleum exploration in Magallanes province, Chile. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 33: 1553-1578.
- Tissot, B., Demaison, G., Masson, P., Delteil, J.R., & Combaz, A., (1980), Paleoenvironment and petroleum potential of middle Cretaceous black shales in Atlantic basins: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 64 (12): 2051-2063.
- Torres-Carbonell, J.P. (2010). Control tectónico en la estratigrafía y sedimentología de secuencias sinorogénicas del Cretácico Superior-Paleógeno de los Andes Fueguinos. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca Argentina, 203.
- Traverse, A. (1994). *Sedimentation of Organic Particles*. Syndicate of the Universe the of Cambridge, New York: 544.
- Troncoso, A., Romero, E.J. (1999). Evolución de las comunidades florísticas en el extremo Sur de Sudamérica durante el cenofítico *Monographs of the Missouri Botanical Garden*, 68: 149-172.

- Troncoso, A., Suarez, M., De la Cruz, R. y Palma-Heldt, S. (2002). Paleoflora de la Formación Ligorio Márquez (XI Región, Chile) en su localidad tipo: sistemática, edad e implicancias paleoclimáticas. *Rev. geol. Chile*, 29 (1): 113-135.
- Tryon, A.F., Lugardon, B. (1991). *Spores of the Pteridophyta*. Springer-Verlag, New York. 214.
- Verleye, T.J., Louwye, S. (2010). Recent geographical distribution of organic-walled dinoflagellate cyst in the southeast Pacific (25-53°S) and their relation to the prevailing hydrographical conditions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 298: 319-340.
- Villagrán, C., Hinojosa, L.F. (1997). Historia de los Bosques del sur de Sudamérica, II: Análisis Fitogeográfico. *Revista Chilena de Historia Natural*, 70: 241-267.
- Volkheimer, W. (1971). Aspectos paleoclimatológicos del Terciario Argentino. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales 'Bernardino Rivadavia*, 8: 241-264.
- Volkheimer, W., Novara, M.G., Narváez, P.L. & Marquillas, R.A. (2006). Palynology and paleoenvironmental significance of the Tunal Formation (Danian) at its type locality, quebrada El Chorro (Salta, Argentina). *Ameghiniana*, 43: 567-584.
- Volkheimer, W., Scafati, L. & Melendi, D.L. (2007). Palynology of a Danian warm climatic wetland in Central Northern Patagonia, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología*, 39(2): 117-134.
- Whitaker, M.F., Giles, M.R. & Cannon, S.J.C. (1992). Palynological review of the Brent Group, UK sector, north sea. En: A.C. Morton, R.S. Haszeldine, M.R. Giles y S. Brown, *Geology of the Brent Group*. Geological Society Special Publication, 61: 169-202.
- White, J.M. (2006): Palynodata Datafile: 2006 version – Geological Survey of Canada, Open File 5793, 1008.
- Wilf, P., Singer, B.S., Zamalao, M.C., Johnson, K.R. & Cúneo, N.R. (2010). Early Eocene 40Ar/39Ar age for the Pampa de Jones plant, frog, and insect biota (Huitrera Formation, Neuquén Province, Patagonia, Argentina). *Ameghiniana*, 47: 207-216.
- Wing, S.L., Harrington, G.J., Smith, F.A., Bloch, J.I., Boyer, D.M. & Freeman, K.H. (2005). Transient floral change and rapid global warming at the Paleocene-Eocene boundary. *Science*, 310: 993-996.
- Williams, G.L., Bujak, J.P. (1985). Mesozoic and Cenozoic dinoflagellates. In Bolli, Saunders y Perch-Nielsen (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge Earth Science Series. 847-964.
- Williams, G.L., Stover, L.E. & Kidson, E.J. (1993). Morphology and stratigraphic ranges of selected Mesozoic-Cenozoic dinoflagellate taxa in the northern hemisphere. Geological Survey of Canada, paper 92 (10): 1-137.

- Williams, G.L., Brinkhuis, H., Pearce, M.A., Fensome, R.A. & Weegink, J.W. (2004). Southern ocean and global dinoflagellate cyst events compared: Index events for the Late Cretaceous–Neogene. in: Exon, N.F., Kennett, J.P. & Malone, M.J. (Eds.), Proc. ODP, Sci. Results, 189: 1–98.
- Wood, G.D., Grabriel A.M. y Lawson J.C. (1996). Palynological techniques – processing and microscopy. En: Jansontus, J. y McGregor D.C. 1996. Palynology: principles and aPP-lications. Amer. Assoc. of Strat. Palyn. Found. 1(3): 11-28.
- Wrenn, J.H., Duffield, S.L. & Stein, J.A. (1986). Papers from the first symposium on Neogene dinoflagellate cyst biostratigraphy. American Association of Stratigraphic Palynologists, Contribution Series, 17: 229.
- Wrenn, J.H., Kokinos, J.P. (1986). Preliminary comments on Miocene through Pleistocene dinoflagellate cysts from De Soto Canyon, Gulf of Mexico. American Association of Stratigraphic Palynologists, Contribution Series, 17: 169-225.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E. & Billups, K. (2001). Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292: 686-693.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 662.
- Zavala, C., Arcuri, M. & Blanco-Valiente L. (2012). The importance of plant remains as diagnostic criteria for the recognition of ancient hyperpycnites. *Revue de Paléobiologie, Genève*, 11: 457-469.
- Zegarra, M., Helenes, J. (2011). Changes in Miocene through Pleistocene Dinoflagellates from the Eastern Equatorial Pacific (ODP Site 1039), in relation to Primary Productivity. *Marine Micropaleontology*. 81: 107-121.
- Zetter, R., Hesse, M. & Frosch-Radivo, A. (2001). Early Eocene zoneaperturate pollen grains of the Proxapertites type with affinity to Araceae. *Review of Palaeobotany and Palynology* 117, 267-279.
- Zonneveld, K.A.F., Hoek, R.P., Brinkhuis, H. & Willems, H., (2001). Geographical distribution of organic-walled dinoflagellate cysts in surficial sediments of the Benguela upwelling region and their relationship to upper ocean conditions. *Progress in Oceanography*, 48: 25-72.

Anexos

ANEXO A. Lista de especies y conteos de Palinomorfos marinos y continentales de Punta Prat encontrados por muestra. Entre paréntesis se indica el conteo absoluto y la aparición estratigráficamente más alta (\wedge) y más baja (\vee) de cada taxa a lo largo de la columna.

Muestra PP-27 (10 m)

MARINOS

<i>Acrítarca corada</i>	(13)	(\wedge)
<i>Alterbidinium sp.</i>	(1)	(\wedge)
<i>Areoligera senonensis</i>	(13)	(\wedge)
<i>Cassidium fragile</i>	(11)	(\wedge)
<i>Cerodinium speciosum</i>	(2)	(\wedge)
<i>Chiropteridinium sp.</i>	(6)	(\wedge)
<i>Deflandrea sp.</i>	(4)	(\wedge)
<i>Eisenackia sp.</i>	(10)	(\wedge)
<i>Glaphyrocysta retiintexta</i>	(1)	(\wedge)
<i>Hystrichokolpoma rigaudiae</i>	(1)	(\wedge)
<i>Hystrichokolpoma sp.</i>	(1)	(\wedge)
<i>Lejeunecysta sp.</i>	(12)	(\wedge)
<i>Lingulodinium bergmannii</i>	(13)	(\wedge)
<i>Odontochitina operculata</i>	(3)	(\wedge)
<i>Oligosphaeridium complex</i>	(1)	(\wedge)
<i>Palaeocystodinium golzowense</i>	(11)	(\wedge)
<i>Palaeocystodinium sp.</i>	(2)	(\wedge)
<i>Spinidinium sp.</i>	(3)	(\wedge)
<i>Spiniferites hyperacanthus</i>	(11)	(\wedge)
<i>Spiniferites membranaceus</i>	(12)	(\wedge)
<i>Spiniferites ramosus</i>	(29)	(\wedge)
<i>Spiniferites sp.</i>	(44)	(\wedge)
<i>Tanyosphaeridium sp.</i>	(9)	(\wedge)

CONTINENTALES

<i>Baculatisporites comaumensis</i>	(9)	(\wedge)
<i>Biretisporites crassilabrus</i>	(6)	(\wedge)
<i>Biretisporites sp. I</i>	(18)	(\wedge)
<i>Cyatheacidites annulatus</i>	(2)	(\wedge)
<i>Dacrycarpites australiensis</i>	(4)	(\wedge)
<i>Deltoidospora australis</i>	(3)	(\wedge)
<i>Deltoidospora minor</i>	(3)	(\wedge)
<i>Dictyophyllidites harrisii</i>	(4)	(\wedge)
<i>Gleicheniidites senonicus</i>	(4)	(\wedge)
<i>Hifas</i>	(16)	(\wedge)
<i>Ischyosporites sp.</i>	(2)	(\wedge)
<i>Klukisporites sp.</i>	(26)	(\wedge)
<i>Laevigatosporites ovatus</i>	(7)	(\wedge)
<i>Nothofagidites (BRASSII)</i>	(2)	(\wedge)
<i>Peninsulapollis gillii</i>	(16)	(\wedge)
<i>Peromonolites vellosus</i>	(3)	(\wedge)
<i>Phyllocladidites mawsonii</i>	(12)	(\wedge)
<i>Podocarpidites marwickii</i>	(20)	(\wedge)
<i>Podocarpidites sp.</i>	(26)	(\wedge)
<i>Propylipollis sp.</i>	(12)	(\wedge)
<i>Proteacidites sp.</i>	(10)	(\wedge)
<i>Retitriletes austroclavitudites</i>	(2)	(\wedge)
<i>Tricolpites sp.</i>	(1)	(\wedge)

Muestra PP-26 (18.2 m)

<i>Acrítarca corada</i>	(9)	
<i>Aiora fenestrata</i>	(1)	(\wedge)
<i>Areoligera senonensis</i>	(27)	
<i>Cassidium fragile</i>	(13)	
<i>Cerodinium sp.</i>	(8)	(\wedge)
<i>Cerodinium speciosum</i>	(4)	

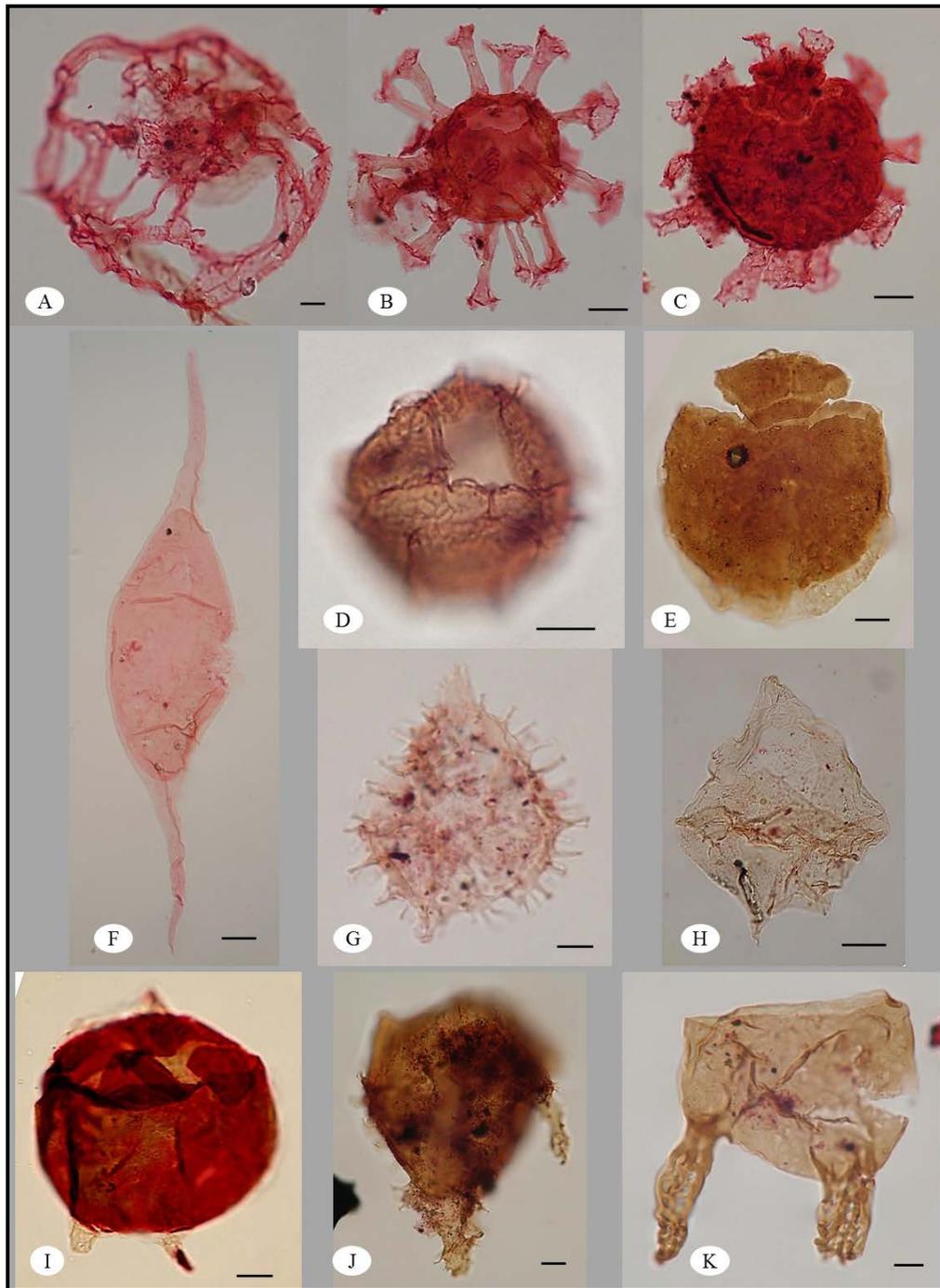
<i>Chiropteridinium sp.</i>	(35)	
<i>Deflandrea sp.</i>	(4)	
<i>Eisenackia circumtabulata</i>	(34)	(\wedge)
<i>Eisenackia crassitabulata</i>	(22)	(\wedge)
<i>Eisenackia sp.</i>	(13)	
<i>Glaphyrocysta retiintexta</i>	(2)	
<i>Hafniasphaera cryptovesiculatus</i>	(4)	(\wedge)
<i>Impagidinium crassimuratum</i>	(15)	(\wedge)
<i>Impagidinium sp.</i>	(11)	(\wedge)
<i>Kiokansium sp.</i>	(21)	(\wedge)
<i>Lingulodinium bergmannii</i>	(4)	
<i>Odontochitina porifera</i>	(2)	(\wedge)
<i>Operculodinium sp.</i>	(10)	(\wedge)
<i>Palaeocystodinium golzowense</i>	(18)	
<i>Palaeocystodinium sp.</i>	(13)	
<i>Pterospermella sp.</i>	(14)	(\wedge)
<i>Pyxidinosopsis crassimurata</i>	(15)	(\wedge)
<i>Senegalinium sp.</i>	(3)	(\wedge)
<i>Spiniferites hyperacanthus</i>	(25)	
<i>Spiniferites membranaceus</i>	(23)	
<i>Spiniferites ramosus</i>	(31)	
<i>Spiniferites sp.</i>	(20)	
<i>Tanyosphaeridium sp.</i>	(2)	
<i>Thalassiphora pelagica</i>	(9)	(\wedge)

CONTINENTALES

<i>Araucariacites sp.</i>	(3)	(\wedge)
<i>Baculatisporites comaumensis</i>	(12)	
<i>Biretisporites crassilabrus</i>	(3)	
<i>Biretisporites sp.</i>	(16)	(\wedge)
<i>Biretisporites sp. I</i>	(23)	
<i>Cingutriletes australis</i>	(9)	(\wedge)
<i>Cyatheacidites annulatus</i>	(5)	
<i>Dacrycarpites australiensis</i>	(4)	
<i>Deltoidospora australis</i>	(3)	
<i>Deltoidospora minor</i>	(10)	
<i>Fungi</i>	(12)	(\wedge)
<i>Gameroites psilasaccus</i>	(2)	(\wedge)
<i>Gleicheniidites senonicus</i>	(4)	
<i>Ischyosporites areapunctatis</i>	(7)	(\wedge)
<i>Ischyosporites sp.</i>	(4)	
<i>Klukisporites pseudoreticulatus</i>	(4)	(\wedge)
<i>Klukisporites sp.</i>	(20)	
<i>Laevigatosporites ovatus</i>	(6)	
<i>Microcachrydites antarcticus</i>	(3)	(\wedge)
<i>Nothofagidites (BRASSII)</i>	(3)	
<i>Peninsulapollis gillii</i>	(8)	
<i>Peromonolites vellosus</i>	(2)	
<i>Phyllocladidites mawsonii</i>	(31)	
<i>Podocarpidites elegans</i>	(15)	(\wedge)
<i>Podocarpidites ellipticus</i>	(15)	(\wedge)
<i>Podocarpidites marwickii</i>	(31)	
<i>Podocarpidites microreticuloidatus</i>	(3)	(\wedge)
<i>Podocarpidites sp.</i>	(6)	
<i>Proteacidites sp.</i>	(15)	
<i>Proteacidites subscabratus</i>	(8)	(\wedge)
<i>Retitriletes austroclavitudites</i>	(3)	

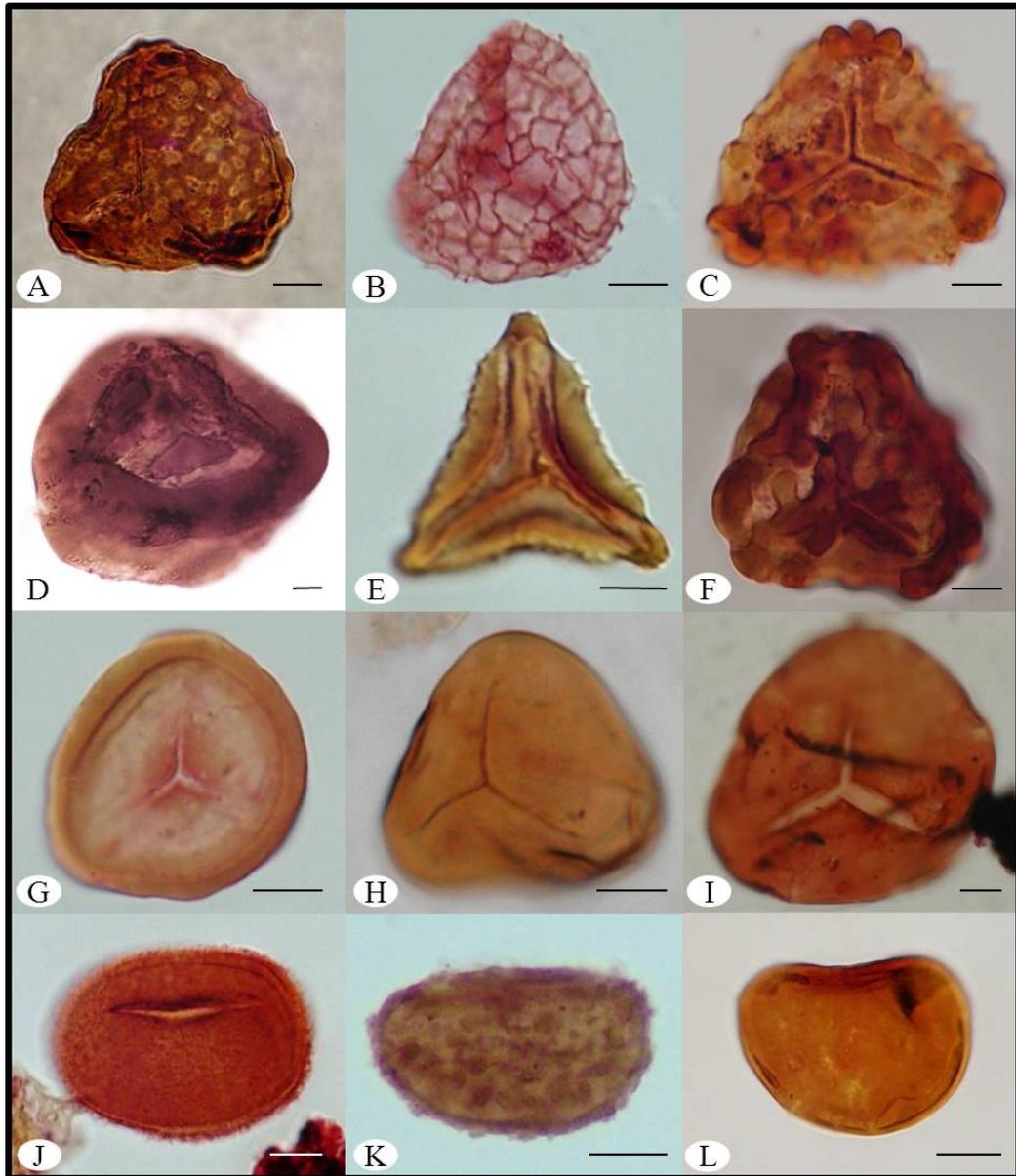
<i>Tricolpites sp.</i>	(1)		<i>Eisenackia sp.</i>	(21)	
Muestra 25 (26.2 m)			<i>Escolecodontes</i>	(2)	(^)
MARINOS			<i>Glaphyrocysta retiintexta</i>	(6)	
<i>Acritarca corada</i>	(17)		<i>Hystrichosphaeridium tubiferum</i>	(5)	(^)
<i>Acritarca triangular</i>	(1)	(^)	<i>Impagidinium crassimuratum</i>	(22)	
<i>Aiora fenestrata</i>	(1)		<i>Impagidinium sp.</i>	(10)	
<i>Alterbidinium sp.</i>	(3)		<i>Isabelidinium bakeri</i>	(4)	
<i>Areoligera senonensis</i>	(40)	(v)	<i>Isabelidinium sp.</i>	(4)	(^)
<i>Cassidium fragile</i>	(15)		<i>Kiokansium sp.</i>	(16)	
<i>Cerodinium sp.</i>	(39)		<i>Lejeunecysta sp.</i>	(9)	
<i>Cerodinium speciosum</i>	(6)		<i>Lingulodinium bergmannii</i>	(23)	
<i>Chiropteridinium sp.</i>	(40)		<i>Operculodinium sp.</i>	(21)	
<i>Deflandrea sp.</i>	(4)		<i>Palaeocystodinium golzowense</i>	(24)	
<i>Eisenackia circumtabulata</i>	(16)		<i>Palaeocystodinium sp.</i>	(6)	
<i>Eisenackia crassitabulata</i>	(6)		<i>Phelodinium sp.</i>	(1)	(^)
<i>Eisenackia sp.</i>	(11)		<i>Pyxidinospis crassimurata</i>	(3)	
<i>Glaphyrocysta retiintexta</i>	(3)		<i>Senegalinium sp.</i>	(4)	
<i>Hafniasphaera cryptovesiculatus</i>	(8)		<i>Spinidinium sp.</i>	(17)	
<i>Hystrichosphaeridium sp.</i>	(1)	(^ v)	<i>Spiniferella cornuta</i>	(1)	(^)
<i>Impagidinium crassimuratum</i>	(8)		<i>Spiniferites ramosus</i>	(25)	
<i>Isabelidinium bakeri</i>	(1)	(^)	<i>Spiniferites sp.</i>	(2)	
<i>Kiokansium sp.</i>	(13)		<i>Tanyosphaeridium sp.</i>	(15)	
<i>Lingulodinium bergmannii</i>	(21)		<i>Thalassiphora pelagica</i>	(3)	
<i>Odontochitina sp.</i>	(2)	(^)	CONTINENTALES		
<i>Operculodinium sp.</i>	(7)		<i>Araucariacites australis</i>	(1)	(^)
<i>Palaeocystodinium golzowense</i>	(12)		<i>Araucariacites sp.</i>	(3)	
<i>Pyxidinospis crassimurata</i>	(9)		<i>Biretisporites crassilabratu</i>	(13)	
<i>Pyxidinospis sp.</i>	(3)	(^ v)	<i>Biretisporites sp.</i>	(12)	
<i>Spinidinium sp.</i>	(9)		<i>Biretisporites sp. I</i>	(18)	
<i>Spiniferites hyperacanthus</i>	(12)		<i>Deltoidospora australis</i>	(5)	
<i>Spiniferites membranaceus</i>	(16)		<i>Deltoidospora minor</i>	(16)	
<i>Spiniferites ramosus</i>	(32)		<i>Dictyophyllidites harrisii</i>	(2)	
<i>Thalassiphora pelagica</i>	(4)		<i>Frutificacion</i>	(1)	(^)
CONTINENTALES			<i>Gamerroites psilasaccus</i>	(12)	
<i>Baculatisporites comaumensis</i>	(10)		<i>Hifas</i>	(11)	
<i>Baculatisporites turbioensis</i>	(1)	(^)	<i>Ischyosporites sp.</i>	(3)	
<i>Biretisporites crassilabratu</i>	(8)		<i>Klukisporites sp.</i>	(3)	
<i>Biretisporites sp.</i>	(26)		<i>Laevigatosporites ovatus</i>	(4)	
<i>Cyatheacidites annulatus</i>	(6)		<i>Nothofagidites (BRASSII)</i>	(1)	
<i>Deltoidospora australis</i>	(16)		<i>Peninsulapollis gillii</i>	(6)	
<i>Deltoidospora minor</i>	(19)		<i>Podocarpidites ellipticus</i>	(5)	
<i>Gleicheniidites senonicus</i>	(13)		<i>Podocarpidites marwickii</i>	(27)	
<i>Hifas</i>	(7)		<i>Podocarpidites microreticuloidatus</i>	(8)	
<i>Klukisporites sp.</i>	(18)		<i>Podocarpidites sp.</i>	(20)	
<i>Laevigatosporites ovatus</i>	(6)		<i>Proteacidites sp.</i>	(13)	
<i>Nothofagidites (FUSCA)</i>	(1)	(^)	<i>Retitriletes austroclavatidites</i>	(6)	
<i>Peninsulapollis gillii</i>	(4)				
<i>Phyllocladidites mawsonii</i>	(3)				
<i>Podocarpidites marwickii</i>	(23)				
<i>Podocarpidites microreticuloidatus</i>	(7)				
<i>Podocarpidites sp.</i>	(10)				
<i>Propylipollis sp.</i>	(14)				
<i>Proteacidites sp.</i>	(2)				
<i>Retitriletes austroclavatidites</i>	(3)				
Muestra PP-24 (35.7 m)					
<i>Achilleodinium latispinosum</i>	(3)	(^)			
<i>Acritarca corada</i>	(28)				
<i>Batiacasphaera sp.</i>	(1)	(^)			
<i>Cassidium fragile</i>	(15)				
<i>Cerodinium sp.</i>	(7)				
<i>Cerodinium speciosum</i>	(5)				
<i>Chiropteridinium sp.</i>	(13)				
<i>Deflandrea sp.</i>	(11)				
<i>Eisenackia crassitabulata</i>	(8)				

Lámina 1. Dinoflagelados de la localidad Punta Prat, Chile.



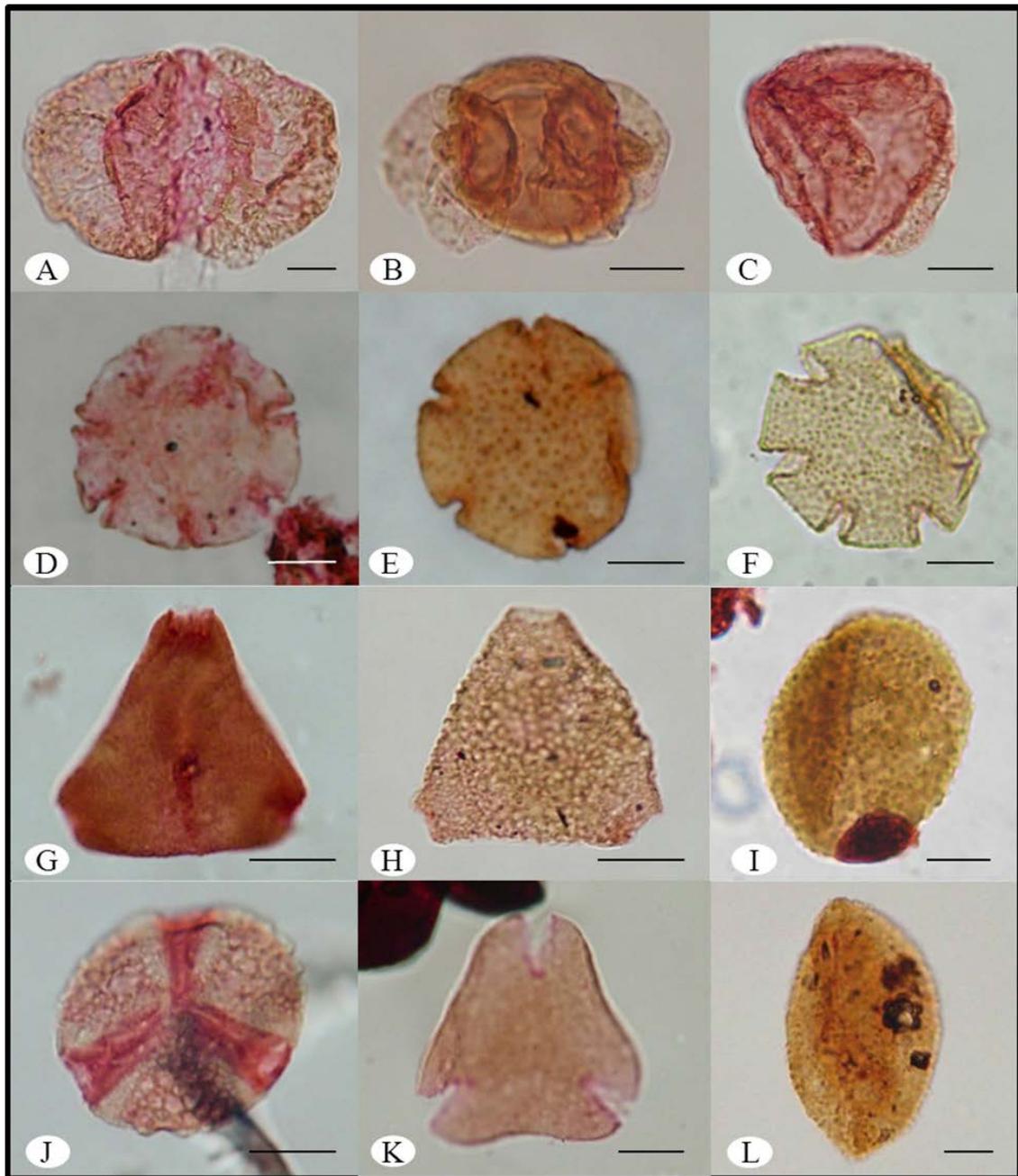
A. *Aiora fenestrata* PP-14 (3978/6):L40/4; **B.** *Hystrichosphaeridium tubiferum* PP-14 (3978/6):W33/3; **C.** *Alisocysta* sp. PP-23 (3987/4): J49-4; **D.** *Impagidinium cassiculus* PP-8 (3972/6):G31; **E.** *Senoniasphaera* sp. PP-8 (3972/6):T39/2; **F.** *Palaeocystodinium golzowense* PP-25 (3989/5):J30/3; **G.** *Spinidinium colemani* PP-8 (3972/6):K33; **H.** *Magallanesium asymmetricum* PP-22 (3988/6):H35-5; **I.** *Trithyrodinium evittii* PP-5 (3969/1):V45-2; **J.** *Xenascus* sp. PP-5 (3969/16):U32-6; **K.** *Odontochitina porifera* PP-8 (3972/6):Q32-4. Escala gráfica: A – K, barra 10µm.

Lámina 2. Esporas de la localidad Punta Prat, Chile.



A. *Klukisporites* sp. PP-17 (3981/5): H44/1, vista proximal; **B.** *Retitriletes austroclavatidites* (Cookson) Döring, Krutzsch, Mai y Schulz 1963. PP-8 (3972/6): A32/3, vista proximal; **C.** *Ischyosporites areapunctatis* (Stuchlik) Barreda 1996. PP5 (3969/6): O50, vista proximal; **D.** *Cyatheacidites annulatus* Cookson ex Potonie, 1956. PP-6 (3970/6): T44/2, vista proximal; **E.** *Clavifera triplex* (Bolkhovitina) Bolkhovitina 1966. PP10 (3874/6): D39/3, vista proximal; **F.** *Ischyosporites* sp. PP-6 (3970/6): O31, vista proximal; **G.** *Cingutriletes australis* (Cookson) Archangelsky 1972. PP-8 (3972/6): A35/2, vista proximal; **H.** *Deltoidospora* sp. aff. *D. minor* (Couper) Pocock 1970. PP-5 (3969/6): L35/4, vista proximal; **I.** *Deltoidospora* sp. PP-5 (3969/6): H41-2 vista proximal; **J.** *Peromonolites vellosus* (Partridge) Stover y Partridge 1973. PP-8 (3972/6): A39, vista lateral; **K.** *Polypodiisporites inangahuensis* (Couper) Potonie 1956. PP-6 (3970/4): L45, vista lateral; **L.** *Laevigatosporites ovatus* Wilson y Webster 1946. PP-8 (3972/6): W45, vista lateral. Escala gráfica: A – L, barra 10µm.

Lámina 3. Granos de polen de la localidad Punta Prat, Chile.



A. *Podocarpidites marwickii* Couper 1953. PP-6 (3970/6): W44-1, vista polar; **B.** *Phyllocladidites mawsonii* (Cookson) Couper 1953. PP10 (3974/6): T42, vista polar; **C.** *Dacrycarpites australiensis* Cookson y Pike 1953. PP10 (3974/6): U30, vista polar; **D.** *Nothofagidites* tipo "ancestral" (*N. kaitangataensis* Couper) PP-5 (3969/6): R43-3, vista polar; **E.** *Nothofagidites* tipo *fusca* (*N. waipawaensis* Couper). PP-5 (3969/6): O38-4, vista polar; **F.** *Nothofagidites* tipo *brassii* (*N. dorotensis* Romero) PP-5 (3969/6): R43-3, vista polar; **G.** *Proteacidites subscabratus* Couper 1960. PP-6 (3970/6): Q41, vista polar; **H.** *Propylipollis pseudomoides* (Stover) Dettmann y Jarzen 1996. PP-6 (3970/4): M46, vista polar; **I.** *Pandanus texus* (Elsik) Kumar y Takahashi 1991: PP-7 (3971/1): H 45, vista distal; **J.** *Margocolporites* sp. PP-10 (3974/6): D44/3, vista polar; **K.** *Peninsulapollis gillii* (Cookson) Dettmann y Jarzen 1988. PP-9 (3973/6): O32, vista polar; **L.** *Liliacidites variegatus* Couper 1953. PP5 (3969/6): V32/1, vista distal. Escala gráfica: A – L, barra 10µm.

ANEXO B. Lista de taxa de palinomorfos continentales identificados por muestra de las Formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca y sus afinidades botánicas.

	Taxa	Afinidad botánica
ESPORAS	<i>Baculatisporites comaumensis</i> (Cookson) Potonie 1956.	Hymenophyllaceae
	<i>Baculatisporites</i> sp.	Hymenophyllaceae
	<i>Baculatisporites turbioensis</i> Archangelsky 1972.	Osmundaceae
	<i>Biretisporites crassilabratius</i> Archangelsky 1972.	Schizaeaceae
	<i>Biretisporites</i> sp.	Schizaeaceae
	<i>Ceratosporites equalis</i> Cookson y Dettmann 1958.	Selaginellaceae
	<i>Cingtriletes australis</i> (Cookson) Baldoni y Barreda 1986.	Sphagnaceae
	<i>Clavifera triplex</i> (Bolkhovitina) Bolkhovitina 1966.	Gleicheniaceae
	<i>Cyatheacidites annulatus</i> Cookson ex Potonie, 1956.	Cyatheaceae
	<i>Deltoidospora australis</i> (Couper) Pocock, 1970.	Polypodiaceae
	<i>Deltoidospora minor</i> (Couper) Pocock 1970.	Polypodiaceae
	<i>Deltoidospora</i> sp.	Polypodiaceae
	<i>Dictyophyllidites harrisii</i> Couper 1958.	Matoniaceae
	<i>Dictyophyllidites</i> sp.	Matoniaceae
	<i>Gleicheniidites senonicus</i> Ross 1949.	Gleicheniaceae
	<i>Gleicheniidites</i> sp.	Gleicheniaceae
	<i>Ischyosporites areapunctatis</i> (Stuchlik) Barreda 1996.	Dicksoniaceae
	<i>Ischyosporites</i> sp.	Dicksoniaceae
	<i>Klukisporites labiatus</i> (Volkheimer) Baldoni y Archangelsky 1983.	Schizaeaceae
	<i>Klukisporites pseudoreticulatus</i> Couper 1958.	Schizaeaceae
	<i>Klukisporites</i> sp.	Schizaeaceae
	<i>Klukisporites variegatus</i> Couper 1958.	Schizaeaceae
	<i>Laevigatosporites ovatus</i> Wilson y Webster 1946.	Blechnaceae
	<i>Matonisporites</i> sp.	Matoniaceae
	<i>Peromonolites vellosus</i> (Partridge) Stover y Partridge 1973.	Blechnaceae
	<i>Polypodiisporites inangahuensis</i> (Couper 1953) Potonie 1956.	Polypodiaceae
<i>Retitriletes austroclavatidites</i> (Cookson) Döring et al. 1963.	Lycopodiaceae	
<i>Retitriletes</i> sp.	Lycopodiaceae	
<i>Trilites</i> sp.	Dicksoniaceae	
<i>Verrucatosporites</i> sp.	Polypodiaceae	
GIMNOSPERMAS	<i>Araucariacites australis</i> Cookson 1947.	Araucariaceae
	<i>Araucariacites pergranulatus</i> Volkheimer 1968.	Araucariaceae
	<i>Araucariacites</i> sp.	Araucariaceae
	<i>Dacrycarpites australiensis</i> Cookson y Pike 1953.	Podocarpaceae
	<i>Gamerroites psilasaccus</i> (Archangelsky y Romero) Archangelsky 1988.	Podocarpaceae
	<i>Gamerroites</i> sp.	Podocarpaceae
	<i>Microcachryidites antarcticus</i> Cookson 1947.	Podocarpaceae
	<i>Phyllocladidites mawsonii</i> (Cookson) Couper 1953.	Podocarpaceae
	<i>Podocarpidites elegans</i> Romero 1977.	Podocarpaceae
	<i>Podocarpidites ellipticus</i> Cookson 1947.	Podocarpaceae
	<i>Podocarpidites marwickii</i> Couper 1953.	Podocarpaceae
	<i>Podocarpidites microreticuloidatus</i> Cookson 1947.	Podocarpaceae
	<i>Podocarpidites rugulosus</i> Romero 1977.	Podocarpaceae
<i>Podocarpidites</i> sp.	Podocarpaceae	
ANGIOSPERMAS	<i>Liliacidites</i> sp.	Liliaceae
	<i>Liliacidites variegatus</i> Couper 1953.	Liliaceae
	<i>Margocolporites</i> sp.	Fabaceae
	<i>Monocolpites</i> sp.	Arecaceae
	<i>Nothofagidites</i> (tipo <i>brassii</i>)	Nothofagaceae
	<i>Nothofagidites</i> (tipo <i>fusca</i>)	Nothofagaceae
	<i>Nothofagidites</i> (tipo <i>menziesii</i>)	Nothofagaceae
	<i>Pandaniidites texus</i> (Elsik) Kumar y Takahashi 1991	Pandanaceae
	<i>Peninsulapollis gillii</i> (Cookson) Dettmann y Jarzen 1988.	Proteaceae
	<i>Propylipollis pseudomoides</i> (Stover) Dettman y Jarzen 1996.	Proteaceae
	<i>Propylipollis</i> sp.	Proteaceae
	<i>Proteacidites</i> sp.	Proteaceae
	<i>Proteacidites subscabratus</i> Couper 1960.	Proteaceae
	<i>Psilatricolporites</i> sp.	Fabaceae
	<i>Rousea</i> sp.	Adoxaceae
	<i>Spinozonocolpites</i> sp.	Arecaceae
<i>Tetracolpites</i> sp.	Oleaceae	
<i>Tricolpites</i> sp.	Proteaceae	
<i>Triorites minor</i> Couper 1953.	Proteaceae	

ANEXO C. Distribución estratigráfica de las especies de palinomorfos a partir de la Formación Agua Fresca hasta la Formación Chorrillo Chico

EDAD		PALEOCENO TARDÍO							EOC. TEMP.			EOCENO MEDIO											
FORMACIÓN		CHORRILLO CHICO							AGUA FRESCA														
ESPESOR		225.5	214.5	207.5	196	187.6	173.6	161.6	151.1	141.1	124.9	110.4	104.9	96.1	80.8	69.6	57.4	43.7	35.7	26.2	18.2	10	
TAXA / MUESTRA		PP-5	PP-6	PP-7	PP-8	PP-9	PP-10	PP-11	PP-12	PP-13	PP-14	PP-16	PP-17	PP-18	PP-20	PP-21	PP-22	PP-23	PP-24	PP-25	PP-26	PP-27	
D. GONYAULACOIDEOS	<i>Achilleodinium latispinosum</i>									2	2	3			1			2	3				
	<i>Achomospaera sp.</i>								3	9	2		1					3					
	<i>Aiora fenestrata</i>							1			4				1					1	1		
	<i>Alisocysta sp.</i>							4		10						2		30	21	11	13	10	
	<i>Apteodinium sp.</i>									1	1												
	<i>Areoligera senonensis</i>																			40	27	13	
	<i>Areoligera sp.</i>				3	2																	
	<i>Batiacasphaera micropapillata</i>	2			1	1																	
	<i>Batiacasphaera sp.</i>		12					2												1			
	<i>Cassidium fragile</i>							11	32	35	5	10	7	1	13	21	25		15	15	13	11	
	<i>Chiropteridium sp.</i>				1														36	13	40	35	6
	<i>Cordosphaeridium fibrospinosum</i>															1							
	<i>Cordosphaeridium sp.</i>							3	1														
	<i>Cordosphaeridium tenuistriatum</i>				5	1				1	1		3										
	<i>Coronifera oceanica</i>					1																	
	<i>Eisenackia chilensis</i>		28			5																	
	<i>Eisenackia circumtabulata</i>		1																		16	34	
	<i>Eisenackia crassitabulata</i>	2		4	17	11	14	27	28	17	5	3	3	8	3	10		17	8	6	22		
	<i>Glaphrocysta ordinata</i>						2	20	30	18		25	50		13			8					
	<i>Glaphrocysta retiintexta</i>	2	9		7	3	3	8	40	15	35	39	35		9	15	41	6	3	2	1		
	<i>Glaphrocysta sp.</i>		1		1				3	12	6	17	14										
	<i>Glaphrocysta texta</i>						1																
	<i>Hafniasphaera cryptovesiculatus</i>					4	2	12	3	9	9	5	2	1		2				8	4		
	<i>Hystrichokolpoma rigaudiae</i>															1							1
	<i>Hystrichokolpoma sp.</i>						2	1															1
	<i>Hystrichosphaeridium salpingophorum</i>																		1				
	<i>Hystrichosphaeridium sp.</i>																				1		
	<i>Hystrichosphaeridium tubiferum</i>	3	9		3	13	3	4		4	4							4	5				
	<i>Hystrichostrogylon sp.</i>	1						2															
	<i>Impagidinium cassiculus</i>				2	3	2		6	23		3											
	<i>Impagidinium crassimuratum</i>											4	2	12	9	7	7	24	22	8	15		
	<i>Impagidinium sp.</i>	1	1		9		3	15	8	14	8	7	4					10		11			
	<i>Kiokansium sp.</i>														21	24		36	16	13	21		
<i>Lingulodinium bergmannii</i>		9	2	9				23	29	22	9	15	2	15	15		23	21	4	13			
<i>Lingulodinium sp.</i>						8																	
<i>Oligosphaeridium albertense</i>															1								
<i>Oligosphaeridium complex</i>		3		1	2	4	4	1	3	1					2							1	
<i>Oligosphaeridium perforatum</i>	1																						
<i>Operculodinium azcaratei</i>						1				3			3			8	9						
<i>Operculodinium sp.</i>	2		1		2	5	10	4	8		6	6		38	8		2	21	7	10			
<i>Pyxidinopsis crassimurata</i>		1			10		20	5	24	2					2	5		3	9	15			
<i>Pyxidinopsis sp.</i>																			3				
<i>Senoniasphaera sp.</i>					7																		
<i>Spiniferella cornuta</i>								2		2					1			1					
<i>Spiniferites granulatus</i>	1					1																	
<i>Spiniferites hyperacanthus</i>																	3		12	25	11		

continuación																							
ESPESOR		225.5	214.5	207.5	196	187.6	173.6	161.6	151.1	141.1	124.9	110.4	104.9	96.1	80.8	69.6	57.4	43.7	35.7	26.2	18.2	10	
TAXA / MUESTRA		PP-5	PP-6	PP-7	PP-8	PP-9	PP-10	PP-11	PP-12	PP-13	PP-14	PP-16	PP-17	PP-18	PP-20	PP-21	PP-22	PP-23	PP-24	PP-25	PP-26	PP-27	
D. GONY.	<i>Spiniferites membranaceus</i>	12				3	2				9	3	5	5	2	1		16		16	23	12	
	<i>Spiniferites ramosus</i>	5	8	2	8	12		27	5	5	16	8	13	5	6	22	11	24	25	32	31	29	
	<i>Spiniferites sp.</i>	7	3	1					2		2	2		12	1	1	22		2		20	44	
	<i>Tanyosphaeridium sp.</i>	1	3						14	9	4					3			15		2	9	
	<i>Thalassiphora pelagica</i>		3															3		3	4	9	
	<i>Thalassiphora sp.</i>							1			1												
D. PERIDINIOIDEOS	<i>Alterbidinium sp.</i>																4	2		3		1	
	<i>Cerodinium sp.</i>		4	19	8	13		3	12	15	10	4	1						7	39	8		
	<i>Cerodinium speciosum</i>										2				1		17	5	6	4	2		
	<i>Cerodinium striatum</i>	6	3			3	9	1															
	<i>Deflandrea cygniiformis</i>						2																
	<i>Deflandrea fuegensis</i>							13		11							4						
	<i>Deflandrea granulata</i>							1			2	4					9						
	<i>Deflandrea sp.</i>	1		1		2		16	8	20	5	6	4	8	2	16	14	11	4	4	4		
	<i>Isabelidinium bakeri</i>	5	5		1			35	38	22	25	32	22	11	5	29	25	32	4	1			
	<i>Isabelidinium sp.</i>							18	35	13		10	6		3	5	8	31	4				
	<i>Lejeunecysta sp.</i>		2		1	1		5	5	11	4	4	2	1	8	2	6	8	9			12	
	<i>Magallanesium asymmetricum</i>																	8	20				
	<i>Magallanesium denticulatum</i>						14																
	<i>Magallanesium macmurdoense</i>					18																	
	<i>Palaeocystodinium golzowense</i>	10	20	5	10	10	13	25	22	20		10	9	15	10	20	10	18	24	12	18	11	
	<i>Palaeocystodinium sp.</i>	7	5	7	1	7			1					7	7	6	12		6		13	2	
	<i>Palaeoperidinium pyrophorum</i>	10	33	147	13	45	31	26	3														
	<i>Palaeoperidinium sp.</i>		3	22				7															
	<i>Phelodinium sp.</i>									2	9						1	2		1			
	<i>Senegalinium sp.</i>	1					4	18		8	15	12	1		3			8	4		3		
	<i>Spinidinium colemanii</i>		13	2	26		49			28	20	19	31		16								
	<i>Spinidinium sp.</i>			1	9		9	26	3							6	23	19	17	9		3	
	<i>Spinidinium styloniferum</i>		9	2		14	10																
<i>Trithyrodinium evittii</i>	4																						
<i>Trithyrodinium sp.</i>	2																						
<i>Volkheimeridium lanterna</i>	4	34	8	8	15	73	20	17	15	25													
Otros Dinoflag.	Dinoflagelado corado																			1			
	Dinoflagelado sin diferenciar										2												
	<i>Odontochitina operculata</i>								6					8							3		
	<i>Odontochitina porifera</i>				1					1											2		
	<i>Odontochitina sp.</i>		1			4	17	5				1			7	5	9		2				
	<i>Xenascus sp.</i>	1																					
Otros Marinos	Acritarca baculada			2																			
	Acritarca corada	41	21	48	20	22	8	20	10	13	14	14	26	18	25	28	28	21	28	17	9	13	
	Acritarca triangular																	1		1			
	Escolecodontes									1								2	2				
	Foraminifero enrollado	1							1						1								
	Foraminifero uniserial						1																
	<i>Pterospermella sp.</i>					5	2		2			4		4	15						14		

continuación																							
ESPESOR		225.5	214.5	207.5	196	187.6	173.6	161.6	151.1	141.1	124.9	110.4	104.9	96.1	80.8	69.6	57.4	43.7	35.7	26.2	18.2	10	
TAXA / MUESTRA		PP-5	PP-6	PP-7	PP-8	PP-9	PP-10	PP-11	PP-12	PP-13	PP-14	PP-16	PP-17	PP-18	PP-20	PP-21	PP-22	PP-23	PP-24	PP-25	PP-26	PP-27	
ESPORAS	<i>Baculatisporites comaumensis</i>	5	3			1	3	15	7		2	4			1	1	3			10	12	9	
	<i>Baculatisporites</i> sp.																	1					
	<i>Baculatisporites turbioensis</i>					1	4	4	2		1	1								1			
	<i>Biretisporites crassilabrus</i>								3		4	2		5	16	3		25	13	8	3	6	
	<i>Biretisporites</i> sp.	24	61	27	21	47	30	25	20	37	18	9	5	13	6	1	7	7	30	26	39	18	
	<i>Ceratosporites equalis</i>	1		1			1		2	19								2					
	<i>Cingutriletes australis</i>	5	10	2	4		26	18			6	8	5	1	8	2	1	3				9	
	<i>Clavifera triplex</i>						1																
	<i>Cyatheacidites annulatus</i>		1	2		3	2	7		11	1				2			7		6	5	2	
	<i>Deltoidospora australis</i>	6	22	26	12	19	12	22	4	6	5	5	18	4	10	3		4	5	16	3	3	
	<i>Deltoidospora minor</i>	7	25	8	17	21	19	32	3	5	9	6	11		11				16	19	10	3	
	<i>Deltoidospora</i> sp.	12	28	4	12	3	3	2		15	7				4	3	1						
	<i>Dictyophyllidites harrisii</i>	7				11	3			18	2				2		1		2				4
	<i>Dictyophyllidites</i> sp.		2																				
	<i>Gleicheniidites senonicus</i>	8	13	6	8		15	20	1		3	4	3	1	2	1				13	4	4	
	<i>Gleicheniidites</i> sp.	2	2		2		5		2		1		19		1	3							
	<i>Ischyosporites areapunctatis</i>	4	7	3		5	4	4		6	2	4										7	
	<i>Ischyosporites</i> sp.	10	11	2	3	1	6	7	3	2	6	3						3	3	3		4	2
	<i>Klukisporites labiatus</i>										2	13											
	<i>Klukisporites pseudoreticulatus</i>					3					4	7			4	2						4	
	<i>Klukisporites</i> sp.	12	4	11	10	14	20	15	5	16	8		7	6	8	3	9	15	3	18	20	26	
	<i>Klukisporites variegatus</i>	5			1	1	6																
	<i>Laevigatosporites ovatus</i>	10	7	5	2	3	16	7			3	2	3	2	16	4	3	11	4	6	6	7	
	<i>Matonisporites</i> sp.	2				1									2								
	<i>Peromonolites vellosus</i>				4																2	3	
	<i>Polypodiisporites inangahuensis</i>		1																				
	<i>Retitriletes austroclavatidites</i>	7	2	2	4		6	5	3		5	2	8		18	3	4	19	6	3	3	2	
	<i>Retitriletes</i> sp.	2																					
<i>Trilites</i> sp.	18	22	8	15	6	25	10	13	15	5	5	11	1	12	5		15						
<i>Verrucatosporites</i> sp.		2																					
Espora baculada		1																					
GIMNOSPERMAS	<i>Araucariacites australis</i>										2	3	4	3	1	2			1				
	<i>Araucariacites pergranulatus</i>	1																					
	<i>Araucariacites</i> sp.	7	2		2	1	2	3											3		3		
	<i>Dacrycarpites australiensis</i>			3			7	2		3	1	5		13	8		6			4	4		
	<i>Gammeroites psilasaccus</i>	2		2	1			2			1	1	4		4	2		12	12		2		
	<i>Gammeroites</i> sp.	2																					
	<i>Microcachrydites antarcticus</i>			1	3		9	1	2	3		5		14	14		8				3		
	<i>Phyllocladidites mawsonii</i>	3	1	2	17	3	3	4	2		3	4		1	7					3	31	12	
	<i>Podocarpidites elegans</i>	2		8	3		9	14	10	2	2				7		1	11			15		
	<i>Podocarpidites ellipticus</i>					3					5	3	11	5		11	3		5		15		
	<i>Podocarpidites marwickii</i>	19	12	9	2	16	23	14	8	18	18	32	26	12	20	17	18	18	27	23	31	20	
	<i>Podocarpidites microreticuloidatus</i>		3	4	8			8	3	8	5				2				19	8	7	3	
	<i>Podocarpidites rugulosus</i>										1				3								
<i>Podocarpidites</i> sp.	20	14	23	20	29	37	38	20	21		25	2	23	33	8	10	13	20	10	6	26		

continuación																											
ESPESOR		225.5	214.5	207.5	196	187.6	173.6	161.6	151.1	141.1	124.9	110.4	104.9	96.1	80.8	69.6	57.4	43.7	35.7	26.2	18.2	10					
TAXA / MUESTRA		PP-5	PP-6	PP-7	PP-8	PP-9	PP-10	PP-11	PP-12	PP-13	PP-14	PP-16	PP-17	PP-18	PP-20	PP-21	PP-22	PP-23	PP-24	PP-25	PP-26	PP-27					
ANGIOSPERMAS	<i>Liliacidites</i> sp.								1		1				1												
	<i>Liliacidites variegatus</i>	1																									
	<i>Margocolporites</i> sp.						1																				
	<i>Monocolpites</i> sp.								1																		
	<i>Nothofagidites</i> (tipo <i>brassii</i>)	8	15	5	11	8	13	10	3	5	2				1				2	1			3	2			
	<i>Nothofagidites</i> (tipo <i>fusca</i>)	12	5	2	4	4	7	6	7	3		3	3		3	4	2	3			1						
	<i>Nothofagidites</i> (tipo <i>menziesii</i>)	3	26	2	4	5	2	2	6									1									
	<i>Pandaniidites texus</i>	1			3	11			3																		
	<i>Peninsulapollis gillii</i>	10	23	3	8	13	11	12	9	15	4	3		3	2	12			20	6	4	8	16				
	<i>Propylipollis pseudomoides</i>	4	1	8	4			5					1		3												
	<i>Propylipollis</i> sp.	1	3																		14		12				
	<i>Proteacidites</i> sp.													3		5		4	4	13	2	15	10				
	<i>Proteacidites subscabratus</i>	1	8		7		3	3	2	13	5	2										8					
	<i>Psilatricolporites</i> sp.												1														
	<i>Rousea</i> sp.								1						1												
	<i>Spinozonocolpites</i> sp.	3														1											
	<i>Tetracolpites</i> sp.		1																								
	<i>Tricolpites</i> sp.		1					1														1	1				
	<i>Triorites minor</i>																		1								
	<i>Polen</i>	3																									
	<i>Polen estriado</i>				1			1																			
	<i>Polen monosulcado</i>				1																						
	<i>Polen periporado</i>						1	2																			
<i>Tetrada</i>																			1								
O. Cont.	Frutificacion		1					1	1										1								
	Fungi	6	2			14	12		2	3	3										12						
	Hifas			2	5	6		8			4	7	5	9	2		11	3	11	7		16					

ANEXO D. Matriz de correlación de conjuntos de palinomorfos de Punta Prat.

	cG-1	cG-2	cG-3	cG-4	cG-5	cG-6	cG-7	cG-8	cG-9	cG-10	cG-11	cG-12	cG-13	cG-14	cG-15	cG-16	cP-1	cP-2	cP-3	cP-4	cP-5	cP-6	cP-7	cP-8	cP-9	cP-10	cP-11	cP-12	cP-13
cG-1	1.00	0.24	-0.01	0.18	0.16	0.26	0.16	0.47	0.34	0.24	0.11	0.22	0.26	0.30	-0.21	-0.24	-0.02	0.20	0.54	0.54	0.46	0.05	-0.11	-0.28	0.39	0.35	0.17	-0.11	0.21
cG-2	0.24	1.00	0.63	0.01	-0.06	0.03	0.37	0.49	0.13	0.14	0.09	0.66	0.14	0.51	0.26	0.41	-0.05	0.45	-0.06	-0.06	0.00	0.06	0.48	0.00	-0.22	0.15	-0.02	-0.29	0.16
cG-3	-0.01	0.63	1.00	-0.31	-0.16	0.10	0.01	0.35	0.03	-0.41	0.25	0.71	-0.01	0.21	0.69	0.57	0.48	0.50	0.05	-0.20	-0.01	0.12	0.18	-0.35	-0.17	0.04	-0.22	-0.12	-0.45
cG-4	0.18	0.01	-0.31	1.00	0.18	-0.12	0.16	0.17	0.10	0.33	-0.07	-0.11	0.15	0.13	-0.28	-0.27	-0.31	0.03	0.04	0.17	0.08	-0.17	-0.13	0.12	0.01	0.15	0.46	-0.15	0.24
cG-5	0.16	-0.06	-0.16	0.18	1.00	-0.08	-0.15	0.25	-0.03	-0.19	-0.02	-0.14	-0.04	-0.20	0.01	-0.18	-0.02	-0.14	0.33	0.67	0.08	0.03	-0.09	-0.30	0.11	0.16	0.05	-0.19	-0.07
cG-6	0.26	0.03	0.10	-0.12	-0.08	1.00	0.15	0.35	0.30	0.32	0.41	0.29	0.02	-0.11	-0.02	-0.17	-0.07	0.00	0.45	0.20	0.63	0.09	-0.24	-0.30	0.27	0.72	0.39	-0.19	0.02
cG-7	0.16	0.37	0.01	0.16	-0.15	0.15	1.00	0.05	-0.18	0.48	-0.17	0.03	-0.24	0.23	-0.16	0.03	-0.14	0.38	-0.12	-0.11	0.02	0.41	-0.02	0.37	0.14	0.24	0.41	0.11	0.56
cG-8	0.47	0.49	0.35	0.17	0.25	0.35	0.05	1.00	0.23	0.00	0.63	0.49	0.38	0.46	0.08	0.24	-0.02	0.17	0.56	0.48	0.36	-0.01	0.24	-0.53	0.19	0.53	0.18	-0.30	-0.19
cG-9	0.34	0.13	0.03	0.10	-0.03	0.30	-0.18	0.23	1.00	0.22	0.14	0.39	0.54	0.04	-0.13	0.02	-0.21	0.04	0.12	0.06	0.28	-0.51	-0.12	-0.41	0.31	0.04	0.15	-0.33	0.02
cG-10	0.24	0.14	-0.41	0.33	-0.19	0.32	0.48	0.00	0.22	1.00	0.06	0.03	0.14	0.21	-0.43	-0.17	-0.41	-0.18	0.11	0.03	0.26	0.02	-0.10	0.28	0.17	0.33	0.40	-0.01	0.75
cG-11	0.11	0.09	0.25	-0.07	-0.02	0.41	-0.17	0.63	0.14	0.06	1.00	0.46	0.27	0.24	0.07	0.19	0.09	-0.13	0.53	0.35	0.34	0.07	0.24	-0.46	0.08	0.44	0.16	-0.16	-0.36
cG-12	0.22	0.66	0.71	-0.11	-0.14	0.29	0.03	0.49	0.39	0.03	0.46	1.00	0.38	0.46	0.56	0.38	0.15	0.38	0.25	0.08	0.29	-0.13	0.20	-0.50	0.09	0.27	-0.15	-0.21	-0.29
cG-13	0.26	0.14	-0.01	0.15	-0.04	0.02	-0.24	0.38	0.54	0.14	0.27	0.38	1.00	0.52	0.14	0.34	0.12	-0.09	0.42	0.39	0.48	-0.48	0.20	-0.48	0.26	0.01	0.05	-0.21	-0.17
cG-14	0.30	0.51	0.21	0.13	-0.20	-0.11	0.23	0.46	0.04	0.21	0.24	0.46	0.52	1.00	0.21	0.49	0.11	0.38	0.37	0.13	0.09	-0.03	0.24	-0.05	0.19	0.22	0.04	-0.19	0.15
cG-15	-0.21	0.26	0.69	-0.28	0.01	-0.02	-0.16	0.08	-0.13	-0.43	0.07	0.56	0.14	0.21	1.00	0.54	0.48	0.18	0.15	-0.09	0.10	-0.05	0.06	-0.51	0.03	0.00	-0.43	0.05	-0.57
cG-16	-0.24	0.41	0.57	-0.27	-0.18	-0.17	0.03	0.24	0.02	-0.17	0.19	0.38	0.34	0.49	0.54	1.00	0.31	0.29	0.10	-0.21	-0.16	-0.13	0.15	-0.17	0.13	0.00	-0.13	-0.14	-0.16
cP-1	-0.02	-0.05	0.48	-0.31	-0.02	-0.07	-0.14	-0.02	-0.21	-0.41	0.09	0.15	0.12	0.11	0.48	0.31	1.00	0.09	0.34	0.08	0.17	0.38	-0.18	-0.31	0.06	-0.19	0.05	-0.10	-0.39
cP-2	0.20	0.45	0.50	0.03	-0.14	0.00	0.38	0.17	0.04	-0.18	-0.13	0.38	-0.09	0.38	0.18	0.29	0.09	1.00	-0.03	-0.11	-0.18	-0.08	-0.15	0.15	0.05	0.22	-0.02	-0.02	0.02
cP-3	0.54	-0.06	0.05	0.04	0.33	0.45	-0.12	0.56	0.12	0.11	0.53	0.25	0.42	0.37	0.15	0.10	0.34	-0.03	1.00	0.71	0.67	0.10	-0.25	-0.53	0.55	0.55	0.21	-0.25	-0.14
cP-4	0.54	-0.06	-0.20	0.17	0.67	0.20	-0.11	0.48	0.06	0.03	0.35	0.08	0.39	0.13	-0.09	-0.21	0.08	-0.11	0.71	1.00	0.54	-0.04	0.02	-0.41	0.30	0.45	0.20	-0.09	-0.10
cP-5	0.46	0.00	-0.01	0.08	0.08	0.63	0.02	0.36	0.28	0.26	0.34	0.29	0.48	0.09	0.10	-0.16	0.17	-0.18	0.67	0.54	1.00	-0.02	-0.01	-0.47	0.31	0.37	0.26	-0.29	-0.19
cP-6	0.05	0.06	0.12	-0.17	0.03	0.09	0.41	-0.01	-0.51	0.02	0.07	-0.13	-0.48	-0.03	-0.05	-0.13	0.38	-0.08	0.10	-0.04	-0.02	1.00	-0.06	0.18	-0.07	0.02	0.33	-0.11	0.19
cP-7	-0.11	0.48	0.18	-0.13	-0.09	-0.24	-0.02	0.24	-0.12	-0.10	0.24	0.20	0.20	0.24	0.06	0.15	-0.18	-0.15	-0.25	0.02	-0.01	-0.06	1.00	0.04	-0.62	-0.26	-0.26	0.02	-0.21
cP-8	-0.28	0.00	-0.35	0.12	-0.30	-0.30	0.37	-0.53	-0.41	0.28	-0.46	-0.50	-0.48	-0.05	-0.51	-0.17	-0.31	0.15	-0.53	-0.41	-0.47	0.18	0.04	1.00	-0.31	-0.17	0.15	0.09	0.63
cP-9	0.39	-0.22	-0.17	0.01	0.11	0.27	0.14	0.19	0.31	0.17	0.08	0.09	0.26	0.19	0.03	0.13	0.06	0.05	0.55	0.30	0.31	-0.07	-0.62	-0.31	1.00	0.37	0.20	-0.10	0.16
cP-10	0.35	0.15	0.04	0.15	0.16	0.72	0.24	0.53	0.04	0.33	0.44	0.27	0.01	0.22	0.00	0.00	-0.19	0.22	0.55	0.45	0.37	0.02	-0.26	-0.17	0.37	1.00	0.41	-0.08	0.19
cP-11	0.17	-0.02	-0.22	0.46	0.05	0.39	0.41	0.18	0.15	0.40	0.16	-0.15	0.05	0.04	-0.43	-0.13	0.05	-0.02	0.21	0.20	0.26	0.33	-0.26	0.15	0.20	0.41	1.00	-0.40	0.42
cP-12	-0.11	-0.29	-0.12	-0.15	-0.19	-0.19	0.11	-0.30	-0.33	-0.01	-0.16	-0.21	-0.21	-0.19	0.05	-0.14	-0.10	-0.02	-0.25	-0.09	-0.29	-0.11	0.02	0.09	-0.10	-0.08	-0.40	1.00	-0.01
cP-13	0.21	0.16	-0.45	0.24	-0.07	0.02	0.56	-0.19	0.02	0.75	-0.36	-0.29	-0.17	0.15	-0.57	-0.16	-0.39	0.02	-0.14	-0.10	-0.19	0.19	-0.21	0.63	0.16	0.19	0.42	-0.01	1.00

ANEXO E. Lista de especies y conteos de Palinomorfos marinos y continentales del pozo Araromi-1 encontrados por muestra. Entre paréntesis se indica el conteo absoluto y la aparición estratigráficamente más alta (^) y más baja (v) de cada taxa a lo largo de la columna.

Muestra 1 (107 m)**MARINOS**

<i>Achomosphaera sp.</i>	(9)	(^)
<i>Acritarca corada</i>	(8)	(^)
<i>Cerodinium boloniense</i>	(2)	(^)
<i>Cerodinium cf. leptodermum</i>	(10)	(^ v)
<i>Cerodinium leptodermum</i>	(31)	(^)
<i>Cerodinium sp.</i>	(34)	(^)
<i>Copepodo psilado</i>	(3)	(^ v)
<i>Cordosphaeridium fibrospinosum</i>	(7)	(^)
<i>Cordosphaeridium robustum</i>	(6)	(^ v)
<i>Damassadinium californicum</i>	(4)	(^)
<i>Dinoflagelado proximocorado</i>	(1)	(^ v)
<i>Dinoflagelado sin diferenciar</i>	(1)	(^)
<i>Foraminifero enrollado</i>	(8)	(^)
<i>Glaphyrocysta ordinata</i>	(12)	(^)
<i>Glaphyrocysta sp.</i>	(4)	(^)
<i>Leiosphaeridia sp.</i>	(1)	(^)
<i>Palaeocystodinium golzowense</i>	(10)	(^)
<i>Palaeocystodinium lidiae</i>	(18)	(^)
<i>Palaeocystodinium sp.</i>	(3)	(^)
<i>Spiniferites ramosus</i>	(1)	(^)
<i>Spiniferites sp.</i>	(11)	(^)

CONTINENTALES

<i>Cicatricosisporites sp.</i>	(6)	(^)
<i>Deltoidospora adriennis</i>	(6)	(^)
<i>Foveotriletes margaritae</i>	(1)	(^ v)
<i>Fungi</i>	(17)	(^)
<i>Hifas</i>	(6)	(^)
<i>Monoporites annulatus</i>	(1)	(^)
<i>Monoporites sp.</i>	(3)	(^ v)
<i>Polen baculado</i>	(1)	(^ v)
<i>Polen estriado</i>	(1)	(^ v)
<i>Retitriletes sp.</i>	(5)	(^)
<i>Taxodium sp.</i>	(10)	(^)

Muestra 2 (155 m)**MARINOS**

(No se encontraron especies)

CONTINENTALES

<i>Deltoidospora adriennis</i>	(21)	
<i>Deltoidospora sp.</i>	(31)	(^)
<i>Echitricolpites sp.</i>	(7)	(^ v)
<i>Ephedripites sp.</i>	(14)	(^ v)
<i>Fungi</i>	(18)	
<i>Hifas</i>	(8)	
<i>Laevigatosporites sp.</i>	(6)	(^)
<i>Periporites sp.</i>	(3)	(^)
<i>Psilamonocolpites sp.</i>	(16)	(^)
<i>Retitricolpites sp.</i>	(6)	(^)
<i>Retitricolporites sp.</i>	(5)	(^)
<i>Retitriletes sp.</i>	(13)	
<i>Taxodium sp.</i>	(24)	
<i>Verrucatosporites sp.</i>	(9)	(^)

Muestra 3 (171 m)**MARINOS**

<i>Acritarca corada</i>	(4)	
<i>Glaphyrocysta sp.</i>	(1)	
<i>Leiosphaeridia sp.</i>	(3)	

CONTINENTALES

<i>Buttinia sp.</i>	(8)	(^)
<i>Cicatricosisporites dorogensis</i>	(1)	(^ v)
<i>Cicatricosisporites sp.</i>	(4)	
<i>Corsinipollenites sp.</i>	(5)	(^ v)
<i>Deltoidospora adriennis</i>	(14)	
<i>Deltoidospora sp.</i>	(32)	
<i>Echipollenites sp.</i>	(5)	(^)
<i>Echitriletes sp.</i>	(3)	(^ v)
<i>Frutificacion</i>	(6)	(^)
<i>Fungi</i>	(10)	
<i>Hifas</i>	(11)	
<i>Laevigatosporites ovatus</i>	(2)	(^)
<i>Pediastrum sp.</i>	(7)	(^)
<i>Polypodiaceoisporites sp.</i>	(2)	(^)
<i>Proxapertites sp.</i>	(2)	(^)
<i>Psilamonocolpites sp.</i>	(4)	
<i>Psilatricolpites sp.</i>	(3)	(^)
<i>Psilatricolporites sp.</i>	(11)	(^)
<i>Retimonocolpites sp.</i>	(3)	(^)
<i>Retitricolpites sp.</i>	(8)	
<i>Retitricolporites sp.</i>	(13)	
<i>Retitriletes sp.</i>	(13)	
<i>Retitriporites sp.</i>	(2)	(^)
<i>Taxodium sp.</i>	(16)	
<i>Verrucatosporites sp.</i>	(3)	

Muestra 4 (195 m)**MARINOS**

<i>Achomosphaera sp.</i>	(19)	
<i>Acritarca corada</i>	(3)	
<i>Apectodinium homomorphum</i>	(11)	(^)
<i>Cordosphaeridium sp.</i>	(4)	(^)
<i>Escolecodontes</i>	(1)	(^)
<i>Glaphyrocysta intricata</i>	(2)	(^)
<i>Glaphyrocysta sp.</i>	(12)	
<i>Homotryblium tenuispinosum</i>	(2)	(^)
<i>Leiosphaeridia sp.</i>	(16)	
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(3)	(^)
<i>Oligosphaeridium sp.</i>	(2)	(^)
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	(2)	(^)
<i>Pterospermella sp.</i>	(5)	(^)
<i>Spiniferites sp.</i>	(4)	
<i>Thalassiphora pelagica</i>	(1)	(^)

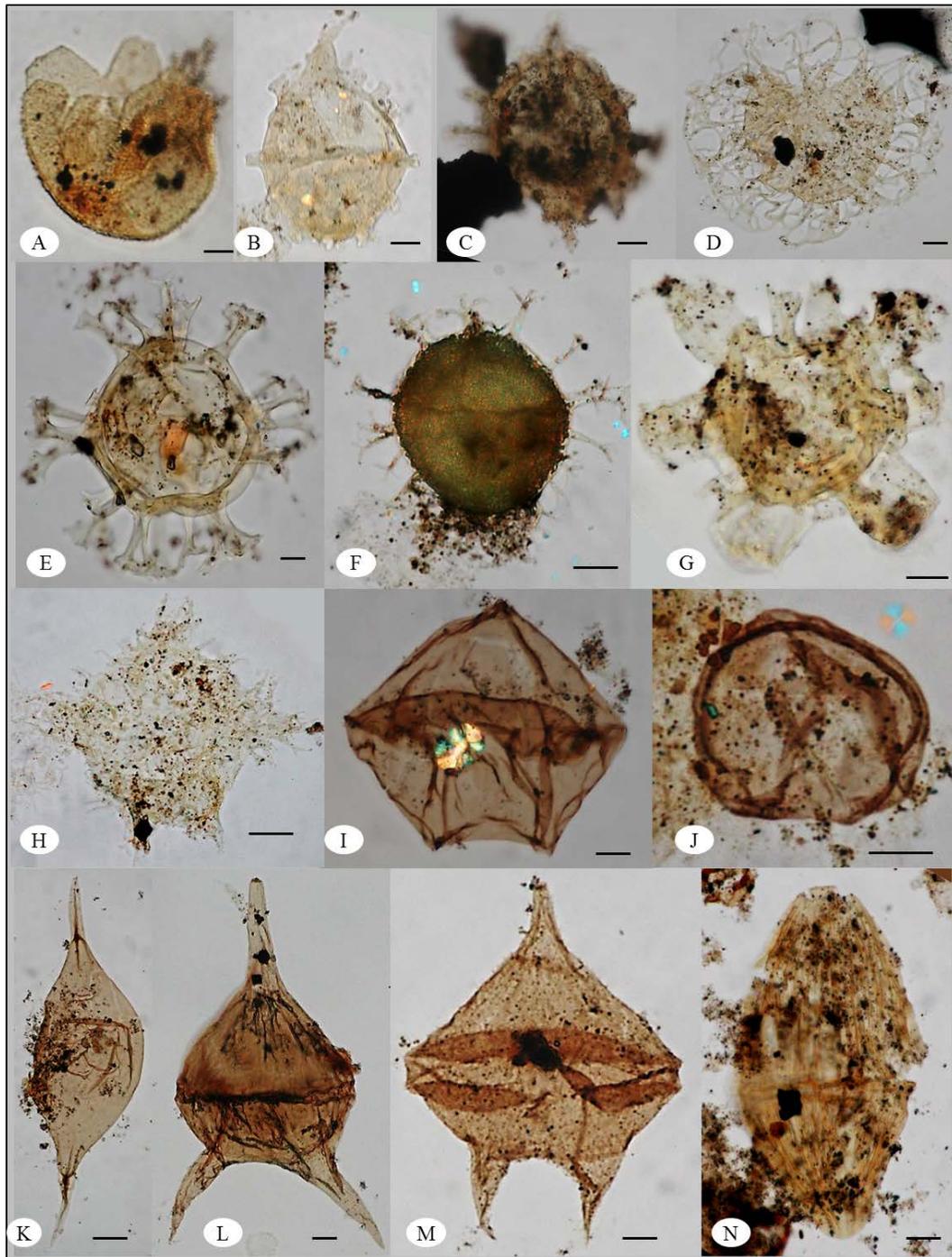
CONTINENTALES

<i>Buttinia sp.</i>	(1)	(v)
<i>Ctenolophonidites sp.</i>	(3)	(^)
<i>Deltoidospora adriennis</i>	(3)	
<i>Deltoidospora sp.</i>	(28)	
<i>Echipollenites sp.</i>	(6)	
<i>Echitriporites sp.</i>	(1)	(^ v)
<i>Fungi</i>	(27)	
<i>Gemmamonocolpites sp.</i>	(4)	(^ v)
<i>Hifas</i>	(23)	

<i>Laevigatosporites ovatus</i>	(3)	(V)	<i>Apectodinium homomorphum</i>	(6)	
<i>Monoporites annulatus</i>	(3)	(V)	<i>Cordosphaeridium fibrospinosum</i>	(17)	
<i>Pachydermites diederixi</i>	(1)	(^ V)	<i>Cordosphaeridium sp.</i>	(12)	
<i>Pediastrum sp.</i>	(3)	(V)	<i>Damassadinium californicum</i>	(2)	
<i>Periporites sp.</i>	(1)	(V)	<i>Foraminifero enrollado</i>	(9)	
<i>Perisyncolporites pokorny</i>	(1)	(^ V)	<i>Glaphyrocysta divaricata</i>	(14)	
<i>Polen echinado</i>	(25)	(^ V)	<i>Heteraulacacysta campanula</i>	(1)	(^ V)
<i>Polen verrucado</i>	(3)	(^ V)	<i>Homotryblium sp.</i>	(6)	
<i>Polypodiaceoisporites sp.</i>	(1)	(V)	<i>Homotryblium tenuispinosum</i>	(4)	
<i>Proxapertites cursus</i>	(23)	(^)	<i>Ifecysta sp.</i>	(1)	(^)
<i>Proxapertites sp.</i>	(35)		<i>Leiosphaeridia sp.</i>	(8)	
<i>Psiladiporites sp.</i>	(1)	(^ V)	<i>Lejeunecysta communis</i>	(4)	(^)
<i>Psilamonocolpites sp.</i>	(29)		<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(16)	
<i>Psilatricolpites sp.</i>	(9)		<i>Palaeohystrichophora sp.</i>	(3)	(^)
<i>Psilatricolporites sp.</i>	(1)		<i>Phelodinium sp.</i>	(2)	(^)
<i>Psilatriporites sp.</i>	(13)	(^)	<i>Selenopemphix nephroides</i>	(1)	
<i>Retitricolpites sp.</i>	(27)		<i>Spiniferites sp.</i>	(9)	
<i>Retitricolporites sp.</i>	(34)		<i>Thalassiphora pelagica</i>	(8)	
<i>Retitriletes sp.</i>	(9)		CONTINENTALES		
<i>Retitriporites sp.</i>	(7)		<i>Cicatricosisporites sp.</i>	(5)	
<i>Scabratricolpites sp.</i>	(7)	(^ V)	<i>Deltoidospora adriennis</i>	(11)	
<i>Taxodium sp.</i>	(9)		<i>Echipollenites sp.</i>	(5)	
<i>Verrucatosporites sp.</i>	(4)		<i>Fungi</i>	(11)	
			<i>Psilamonocolpites sp.</i>	(2)	
Muestra 5 (210 m)			<i>Psilatricolpites sp.</i>	(2)	
MARINOS			<i>Retitriporites sp.</i>	(3)	(V)
<i>Achomosphaera sp.</i>	(9)		<i>Stephanocolpites sp.</i>	(1)	
<i>Acritarca corada</i>	(6)		<i>Verrutriletes sp.</i>	(2)	(^)
<i>Apectodinium homomorphum</i>	(3)				
<i>Cordosphaeridium fibrospinosum</i>	(15)		Muestra 7 (248 m)		
<i>Cordosphaeridium sp.</i>	(4)		MARINOS		
<i>Diphyes sp.</i>	(1)	(^ V)	<i>Achomosphaera sp.</i>	(18)	
<i>Foraminifero enrollado</i>	(1)		<i>Acritarca corada</i>	(15)	
<i>Glaphyrocysta divaricata</i>	(18)	(^)	<i>Apectodinium homomorphum</i>	(24)	
<i>Homotryblium sp.</i>	(2)	(^)	<i>Cerodinium leptodermum</i>	(13)	
<i>Hystrichosphaeridium sp.</i>	(2)	(^)	<i>Cyclonephelium sp.</i>	(4)	(^ V)
<i>Leiosphaeridia sp.</i>	(3)		<i>Diphyes colligerum</i>	(2)	(^)
<i>Lejeunecysta hyalina</i>	(3)	(^ V)	<i>Foraminifero biserial</i>	(4)	(^)
<i>Lejeunecysta sp.</i>	(1)	(^)	<i>Foraminifero enrollado</i>	(7)	
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(7)		<i>Glaphyrocysta divaricata</i>	(24)	
<i>Nematosphaeropsis reticulense</i>	(1)	(^)	<i>Homotryblium sp.</i>	(1)	
<i>Operculodinium sp.</i>	(2)	(^)	<i>Kallosphaeridium sp.</i>	(4)	(^)
<i>Polysphaeridium sp.</i>	(3)	(^)	<i>Leiosphaeridia sp.</i>	(13)	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	(13)		<i>Lejeunecysta communis</i>	(4)	
<i>Pterodinium sp.</i>	(3)	(^ V)	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(17)	
<i>Pterospermella sp.</i>	(4)		<i>Oligosphaeridium complex</i>	(3)	(^)
<i>Selenopemphix nephroides</i>	(2)	(^)	<i>Palaeohystrichophora sp.</i>	(1)	(V)
<i>Spiniferites ramosus</i>	(11)	(V)	<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	(12)	
<i>Spiniferites sp.</i>	(14)		<i>Selenopemphix aff. nephroides</i>	(1)	(^ V)
CONTINENTALES			<i>Spiniferites sp.</i>	(3)	
<i>Deltoidospora adriennis</i>	(9)		<i>Subtilisphaera sp.</i>	(10)	(^)
<i>Fungi</i>	(8)		CONTINENTALES		
<i>Hifas</i>	(12)		<i>Deltoidospora sp.</i>	(11)	
<i>Perisyncolporites sp.</i>	(1)	(^ V)	<i>Psilamonocolpites sp.</i>	(10)	
<i>Proxapertites cursus</i>	(5)		<i>Psilatricolpites sp.</i>	(2)	
<i>Psilatriporites sp.</i>	(5)	(V)	<i>Retitriletes sp.</i>	(3)	
<i>Retitricolporites sp.</i>	(2)				
<i>Stephanocolpites sp.</i>	(2)	(^)	Muestra 8 (250 m)		
<i>Taxodium sp.</i>	(4)		MARINOS		
			<i>Achomosphaera sp.</i>	(7)	
Muestra 6 (232 m)			<i>Apectodinium homomorphum</i>	(36)	
MARINOS			<i>Cerodinium leptodermum</i>	(8)	
<i>Achomosphaera sp.</i>	(12)		<i>Cerodinium sp.</i>	(2)	
<i>Acritarca corada</i>	(2)		<i>Copepodo espinoso</i>	(1)	(^ V)

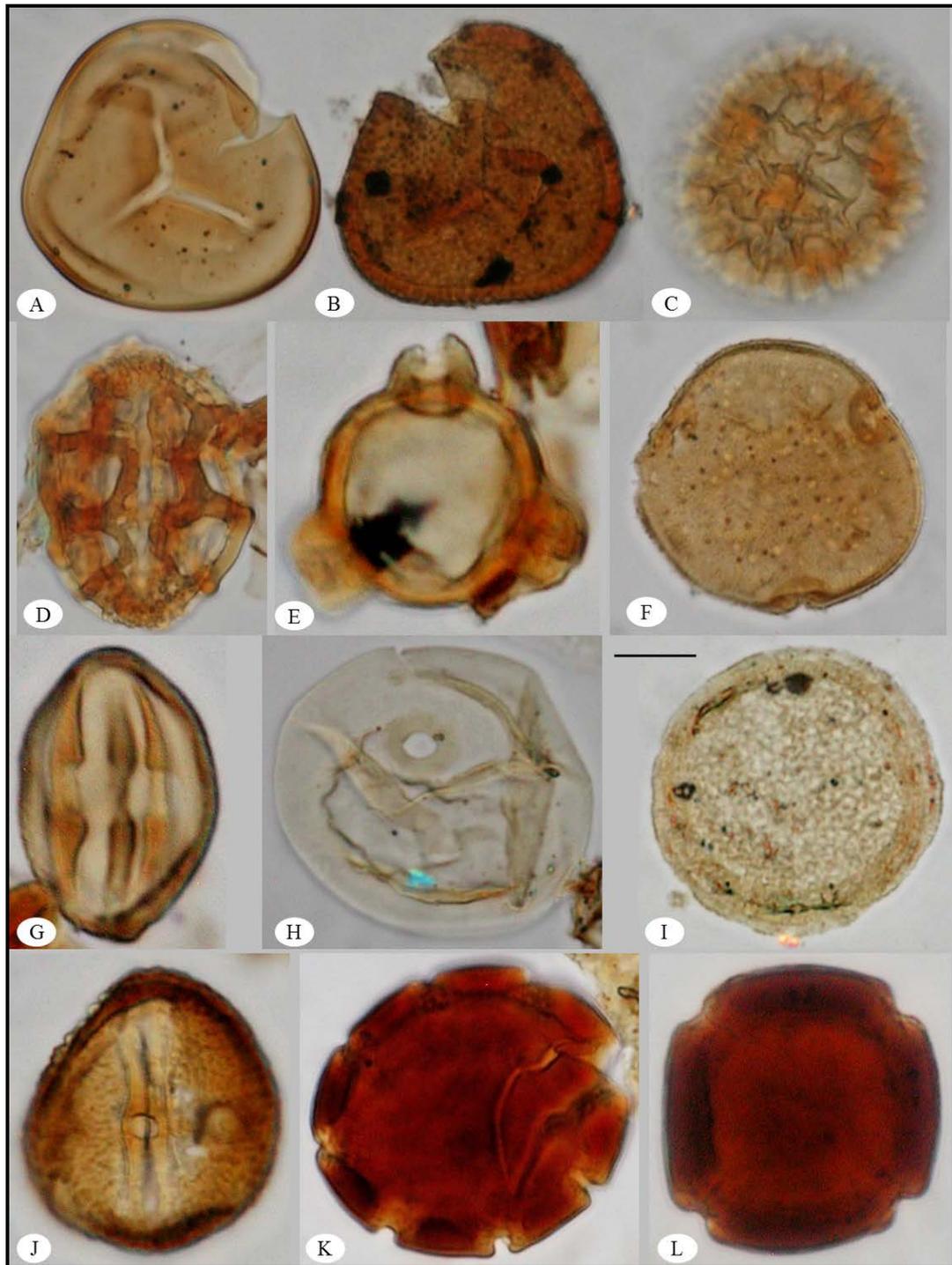
<i>Cordosphaeridium gracile</i>	(1)	(^)	<i>Fungi</i>	(13)	
<i>Cordosphaeridium sp.</i>	(1)		<i>Gleicheniidites sp.</i>	(3)	(^ V)
<i>Diphyes colligerum</i>	(1)		<i>Laevigatosporites sp.</i>	(3)	
<i>Foraminifero biserial</i>	(3)		<i>Proxapertites operculatus</i>	(9)	(^)
<i>Foraminifero enrollado</i>	(7)		<i>Psilamonocolpites sp.</i>	(13)	
<i>Glaphyrocysta divaricata</i>	(6)		<i>Retimonocolpites sp.</i>	(2)	
<i>Homotryblium cf. tenuispinosum</i>	(1)	(^ V)	<i>Retitricolpites sp.</i>	(4)	
<i>Hystrichokolpoma salacia</i>	(1)	(^ V)	<i>Verruiltriletes sp.</i>	(3)	
<i>Hystrichokolpoma sp.</i>	(2)	(^)			
<i>Hystrichosphaeridium salpingophorum</i>	(2)	(^ V)	Muestra 10 (290 m)		
<i>Hystrichosphaeridium sp.</i>	(2)		MARINOS		
<i>Kallosphaeridium capulatum</i>	(4)	(^ V)	<i>Acritarca corada</i>	(4)	
<i>Kallosphaeridium sp.</i>	(4)		<i>Apectodinium homomorphum</i>	(3)	
<i>Leiosphaeridia sp.</i>	(17)		<i>Cordosphaeridium sp.</i>	(1)	
<i>Lejeunecysta communis</i>	(3)		<i>Homotryblium tenuispinosum</i>	(2)	
<i>Lejeunecysta lata</i>	(1)	(^ V)	<i>Hystrichokolpoma cf. rigaudiae</i>	(1)	(^ V)
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(12)		<i>Operculodinium sp.</i>	(2)	
<i>Oligosphaeridium cf. complex</i>	(1)	(^)	CONTINENTALES		
<i>Operculodinium centrocarpum</i>	(18)	(^ V)	<i>Deltoidospora sp.</i>	(7)	
<i>Operculodinium sp.</i>	(8)		<i>Fungi</i>	(11)	
<i>Polysphaeridium sp.</i>	(9)		<i>Hifas</i>	(8)	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	(32)		<i>Proxapertites cursus</i>	(3)	
<i>Tasmanites sp.</i>	(2)	(^)	<i>Psilamonocolpites sp.</i>	(1)	
CONTINENTALES			<i>Retitricolpites sp.</i>	(2)	
<i>Deltoidospora sp.</i>	(4)				
<i>Hifas</i>	(7)		Muestra 11 (307 m)		
<i>Retitricolporites sp.</i>	(2)		MARINOS		
Muestra 9 (260 m)			<i>Achomosphaera sp.</i>	(6)	
MARINOS			<i>Apectodinium homomorphum</i>	(3)	
<i>Achomosphaera sp.</i>	(24)		<i>Apectodinium quinquelatum</i>	(1)	(^)
<i>Apectodinium homomorphum</i>	(18)		<i>Cerodinium diebelii</i>	(3)	(^)
<i>Cerodinium leptodermum</i>	(9)		<i>Cordosphaeridium fibrospinosum</i>	(1)	
<i>Cerodinium sp.</i>	(3)		<i>Foraminifero enrollado</i>	(1)	
<i>Cordosphaeridium fibrospinosum</i>	(8)		<i>Glaphyrocysta divaricata</i>	(3)	
<i>Escolecodontes</i>	(2)		<i>Hystrichokolpoma sp.</i>	(1)	
<i>Hafniasphaera fluens</i>	(7)	(^)	<i>Kallosphaeridium sp.</i>	(7)	
<i>Homotryblium tenuispinosum</i>	(4)		<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(6)	
<i>Impagidinium cf. patulum</i>	(1)	(^ V)	<i>Oligosphaeridium complex</i>	(1)	
<i>Leiosphaeridia sp.</i>	(15)		<i>Palaeocystodinium australinum</i>	(13)	(^)
<i>Lejeunecysta communis</i>	(5)		<i>Palaeocystodinium golzowense</i>	(6)	
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(26)		<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	(3)	
<i>Oligosphaeridium complex</i>	(2)		CONTINENTALES		
<i>Operculodinium sp.</i>	(22)		<i>Deltoidospora sp.</i>	(4)	
<i>Phelodinium cf. magnificum</i>	(1)	(^)	<i>Fungi</i>	(10)	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	(17)		<i>Hifas</i>	(9)	
<i>Spiniferites sp.</i>	(9)		<i>Psilamonocolpites sp.</i>	(4)	
CONTINENTALES			<i>Psilatricolpites sp.</i>	(2)	
<i>Deltoidospora adriennis</i>	(9)		<i>Retitricolpites sp.</i>	(1)	
<i>Deltoidospora sp.</i>	(3)		<i>Taxodium sp.</i>	(3)	

Lamina 4. Dinoflagelados del pozo Araromi-1.



A. *Kallosphaeridium capulatum* Stover 1977 (AR-45); **B.** *Ifecysta* sp. (AR-36); **C.** *Damassadinium californicum* (Drugg 1967) Fensome *et al.* 1993 (AR-1); **D.** *Adnatosphaeridium multispinosum* Williams and Downie 1966 (AR-76); **E.** *Cordosphaeridium gracile* (Eisenack) Davey & Williams (AR-45); **F.** *Hafniasphaera fluens* Hansen 1977 (AR-49); **G.** *Hystrichokolpoma salacia* Eaton 1976 (AR-45); **H.** *Apectodinium* sp. (AR-62); **I.** *Lejeunecysta lata* Biffi and Grignani 1983 (AR-45); **J.** *Selenopemphix nephroides* Benedek 1972 (AR-30); **K.** *Palaeocystodinium lidiae* Górká 1963 (AR-1); **L.** *Cerodinium leptodermum* Vozzhennikova 1963 (AR-1); **M.** *Cerodinium boloniense* Riegel 1974 (AR-68); **N.** *Dinogymnium* sp. (AR-126). Escala gráfica: A – N, barra 10µm.

Lamina 5. Palinomorfos continentales del pozo Araromi-1.



A. *Deltoidospora adriennis* Song and Zheng 1981 (AR-12); **B.** *Foveotriletes margaritae* Germeraad, Hopping and Muller, 1968. (AR-36); **C.** *Retitricolporites* sp. (AR-12); **D.** *Buttinia* sp. (AR-19); **E.** *Corsinipollenites* sp. (AR-19); **F.** *Echitriporites* sp. (AR-26); **G.** *Psilatricolporites* sp. (AR-26); **H.** *Monoporites annulatus* Van de Hammen 1954 (AR-26); **I.** *Proxapertites cursus* Van Hoeken Klinkenberg 1966 (AR-26); **J.** *Retitricolporites* sp. (AR-26); **K.** *Pachidermites* sp. (AR-26); **L.** *Perisyncolporites pokorny* Germeraad et al., 1968 (AR-1). Escala gráfica: barra 10µm.

ANEXO F. Distribución estratigráfica de las especies de palinomorfos del pozo Araromi-1.

PROFUNDIDAD	557	552	534	514	510	496	482	468	456	453	438	430	404	381	367	355	343	318	315	307	290	260	250	248	232	210	195	171	155	107	
TAXA / MUESTRA	AR-149	AR-146	AR-140	AR-134	AR-132	AR-126	AR-120	AR-116	AR-111	AR-110	AR-105	AR-101	AR-95	AR-89	AR-84	AR-80	AR-76	AR-68	AR-66	AR-62	AR-57	AR-49	AR-45	AR-42	AR-36	AR-30	AR-26	AR-19	AR-12	AR-1	
<i>Achomospaera alcornu</i>															1																
<i>Achomospaera sp.</i>		2									18				8	13	18	14	6		24	7	18	12	9	19				9	
<i>Adnatosphaeridium multispinosum</i>																	8														
<i>Adnatosphaeridium sp.</i>														1																	
<i>Circulodinium distinctum</i>	5																														
<i>Circulodinium sp.</i>	44			3		7																									
<i>Cordosphaeridium cf. fibrospinosum</i>														2																	
<i>Cordosphaeridium fibrospinosum</i>				2	4			2		12		3				7	1		1		8			17	15					7	
<i>Cordosphaeridium gracile</i>																7							1								
<i>Cordosphaeridium robustum</i>																														6	
<i>Cordosphaeridium sp.</i>						1						1								1		1		12	4	4					
<i>Cyclonephelium sp.</i>																								4							
<i>Damassadinium californicum</i>													1												2					4	
<i>Diphyes colligerum</i>																			3				1	2							
<i>Diphyes sp.</i>																										1					
<i>Exochosphaeridium bifidum</i>	9										39																				
<i>Exochosphaeridium sp.</i>	59	4	11	3	11	14	11	6	2	4	4																				
<i>Fibrocysta axialis</i>	6																														
<i>Fibrocysta sp.</i>	10			7																											
<i>Glaphyrocysta divaricata</i>															7			5	8	3			6	24	14	18					
<i>Glaphyrocysta exuberans</i>															2																
<i>Glaphyrocysta intricata</i>										2					9	22											2				
<i>Glaphyrocysta ordinata</i>																	5													12	
<i>Glaphyrocysta pastielsii</i>																	6														
<i>Glaphyrocysta sp.</i>																		1								12	1		4		
<i>Hafniasphaera fluens</i>												7									7										
<i>Hafniasphaera sp.</i>	4		16																												
<i>Heteraulacacysta campanula</i>																										1					
<i>Homotryblium cf. tenuispinosum</i>																							1								
<i>Homotryblium sp.</i>														2				1						1	6	2					
<i>Homotryblium tenuispinosum</i>															2						2	4			4	2					
<i>Hystrichokolpoma cf. rigaudiae</i>																					1										
<i>Hystrichokolpoma rigaudiae</i>														1																	
<i>Hystrichokolpoma salacia</i>																							1								
<i>Hystrichokolpoma sp.</i>																								2							
<i>Hystrichosphaeridium salpingophorum</i>																	3			1				2							
<i>Hystrichosphaeridium sp.</i>																								2		2					
<i>Ilfecysta sp.</i>																										1					
<i>Impagidinium cf. patulum</i>																															
<i>Impagidinium sp.</i>										1																					
<i>Kallosphaeridium capulatum</i>																								4							
<i>Kallosphaeridium sp.</i>						3				3	1				2		2						4	4							
<i>Lingulodinium polyedrum</i>											2			8	26	13	9	26	37	6	26	12	17	16	7	3					
<i>Nematosphaeropsis reticulense</i>															3			2								1					
<i>Oligosphaeridium cf. complex</i>												1												1							
<i>Oligosphaeridium complex</i>															1				1	1	2		3								
<i>Oligosphaeridium sp.</i>																	1									2					
<i>Operculodinium centrocarpum</i>																							18								
<i>Operculodinium sp.</i>				1						4	1	2		8				8		2	22	8			2						
<i>Polysphaeridium sp.</i>									1		1												9		3						
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>															4	2		3	3	17	32	12		13	2						
<i>Pterodinium sp.</i>																										3					
<i>Spiniferites ramosus</i>																										11				1	
<i>Spiniferites sp.</i>									1		26				2	3	1	2			9		3	9	14	4				11	
<i>Thalassiphora pelagica</i>											2															8		1			
<i>Trichodinium sp.</i>									1																						
<i>Apectodinium homomorphum</i>															3	9	10	2	14	17	3	3	18	36	24	6	3	11			
<i>Apectodinium quinquelatum</i>																															
<i>Cerodinium boloniense</i>	8	1								1		16																			2
<i>Cerodinium cf. leptodermum</i>																															10
<i>Cerodinium diebelii</i>																															
<i>Cerodinium granulostriatum</i>	2			3																											
<i>Cerodinium leptodermum</i>		3	3	22	13	14	12	9	9		2	7	12																		31
<i>Cerodinium sp.</i>	40	9	29	2	18	9	5	11		3		8</																			

continuación																																
PROFUNDIDAD		557	552	534	514	510	496	482	468	456	453	438	430	404	381	367	355	343	318	315	307	290	260	250	248	232	210	195	171	155	107	
TAXA / MUESTRA		AR-149	AR-146	AR-140	AR-134	AR-132	AR-126	AR-120	AR-116	AR-111	AR-110	AR-105	AR-101	AR-95	AR-89	AR-84	AR-80	AR-76	AR-68	AR-66	AR-62	AR-57	AR-49	AR-45	AR-42	AR-36	AR-30	AR-26	AR-19	AR-12	AR-1	
ANGIOSPERMAS	<i>Proxapertites cursus</i>				4	4																3					5	23				
	<i>Proxapertites operculatus</i>			3																			9									
	<i>Proxapertites sp.</i>										3					3	1												35	2		
	<i>Psiladiporites sp.</i>																												1			
	<i>Psilamonocolpites sp.</i>	2	7			2	4				1	6	8	6	1	1		4	2		4	1	13	10	2	2	29	4	16			
	<i>Psilatricolpites sp.</i>	1	1	3		2	2			6			1					1			2				2	2		9	3			
	<i>Psilatricolporites sp.</i>				4	9								2	4														1	11		
	<i>Psilatriporites sp.</i>																											5	13			
	<i>Retimonocolpites sp.</i>																				1			2						3		
	<i>Retipollenites sp.</i>												1																			
	<i>Retitricolpites sp.</i>		2	5	1			3						1		17	2				1	1	2	4					27	8	6	
	<i>Retitricolporites sp.</i>										3			1	4									2				2	34	13	5	
	<i>Retitriporites sp.</i>																									3			7	2		
	<i>Scabratricolpites sp.</i>																												7			
	<i>Stephanocolpites sp.</i>																	1								1	2					
<i>Taxodium sp.</i>					3	5	3					4	2									3				4	9	16	24	10		
Otros Cont.	Frutificacion										1																		6			
	Fungi	4	12	3	14	13	11	8	16	7	4	11	4	12	12	21	6	10	12		10	11	13		11	8	27	10	18	17		
	Hifas	4		10	12	9	9	5	12	10	13		3	7		12					9	8	7			12	23	11	8	6		
	<i>Pediastrum sp.</i>																										3	7				

ANEXO G. Matriz de correlación de conjuntos de palinomorfos del pozo Araromi-1.

	cP-1	cP-2	cP-3	cP-4	cP-5	cP-6	cP-7	cP-8	cP-9	cP-10	cG-1	cG-2	cG-3	cG-4	cG-5	cG-6	cG-7	cG-8	cG-9	cG-10	cG-11	cG-12
cP-1	1.00	0.64	-0.59	0.13	-0.06	-0.25	0.16	0.64	0.04	-0.42	0.51	0.71	0.62	0.42	0.88	0.55	0.12	0.55	0.19	0.27	-0.16	-0.42
cP-2	0.64	1.00	-0.51	-0.17	-0.04	-0.31	0.19	1.00	0.35	-0.36	0.62	0.71	0.52	0.57	0.60	0.49	0.16	0.49	0.47	0.20	-0.11	-0.20
cP-3	-0.59	-0.51	1.00	0.21	0.37	0.46	-0.04	-0.51	-0.17	0.55	-0.59	-0.58	-0.39	-0.17	-0.49	-0.35	0.16	-0.46	-0.26	-0.06	-0.11	0.53
cP-4	0.13	-0.17	0.21	1.00	0.57	0.37	-0.08	-0.17	0.06	0.14	0.00	-0.17	-0.02	-0.09	0.20	0.10	-0.10	-0.14	-0.04	0.48	-0.05	-0.08
cP-5	-0.06	-0.04	0.37	0.57	1.00	0.20	-0.17	-0.04	0.30	0.13	-0.04	-0.29	-0.12	0.07	0.00	-0.04	0.07	-0.19	-0.03	0.12	-0.12	0.00
cP-6	-0.25	-0.31	0.46	0.37	0.20	1.00	0.08	-0.31	-0.01	0.64	-0.23	-0.26	-0.26	-0.18	-0.23	-0.05	-0.19	-0.18	-0.22	0.12	-0.10	0.41
cP-7	0.16	0.19	-0.04	-0.08	-0.17	0.08	1.00	0.19	0.16	0.04	-0.03	0.16	0.15	-0.09	0.06	0.00	-0.10	-0.15	-0.02	-0.09	-0.05	0.13
cP-8	0.64	1.00	-0.51	-0.17	-0.04	-0.31	0.19	1.00	0.35	-0.36	0.62	0.71	0.52	0.57	0.60	0.49	0.16	0.49	0.47	0.20	-0.11	-0.20
cP-9	0.04	0.35	-0.17	0.06	0.30	-0.01	0.16	0.35	1.00	0.03	0.27	0.20	0.24	0.12	0.08	0.24	-0.13	-0.04	0.30	0.09	-0.07	0.00
cP-10	-0.42	-0.36	0.55	0.14	0.13	0.64	0.04	-0.36	0.03	1.00	-0.32	-0.36	-0.34	-0.20	-0.37	-0.30	-0.09	-0.27	-0.34	-0.17	-0.05	0.79
cG-1	0.51	0.62	-0.59	0.00	-0.04	-0.23	-0.03	0.62	0.27	-0.32	1.00	0.33	0.34	0.05	0.53	0.42	-0.08	0.29	0.43	0.25	-0.12	-0.33
cG-2	0.71	0.71	-0.58	-0.17	-0.29	-0.26	0.16	0.71	0.20	-0.36	0.33	1.00	0.41	0.50	0.55	0.48	-0.07	0.71	0.32	0.16	-0.11	-0.19
cG-3	0.62	0.52	-0.39	-0.02	-0.12	-0.26	0.15	0.52	0.24	-0.34	0.34	0.41	1.00	0.40	0.63	0.62	0.37	0.05	0.47	0.36	-0.16	-0.37
cG-4	0.42	0.57	-0.17	-0.09	0.07	-0.18	-0.09	0.57	0.12	-0.20	0.05	0.50	0.40	1.00	0.27	0.18	0.51	0.34	0.18	0.05	-0.06	-0.19
cG-5	0.88	0.60	-0.49	0.20	0.00	-0.23	0.06	0.60	0.08	-0.37	0.53	0.55	0.63	0.27	1.00	0.55	0.09	0.48	0.25	0.45	-0.05	-0.36
cG-6	0.55	0.49	-0.35	0.10	-0.04	-0.05	0.00	0.49	0.24	-0.30	0.42	0.48	0.62	0.18	0.55	1.00	0.10	0.18	0.72	0.10	-0.22	-0.26
cG-7	0.12	0.16	0.16	-0.10	0.07	-0.19	-0.10	0.16	-0.13	-0.09	-0.08	-0.07	0.37	0.51	0.09	0.10	1.00	-0.07	0.20	-0.12	-0.07	-0.21
cG-8	0.55	0.49	-0.46	-0.14	-0.19	-0.18	-0.15	0.49	-0.04	-0.27	0.29	0.71	0.05	0.34	0.48	0.18	-0.07	1.00	0.09	0.18	0.16	-0.11
cG-9	0.19	0.47	-0.26	-0.04	-0.03	-0.22	-0.02	0.47	0.30	-0.34	0.43	0.32	0.47	0.18	0.25	0.72	0.20	0.09	1.00	0.22	-0.12	-0.25
cG-10	0.27	0.20	-0.06	0.48	0.12	0.12	-0.09	0.20	0.09	-0.17	0.25	0.16	0.36	0.05	0.45	0.10	-0.12	0.18	0.22	1.00	-0.06	-0.24
cG-11	-0.16	-0.11	-0.11	-0.05	-0.12	-0.10	-0.05	-0.11	-0.07	-0.05	-0.12	-0.11	-0.16	-0.06	-0.05	-0.22	-0.07	0.16	-0.12	-0.06	1.00	0.23
cG-12	-0.42	-0.20	0.53	-0.08	0.00	0.41	0.13	-0.20	0.00	0.79	-0.33	-0.19	-0.37	-0.19	-0.36	-0.26	-0.21	-0.11	-0.25	-0.24	0.23	1.00