

**Centro de Investigación Científica y de Educación  
Superior de Ensenada, Baja California**



---

**Maestría en Ciencias  
en Ciencias de la Tierra con orientación en Geología**

---

**Registro palinológico en sedimentos de la Formación Snow Hill  
Island (Maastrichtiano temprano) en The Naze, Isla James  
Ross, Antártida y su relación con cambios paleoceanográficos  
y paleoclimáticos**

Tesis  
para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias

Presenta:

**Luis Andres Guerrero Murcia**

Ensenada, Baja California, México  
2017

Tesis defendida por  
**Luis Andres Guerrero Murcia**  
y aprobada por el siguiente Comité

---

**Dr. Javier Helenes Escamilla**  
Director de Tesis

**Dra. Rufina Hernández Martínez**

**Dr. Thomas Gunter Kretzschmar**

**Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte**



---

**Dr. Juan García Abdeslem**  
Coordinador del Posgrado en Ciencias de la Tierra

---

**Dra. Rufina Hernández Martínez**  
Directora de Estudios de Posgrado

*Luis Andres Guerrero Murcia © 2017*

*Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el permiso formal y explícito del autor y director de la tesis.*

Resumen de la tesis que presenta **Luis Andres Guerrero Murcia** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Tierra con orientación en Geología.

**Registro palinológico en sedimentos de la formación Snow Hill Island (Maastrichtiano temprano) en The Naze, isla James Ross, Antártida y su relación con cambios paleoceanográficos y paleoclimáticos**

Resumen aprobado por:

---

Dr. Javier Helenes Escamilla  
Director de Tesis

La Península Antártica es importante para comprender la evolución geológica del continente antártico durante el Cretácico Superior. El estudio de los dinoflagelados permite definir las edades geológicas de los sedimentos depositados durante este periodo, precisar sus ambientes sedimentarios e interpretar la paleoecología imperante. Aquí presento los resultados del estudio de dinoflagelados de 47 muestras de una sección aflorante, del Miembro Cape Lamb de la Formación Snow Hill Island ubicada en la Península The Naze de la isla James Ross, aledaña a la Península Antártica. Estos datos se integraron con litología, datos palinológicos y de megafósiles obtenidos en la literatura. Los resultados indican que la sección representa sedimentación desde ~ 75 Ma hasta ~ 70 Ma. La presencia de los dinoflagelados *Kallosphaeridium? helbyi* (126.3-72.1 Ma) y *Chatangiella granulifera* (89.8-72.1 Ma), junto con *Pterodinium cretaceum* (75-67.5 Ma) indica que los estratos inferiores se depositaron durante el Campaniano tardío entre 75 y 72.1 Ma. Mientras que *Manumiella bertodano* (72.1-66 Ma), junto con *Odontochitna operculata* (123.9-70 Ma), *Xenascus ceratioides* (129.9-70 Ma), y *Stiphrosphaeridium anthophorum* (163.5-70 Ma) indican que los estratos superiores se depositaron durante el Maastrichtiano temprano, entre 72.1 y 70 Ma. Los conjuntos de dinoflagelados son abundantes y dominados por taxa autotróficos. La combinación de litología y datos paleontológicos y micropaleontológicos indican ambientes de depositación principalmente neríticos. En la parte alta del intervalo Campaniense (~73 Ma), se interpreta un ambiente ligeramente más profundo, por debajo del nivel promedio de olas (> 20 m), indicado por la predominancia de lutitas. Mientras que en la parte baja del intervalo Maastrichtiense (~71 Ma) se interpreta un ambiente transicional (intramarea) indicado por la presencia de dinosaurios terópodos, crustáceos decápodos y la acritarca *Michrystridium pilosum*. Este intervalo somero parece correlacionarse con un descenso eustático del nivel del mar. En conclusión, se determina una alta productividad marina y ambiente con un paleoclima templado libre de glaciares para este intervalo. Los resultados mejoran el marco cronoestratigráfico y aumenta nuestro conocimiento de los cambios paleoclimáticos en la Península Antártica desde ~75 hasta ~70 Ma.

**Palabras clave:** Dinoflagelados, Bioestratigrafía, Paleoecología, Campaniano, Maastrichtiano, Península Antártica.

Abstract of the thesis presented by **Luis Andres Guerrero Murcia** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Earth's Sciences with orientation in Geology

**Palynological record in sediments of the Snow Hill Island Formation (Early Maastrichtian) in The Naze, James Ross Island, Antarctica, and its relation with palaeoceanographic and paleoclimatic changes**

Abstract approved by:

---

Dr. Javier Helenes Escamilla  
Thesis Director

The Antarctic Peninsula is important to understand the geological evolution of the Antarctic continent during the Upper Cretaceous. Study of the dinoflagellates allow to define the geological ages of the sediments deposited during this period, specify their sedimentary environments and interpret that the general paleoecology. Here, I present the results of the dinoflagellate study of 47 samples of an outcrop section from the Cape Lamb member of the Snow Hill Island Formation, located at The Naze peninsula of the James Ross Island, neighboring the Antarctic Peninsula. These data were integrated with lithological, palynological and megafossil data obtained in the literature. The results indicate that the section represents sedimentation from ~ 75 Ma to ~ 70 Ma. The presence of *Kallosphaeridium? helbyi* (126.3-72.1 Ma) and *Chatangiella granulifera* (89.8-72.1 Ma), together with *Pterodinium cretaceum* (75-67.5 Ma) indicates that the lower strata were deposited during the late Campanian between 75 and 72.1 Ma. While *Manumiella bertodano* (72.1 - 66 Ma), together with *Odontochitna operculata* (123.9-70 Ma), *Xenascus ceratioides* (129.9-70 Ma) and *Stiphrosphaeridium anthophorum* (163.5-70 Ma) indicate that the upper strata were deposited during the early Maastrichtian, between 72.1 and 70 Ma. Dinoflagellate assemblages are abundant and dominated by autotrophic taxa. The combination of all the data indicate deposition mainly in neritic environments. In the upper part of the Campanian (~ 73 Ma), a slightly deeper environment is interpreted, below mean wave base (> 20 m), indicated by the predominance of shales. While in the lower part of the Maastrichtian interval (~ 71 Ma), a transitional environment (intertidal) is indicated by the presence of theropod dinosaurs, decapod crustaceans, and the acritarch *Michrystridium pilosum*. This shallow interval seems to correlate with a eustatic low sea level. In conclusion, a marine environment with high productivity is determined, with a temperate paleoclimate free of glaciers for this interval. The results improve the chronostratigraphic framework and increase our knowledge of the paleoclimatic changes of the Antarctic Peninsula from ~75 to ~70 Ma.

**Key words:** Dinoflagellates, Biostratigraphy, Paleoecology, Campanian, Maastrichtian, Antarctic Peninsula.

## Dedicatorias

*A mi madre, a mi esposa y a la memoria de mi padre.*

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización del presente estudio de maestría.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).

Al Dr. Javier Helenes Escamilla, científico, orientador y ser humano íntegro. Padre académico inigualable.

A la Oceanóloga Edna Collins, por su valiosa colaboración en la elaboración de las láminas utilizadas en el presente estudio.

Al comité de tesis por sus aportes durante el desarrollo de la investigación, comentarios y sugerencias.

A ese ser especial que me apoyó durante esta etapa de mi formación profesional de manera constante, absoluta e inquebrantable, gracias Andreita.

A todos los compañeros, amigos de promoción, de laboratorio y amigos de la vida, gracias por sus consejos y compartir, en especial a Yorfrank Arellano, Felipe Duque, Lita Castañeda, Jaziel Cambrón y Rafael Ledesma.

## Tabla de contenido

	Página
Resumen en español.....	ii
Resumen en inglés.....	iii
Dedicatorias.....	iv
Agradecimientos.....	v
Lista de figuras.....	viii
Lista de tablas.....	x
<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1 Localización y Geología.....	2
1.2 Características de los Dinoflagelados.....	4
1.3 Bioestratigrafía.....	6
1.4 Estudios previos.....	7
1.5 Marco Paleoclimático / Paleoecológico.....	8
1.6 Hipótesis.....	9
1.7 Objetivos.....	10
1.7.1 Objetivo general.....	10
1.7.2 Objetivos específicos.....	10
<b>Capítulo 2. Metodología</b> .....	<b>11</b>
2.1 Procesamiento Palinológico.....	12
2.2 Análisis Microscópico .....	12
2.3 Análisis de datos.....	14
2.3.1 Bioestratigrafía.....	15
2.3.2 Integración con otros datos paleontológicos.....	16
<b>Capítulo 3. Resultados</b> .....	<b>17</b>
3.1 Bioestratigrafía.....	17
3.2 Análisis Cuantitativo y Cualitativo de los Dinoflagelados.....	21
3.2.1 Abundancia Absoluta de Dinoflagelados.....	22
3.2.2 Relación entre Dinoflagelados Autótrofos y Heterótrofos.....	22
3.2.3 Biodiversidad de los Dinoflagelados.....	23
3.3 Relación entre Dinoflagelados y Palinomorfos Continentales (Polen y Esporas).....	25

<b>Capítulo 4. Discusión</b>	<b>26</b>
4.1 Evolución Paleobatimétrica.....	26
4.2 Paleoecología – Paleoclimatología.....	29
<b>Capítulo 5. Conclusiones</b>	<b>34</b>
<b>Literatura citada.....</b>	<b>35</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>49</b>



## Lista de figuras

Figura		Página
1	<b>Localización de la isla James Ross, la península The Naze, y ubicación del afloramiento de donde fueron tomadas las muestras del estudio</b> (Modificado de Bowman et al., 2015; del Valle et al., 1982 y di Pasquo, M and Martin, J.E., 2013).....	3
2	<b>Ciclo de vida de los dinoflagelados</b> (Modificado de Evitt, 1985).....	6
3	<b>Columna estratigráfica del afloramiento con litología y ubicación de las 47 muestras analizadas en este estudio.</b> Escala vertical en metros (= m). Modificado de di Pasquo, M and Martin, J.E. (2013).....	11
4	<b>Sistema de identificación morfológica para dinoflagelados empleado en este estudio.</b> (ref. grals. = referencias generales; ref. espec. = referencias específicas; fb = foco bajo; fm= foco medio y fa = foco alto).....	13
5	<b>Rango de edades reportadas de las especies marcadoras del Camp-tard</b> (primeras 11 de izquierda a derecha) <b>y Maast-temp</b> (últimas cuatro de izquierda a derecha). Las tres especies cuyas líneas están resaltadas en negro corresponden a las indicadoras del límite entre Camp-tard y Maast-temp. ( <i>Kallo helb</i> = <i>Kallosphaeridium? Helbyi</i> ; <i>Chat gran</i> = <i>Chatangiella granulífera</i> ; <i>Pter cret</i> = <i>Pterodinium cretaceum</i> ; <i>Manu seym</i> = <i>Manumiella seymourensis</i> ; <i>Pala aust</i> = <i>Palaeocystodinium australinum</i> ; <i>Cann ordo</i> = <i>Canninginopsis ordospinosa</i> ; <i>Operc fluc</i> = <i>Operculodinium flucturum</i> ; <i>Operc radic</i> = <i>Operculodinium radiculatum</i> ; <i>Chat camp</i> = <i>Chatangiella campbellensis</i> ; <i>Isab papi</i> = <i>Isabelidinium papillum</i> ; <i>Octo aski</i> = <i>Octodinium askinae</i> ; <i>Manu bert</i> = <i>Manumiella bertodano</i> ; <i>Odon oper</i> = <i>Odontochitina operculata</i> ; <i>Xena cera</i> = <i>Xenascus ceratiodes</i> ; <i>Stiph anth</i> = <i>Stiphrosphaeridium anthophorum</i> ).....	19
6	<b>Orden de observación en la columna sedimentaria de algunas de las especies marcadoras del Camp-tard</b> (primeras once de izquierda a derecha) <b>y Maast-temp</b> (últimas cuatro de izquierda a derecha). Las dos especies cuyas líneas están resaltadas en verde y la especie cuya línea está resaltada en Beige, corresponden a las indicadoras del límite entre Camp-tard y Maast-temp. La línea roja segmentada representa el límite propuesto en la columna sedimentaria entre las muestras AC23 y AC24.....	20

7	<b>Litología, curvas de concentración e índices de los dinoflagelados.</b> Curvas de Concentración de Dinoflagelados Totales (DinTot), Autótrofos (Din Aut) y Heterótrofos (Din Het) en quistes por gramo de sedimento (qst/g sed). Además, se incluyen las curvas de los índices Heterótrofos/Heterótrofos+Autótrofos (Het/Het+Aut) y de Diversidad de Shannon (Div H). Las curvas de concentración se presentan en escala logarítmica con línea del valor promedio como referencia. Los índices son adimensionales, se muestra la línea del valor promedio como referencia. En el índice Het/Het+Aut el color verde indica predominancia de autótrofos y el color marrón predominancia de heterótrofos.....	24
8	<b>Paleobatimetría de consenso.</b> Columna sedimentaria del miembro Cape Lamb, The Naze, Antártica. Litología y microfósiles tomados de di Pascuo and Martin (2013).....	27
9	<b>Paleobatimetría global del límite Campaniano – Maastrichtiano (Modificado de Miller et al., 2008).</b> La curva representa la oscilación del nivel del mar, segmentos azules con tendencia a mayor profundidad. Ma = millones de años; Maast = Maastrichtiano; Camp = Campaniano; m = metros.....	28
10	<b>Curvas de isótopos de <math>\delta^{18}\text{O}</math> y <math>\delta^{13}\text{C}</math> (modificadas de Friedrich et al., 2009), concentración total de dinos, relación Het/Aut, índice de diversidad de Shannon, propuesta paleobatimétrica y litología de la columna sedimentaria de The Naze, Antártica.</b> Din Tot = qst / g sed; relación Het/Aut y Div H = adimensional; la línea roja segmentada ubica el límite entre el Camp tard /Maast tem.....	32
11	<b>Fotografías a escala de cada uno de los géneros y especies identificadas al microscopio.</b> En ocasiones la escala está representada por la línea de medición interna del visor óptico, en esos casos la representación del aumento al que fue tomada la imagen está presente en la misma (100x, 40x, etc).....	55

## Lista de tablas

Tabla	Página
1 <b>Distribución de la riqueza y abundancia de especies y géneros presentes en las muestras de The Naze, Antártica.</b> Los renglones verdes indican especies autótrofas, los marrones indican especies heterótrofas.....	21
2 <b>Correlación de Pearson entre los grupos tróficos de dinoflagelados.....</b>	29
3 <b>Datos de concentraciones de las cuencas San Lázaro, Pescadero, Magdalena con sedimentos recientes y The Naze, Antártica.</b> Datos de C. San Lázaro tomados de: Serrano Mejía (2016) y Pérez Rodríguez (2016); de C. Magdalena: Castañeda Quezada (2016); de C. Pescadero: Price Andrea (2013); de The Naze: este estudio. Prom = promedio; Max = máximo; Min = mínimo. Los intervalos numéricos indican la datación en años calendario de los periodos de acumulación de las cuencas estudiadas. Concentración = qst/ g sed.....	30
4 <b>Familias, géneros, especies, rango de edades, concentración y porcentaje a lo largo de la columna de los dinoflagelados identificados y cuantificados a través de la observación del microscopio óptico.....</b>	49
5 <b>Conteos totales de especímenes por muestra de la columna sedimentaria de la Formación Snow Hill Island, The Naze, Antártica. Incluye el número de licopodios contabilizados por muestra.....</b>	50

## Capítulo 1. Introducción

---

La península antártica representa un área importante para comprender mejor la evolución geológica del continente antártico y su relación con el resto de los continentes, principalmente con aquellos que hoy en día ocupan porciones en altas latitudes. En la parte norte de la península antártica se localiza la isla James Ross, con afloramientos de rocas sedimentarias del Cretácico Superior. Estos sedimentos fueron depositados en la Cuenca de James Ross en el Mar de Weddell, y contienen información estratigráfica y paleoambiental que ayudará a reconocer eventos paleoceanográficos que afectaron el noreste del continente antártico durante una parte del Cretácico Superior. Desde el punto de vista paleoclimático, es importante reconocer la presencia de glaciaciones en esa región; mientras que desde una perspectiva paleoecológica, es importante reconocer los cambios que los conjuntos de dinoflagelados presentaron durante los cambios climáticos de esa época.

El marco cronoestratigráfico más reciente del noreste de la isla James Ross no cuenta con una ubicación exacta del límite entre el Campaniense superior y el Maastrichtiense inferior, facies de depositación muy similares a lo largo de la columna estratigráfica estudiada generan el reto de acudir a proxies tales como la palinología para resolver tal enigma. Los estratos incluyen ambientes desde transicional hasta nerítico externo de acuerdo a registros de la macrofauna, análisis de dinoflagelados y en menor proporción, de la columna estratigráfica. Es sabido que la palinología puede aportar información útil respecto a la cronología y paleoambientes de una cuenca, en ambientes marinos, mediante los dinoflagelados y en continentales, a través del polen y las esporas (Traverse, 1988; Duque, 2015).

En este escrito se presentan los resultados del estudio palinológico de 47 muestras provenientes de la cuenca James Ross ubicada en la península antártica, al noreste del continente antártico. El indicador principal para el análisis son los dinoflagelados, la finalidad es contribuir en la asignación de la edad de la columna sedimentaria y presentar una estimación sobre los posibles cambios paleoecológicos que imperaron durante el depósito sedimentario.

Asimismo, se realizó una comparación de los resultados de los dinoflagelados con muestras que poseen datos previos de estudios de polen y esporas (palinomorfos continentales) y se analizan las relaciones entre los grupos tróficos de los dinoflagelados y su correlación con el índice de diversidad de los mismos. Con la integración de estos datos se sugiere una paleobatimetría con la cual se reconocen

periodos de mayor y menor incursión oceánica y su correlación con épocas de mayor o menor productividad y mayor o menor influencia de terrígenos.

## 1.1 Localización y Geología

La cuenca James Ross se encuentra en el mar de Weddell, hacia el este de la península Antártica, e incluye a la isla James Ross. Esta isla se ubica al sudeste y cerca del extremo noreste de la península Antártica, en el continente Antártico. En la parte norte de esta isla, se localiza la península conocida como "The Naze", entre los paralelos 63° y 64° sur, y los meridianos 57° y 58° oeste, al occidente de Comb Ridge (Figura 1). Esta cuenca sedimentaria de retroarco se desarrolló al oriente de un arco magmático situado en la península Antártica (del Valle et al., 1982; Hathway, 2000; Amenábar et al., 2014). En dicha cuenca se encuentra el grupo estratigráfico Marambio (Rinaldi, 1982) que incluye la Formación Snow Hill Island. El Grupo Marambio fue depositado durante el intervalo Coniaciano tardío-Daniano (Olivero, 2012; Marensi et al., 2012; Montes et al., 2013) y posee un espesor aproximado de 3000 m. Esta unidad consiste en areniscas de grano fino, fangolitas y lutitas, altamente fosilíferas, con conglomerados subordinados y coquinas fosilíferas depositadas en una plataforma media-externa a interna, que representa la construcción de una plataforma progradante extendida en el mar de Weddell por más de 100 km (Olivero, 2012; Amenábar et al., 2014). La Formación Snow Hill Island contiene un miembro denominado Cape Lamb cuya litología descrita para el afloramiento de estudio comprende areniscas de grano fino, laminadas y masivas (verde-gris) intercaladas, ludolitas y limolitas arcillosas (amarillo-verdosas) intercaladas con concreciones y capas de Bentonita (di Pascuo and Martin, 2013). Estos clásticos de medio a finos del miembro Cape Lamb son el objetivo de este estudio.

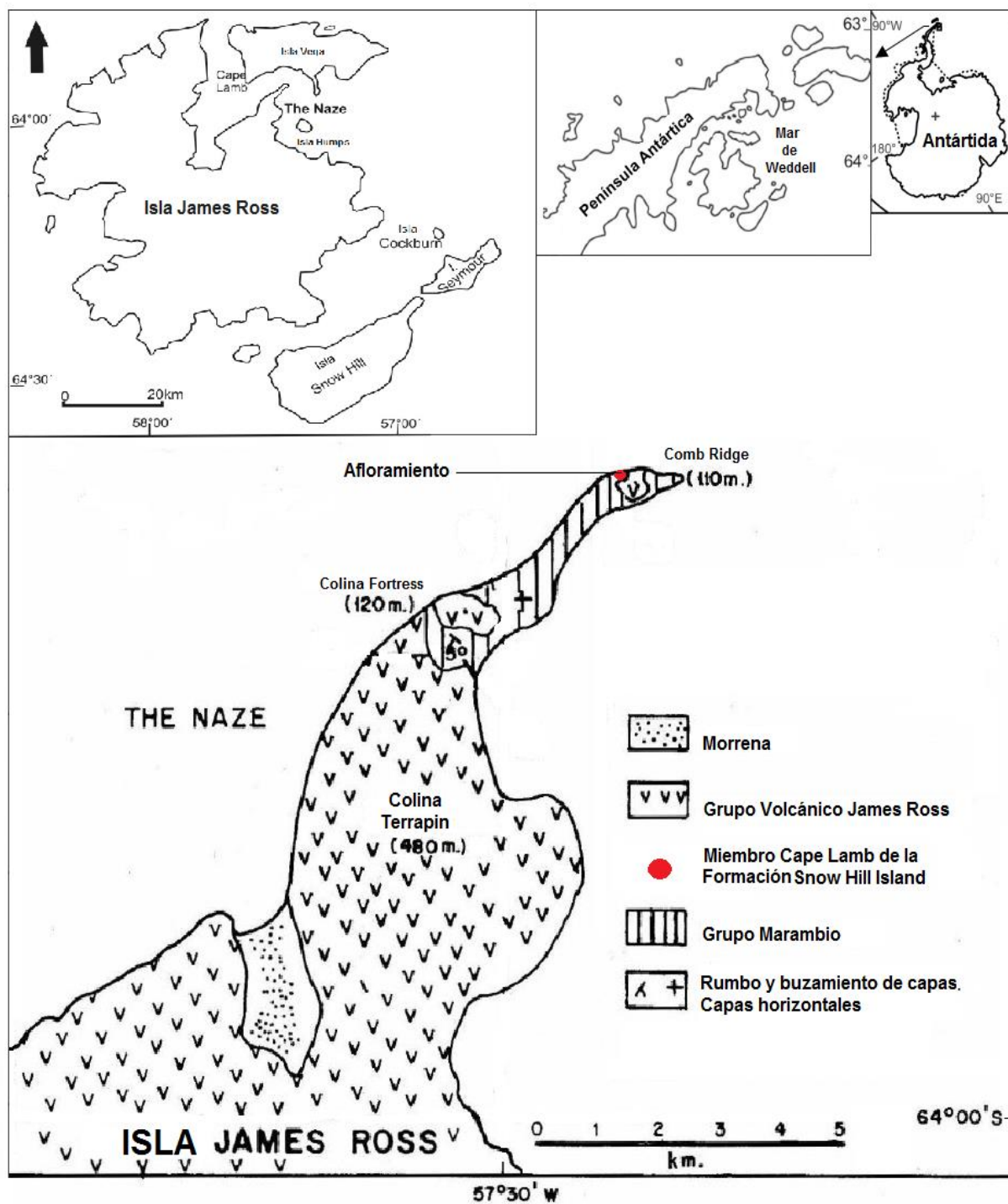


Figura 1. Localización de la isla James Ross, la península The Naze, y ubicación del afloramiento de donde fueron tomadas las muestras del estudio (Modificado de Bowman et al., 2015; del Valle et al., 1982 y di Pasquo and Martin, 2013).

## 1.2 Características de los Dinoflagelados

Los dinoflagelados son organismos eucariontes unicelulares, poseen núcleo dinocarión y dos flagelos desiguales entre sí, uno transversal (alojado en una depresión llamada cíngulo) y otro longitudinal (alojado en una depresión llamada sulco), están asignados a la división Dinoflagellata (Fensome et al., 1993). Su ciclo de vida posee una fase de reproducción sexual y otra asexual, también una etapa de desarrollo considerada móvil y otra sésil (Figura 2). Ciertas especies se recubren por placas poligonales de celulosa llamadas tecas en la etapa móvil (Evitt, 1985), mientras que, en la etapa sésil, algunas generan quistes de resistencia, que son el objeto de este estudio. La disposición, tamaño y número de las placas poligonales conforman la denominada tabulación, tanto en la teca como en el quiste.

Los dinoflagelados son considerados como parte del fitoplancton, aunque algunas especies son heterotróficas. Dos órdenes incluyen a la mayoría de los representantes fósiles, estas son: Gonyaulacales y Peridinales, los cuales son autótrofos y heterótrofos respectivamente (Fensome et al., 1996). La clasificación taxonómica incluye diversos detalles morfológicos, entre los que destacan la tabulación y el arqueópilo, siendo este último la abertura en el quiste que se forma para dar paso al enquistamiento del protoplasma (Evitt, 1985).

El grupo de dinoflagelados es considerado como uno de los indicadores indirectos, o “proxies” biológicos con alta resolución bioestratigráfica. Los datos de este grupo permiten proponer marcos bioestratigráficos detallados, además de identificar condiciones tróficas de los ecosistemas marinos relacionadas con cambios en las condiciones paleoceanográficas regionales. Su utilidad bioestratigráfica es complementaria de otros grupos como el polen y las esporas de ambientes continentales, además de los foraminíferos, nanofósiles calcáreos y diatomeas en el ambiente marino. Sin embargo, como con la mayoría de los grupos de microfósiles, su interpretación puede ser complicada pues las condiciones químicas y los procesos tafonómicos en los sedimentos pueden afectar la asociación de este grupo fósil (Rochon et al., 1999).

De las 1,555 especies marinas existentes hoy (Gómez, 2005), aproximadamente el 50% son autotróficas y el resto son heterotróficas o mixotróficas. Entre todas las formas marinas, solo hay 96 especies que producen quistes de resistencia con paredes de dinosporina (Zonneveld and Pospelova, 2015). Estas estructuras son resistentes a procesos diagenéticos en ambientes con altos contenidos de CO<sub>2</sub> y con baja saturación en sílice (Rochon et al., 2008). Además, se depositan en el fondo marino y en condiciones favorables pueden eclosionar para poblar la columna de agua (Bolch and Hallegraeff, 1990).

Los principales factores favorables para dicha eclosión son la concentración de nutrientes, la duración del día, la temperatura del agua y la intensidad de luz. Aparentemente, estos factores se combinan con sedimentación y turbulencia, o variaciones en las componentes de velocidad de las masas de agua (Margalef, 1978).

Algunos datos experimentales sugieren que limitaciones en las cantidades de fósforo y/o nitrógeno inducen la reproducción sexual y promueven el enquistamiento en algunas especies (Figueroa and Bravo, 2005). No se ha comprobado en detalle que en condiciones naturales esta limitación produzca el mismo efecto (Godhe et al., 2001). Sin embargo, se ha documentado una relación directa entre aumentos de concentración de estos nutrientes y abundancia de dinoflagelados tanto planctónicos como enquistados (Peña-Manjarrez et al., 2001, 2005).

Los quistes de resistencia producidos por los dinoflagelados actuales, son importantes debido a su potencial como indicadores indirectos de parámetros de la superficie del mar tales como temperatura, salinidad y productividad (Head, 1996; Martínez-Hernández and Hernández-Campos, 1991; de Vernal, et al., 1998 ; Banda-Bermúdez, 2002; Marret and Zonneveld, 2003; Peña-Manjarrez, et al., 2005; Fensome, et al., 2009; Pospelova et al., 2008; Ribeiro and Amorim, 2008; Vásquez-Bedoya, et al., 2008; Flores-Trujillo, 2009; Limoges, et al., 2010). El estudio de quistes de resistencia provee datos que ayudan a reconstruir paleoambientes y proporciona información útil para interpretar las condiciones paleoceanográficas (Banda-Bermúdez, 2002; Flores-Trujillo, 2009; Palafox L., 2013). Puesto que los datos reportados aquí, corresponden exclusivamente a material fósil, se trata exclusivamente de quistes de resistencia, y nos referiremos a ellos simplemente como dinoflagelados.



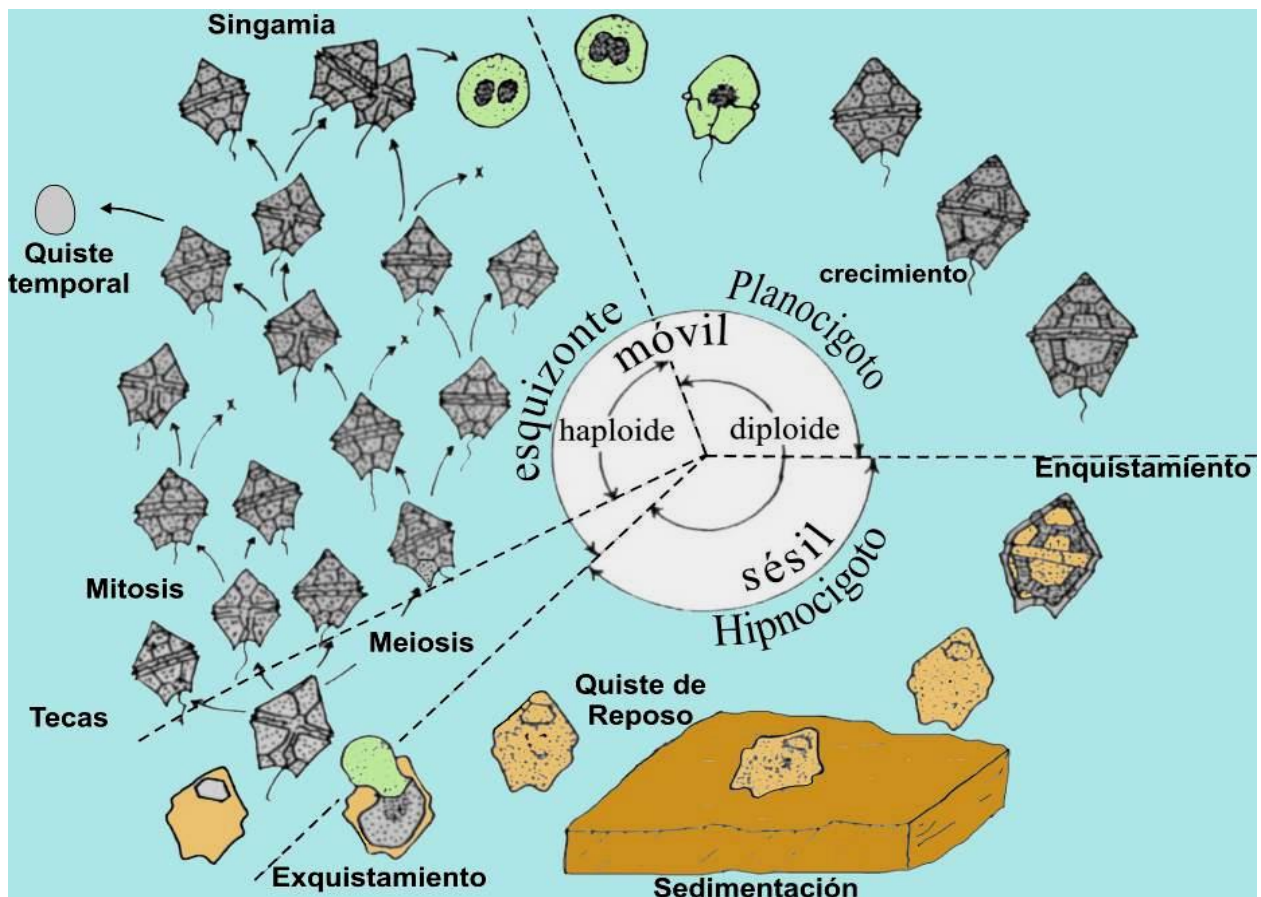


Figura 2. Ciclo de vida de los dinoflagelados (Modificado de Evitt, 1985).

### 1.3 Bioestratigrafía

El primer esquema formal de biozonación palinológica para el intervalo Maastrichtiano tardío a Daniano temprano de la Antártida se estableció con base en quistes de dinoflagelados (Bowman et al., 2012). Los datos de ese estudio se obtuvieron de la sección superior de la Formación López de Bertodano, expuesta en la isla Marambio. El esquema se basó en las zonas de dinoflagelados propuestas informalmente por Askin (1988), e incluye la definición de dos zonas del Maastrichtiano tardío, tres subzonas y una zona para el Daniano.

El análisis morfológico detallado del género de *Manumiella* (Thorn et al., 2009), también permitió refinar la bioestratigrafía del Cretácico más tardío (Maastrichtiano tardío) en la Cuenca James Ross. El análisis detallado de numerosos ejemplares de este género provenientes de la sección superior de la Formación López de Bertodano del Maastrichtiano tardío, permitió a los autores enmendar el concepto

genérico de *Manumiella* y definir una nueva especie, *Manumiella bertodano*. Asimismo, reconocieron cinco especies de *Manumiella* claramente diferenciables (*Manumiella conorata*, *M. druggii*, *M. seelandica* y *M. seymourensis*) y diseñaron una clave morfológica para reconocerlas.

El marco cronoestratigráfico más reciente del noreste de la isla James Ross no logra ubicar el límite entre el Campaniense superior y el Maastrichtiense inferior en la Formación Snow Hill Island en “The Naze”, punta norte de la isla James Ross (di Pasquo and Martin, 2013). Estos autores analizaron 16 muestras de la sección “The Naze” y asignaron una edad de Maastrichtiano temprano con base en la edad de la megafauna reportada en la parte superior de la sección.

La falta de precisión se debe en gran parte a la homogeneidad litológica y a la variedad de los ambientes representados en la columna estratigráfica expuesta, que varían de transicionales a marinos neríticos. En estas condiciones la palinología puede aportar información cronoestratigráfica y paleoambiental, en ambientes marinos mediante los dinoflagelados y en continentales a través del polen y las esporas (Traverse, 1988). Se han reportado resultados de estudios de baja resolución sobre la macrofauna, polen, esporas y dinoflagelados (di Pasquo and Martin, 2013). Además de integrar datos paleontológicos previos, estos autores presentan los resultados palinológicos de 16 muestras de una sección expuesta en la península “The Naze”, en el norte de la isla James Ross (Figura 1).

## 1.4 Estudios Previos

La Cuenca James Ross ha sido centro de interés para la geología y paleontología de las regiones australes desde principios del siglo XX. Los trabajos realizados por la expedición sueca de 1901-1902, cuyas observaciones geológicas, geofísicas y paleontológicas se publicaron en Andersson (1906) fueron los pioneros. Los hallazgos paleontológicos y la fina preservación de algunos grupos fósiles, incrementaron la curiosidad por desarrollar investigaciones en la región (Bibby, 1966; Rinaldi et al., 1978; Ineson et al., 1986; Olivero et al., 1986; Macellari, 1988; Sadler, 1988; Zinsmeister, 1989; Pirrie et al., 1991; Medina et al., 1992 y Olivero et al., 1992). Los primeros estudios palinológicos de la cuenca incluyen los aportes de Cranwell (1966) y Hall (1977). Poco después se presentaron resultados de investigaciones sobre quistes de dinoflagelados, polen y esporas (Askin, 1988), así como sobre diatomeas (Harwood, 1988). La palinología local tuvo más difusión a partir de una publicación especial dedicada a la Cuenca James Ross (Smith, 1992). La investigación regional se incrementó considerablemente con la incorporación de la micropaleontología

en las expediciones antárticas llevadas a cabo por Argentina, Reino Unido, Polonia, Chile y Brasil (Amenábar et al., 2014). En la actualidad se conocen más de 50 trabajos sobre palinología del Cretácico de la Cuenca James Ross, desarrollados por investigadores ingleses, norteamericanos, argentinos y australianos.

## 1.5 Marco Paleoclimático / Paleoecológico

Durante el intervalo más cálido del Mesozoico del Cretácico Tardío (Cenomaniano-Turonian, ~95-90 Ma), se han reportado evidencias de temperaturas superficiales del mar en los trópicos  $> 35^{\circ}\text{C}$ , además de la falta de glaciares en los polos (Clarke et al., 1999; Forster et al 2007). El resto del Cretácico Tardío (~90 – 66 Ma) es considerado como un periodo de enfriamiento general (Friedrich et al., 2012), posiblemente debido a la pérdida de  $\text{CO}_2$ , debido a la abertura del Atlántico del sur y el Tethys. Incluso se han sugerido glaciaciones en el Maastrichtiano temprano (Figura 2 en Friedrich et al., 2012). Además, conjuntos de dinoflagelados de la isla Seymour, localizada al norte de la isla James Ross, han sido interpretados como indicadores de posibles glaciaciones (Bowman et al., 2013) a fines del Maastrichtiano.

Con respecto a las condiciones paleoambientales que prevalecían en la isla James Ross, la presencia de polen de gimnospermas de la familia podocarpaceae, del género *Nothofagus* y otras angiospermas durante el Maastrichtiano temprano indica un clima fresco-templado, libre de heladas y con condiciones de alta pluviosidad (Dettmann, 1986, 1989, 1992; Askin, 1990a, 1990b; Crame, 1992; Hill and Scriven, 1995). Las asociaciones palinológicas del Campaniano superior al Maastrichtiano de la isla Marambio (Askin, 1990), localizada al este de la isla James Ross, también indican la existencia de un bosque lluvioso dominado por podocarpáceas, con polen de angiospermas y baja diversidad de esporas de criptógamas, desarrollado en un lugar fresco a templado-cálido. Estas asociaciones de palinomorfos continentales (Askin, 1990) también sugieren que el Campaniano-Maastrichtiano fue un intervalo relativamente templado, con un paleoclima estable húmedo. Esta última interpretación está apoyada por la presencia de esporas de helechos acuáticos y musgos, característicos de pantanos o humedales desarrollados en el Cretácico más tardío de la Península Antártica.

Con respecto a las evidencias de dinoflagelados y el paleoclima regional, se ha propuesto la presencia de una provincia polar Austral separada de Suramérica durante el Maastrichtiano y Daniano (Bowman et al., 2012) con base en representantes endémicos de dinoflagelados (*Operculodinium*

*exilicornutum*, *Batiacasphaera grandis*). La similitud de las asociaciones de quistes de dinoflagelados de altas latitudes y la correlación con modelos de corrientes oceánicas alrededor de Antártida, permiten reconocer esta provincia en Nueva Zelanda, sur de Australia y la costa del sudoeste de América del Sur. Estos autores plantean una conexión oceánica entre el sur de América del Sur y el mar de Tasmania a través de Antártida, para el intervalo Maastrichtiano-Daniano.

La importancia paleoecológica de los dinoflagelados se ha estudiado y relacionado más profusamente con los cambios ambientales asociados al límite Cretácico/Paleógeno en la isla Marambio (Thorn et al., 2009), Vega y Seymour (Bowman et al., 2012, 2013). Estos autores detectaron intervalos con valores altos de abundancia de los géneros heterotróficos *Manumiella* e *Isabelidium*, por debajo del límite Cretácico/Paleógeno y los relacionaron con regresiones marinas de corto término y/o con eventos de enfriamiento oceánico ocurridos antes del evento de extinción de dicho límite.

En este documento se presentan los resultados del estudio cuantitativo de dinoflagelados de 47 muestras provenientes de la sección expuesta del Miembro Cape Lamb en The Naze, isla James Ross, ubicada en la península antártica, al noreste del continente antártico. El objetivo principal del estudio es la construcción de un modelo sobre los posibles cambios paleoambientales y paleoecológicos que imperaron durante el depósito sedimentario de la sección aflorante. Para esto es imperativo determinar la edad de los estratos estudiados.

Se analizan las relaciones entre los grupos tróficos de dinoflagelados y el índice de diversidad de los mismos. Con la integración de estos datos se sugiere una paleobatimetría con la cual se reconocen periodos de mayor y menor incursión oceánica y su correlación con épocas de mayor o menor productividad y mayor o menor influencia de terrígenos. Además, los resultados de dinoflagelados obtenidos en este estudio, se comparan con los resultados palinológicos del estudio de 16 muestras de la misma sección aflorante, presentados por di Pascuo and Martin (2013).

## 1.6 Hipótesis

Los conjuntos de dinoflagelados reflejan la evolución geológica y las características climáticas y oceanográficas de la Formación Snow Hill Island, en la isla James Ross. La composición taxonómica de los conjuntos de dinoflagelados indica la edad de los estratos analizados, mientras que cambios en las proporciones de dinoflagelados autotróficos y heterotróficos representan cambios en las características

oceanográficas del área. Adicionalmente, la abundancia y diversidad de ciertos taxa de angiospermas indican características topográficas y paleoclimáticas continentales.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

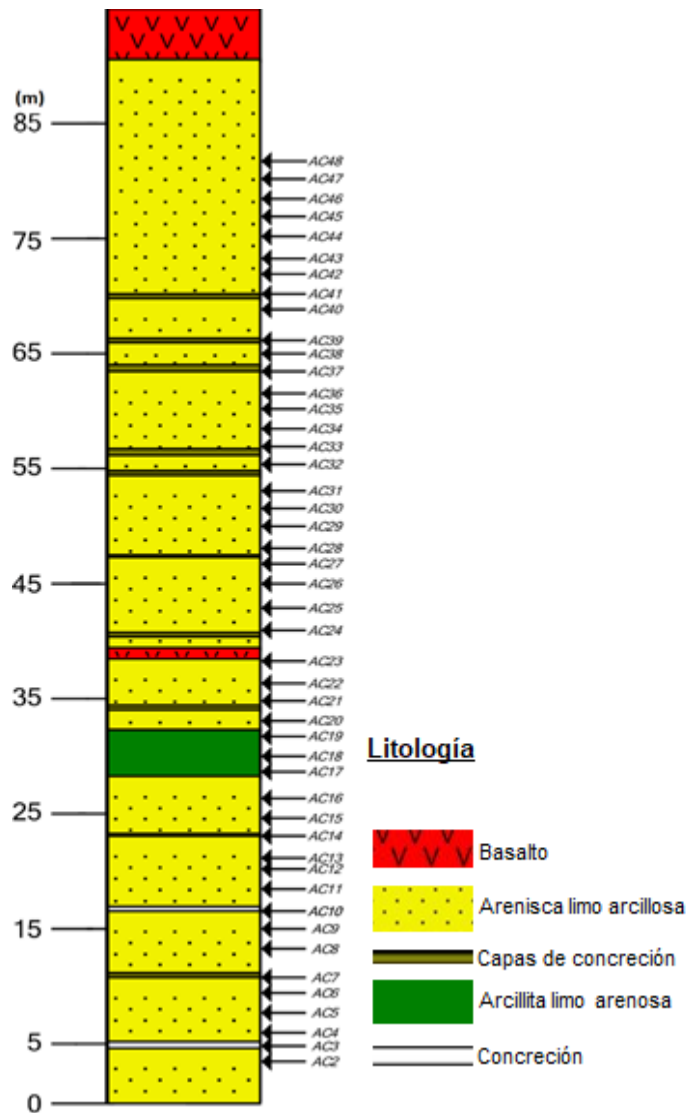
Documentar los conjuntos de dinoflagelados del registro sedimentario de la Formación Snow Hill Island, isla de James Ross, Antártida para precisar su cronoestratigrafía y aclarar si reflejan cambios por forzamientos oceanográficos y/o climáticos.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- Determinar las edades de los estratos estudiados.
- Describir las variaciones de los conjuntos de dinoflagelados y su relación con las características paleoceanográficas y paleoclimáticas en la cuenca James Ross durante el Maastrichtiano temprano.
- Comparar esta base de datos con registros previos de polen y esporas para mostrar que los cambios de abundancia de algunos taxa indican la influencia y variabilidad de procesos oceánicos y climáticos de orígenes paleogeográficos definidos.

## Capítulo 2. Metodología

Para este estudio se procesaron y analizaron 47 muestras provenientes de una sección del Miembro Cape Lamb de la Formación Snow Hill Island, aflorando en The Naze. El afloramiento tiene un espesor total de 90 m, siendo su base el nivel mar y su tope un “sill” basáltico del Mioceno (di Pasquo and Martín, 2013). Las 47 muestras fueron colectadas entre los 3.42 m (muestra AC-2) y los 81.73 m (AC-48) con respecto a la base, siendo el espesor total analizado de 78.31 m (Figura 3).



**Figura 3. Columna estratigráfica del afloramiento con litología y ubicación de las 47 muestras analizadas en este estudio.** Escala vertical en metros (= m). Modificado de di Pasquo, M and Martin, J.E. (2013).

## 2.1 Procesamiento Palinológico

Las muestras se procesaron con el tratamiento palinológico tradicional (Wood et al., 1996), sin oxidación para evitar destruir algunos taxa que pudieran afectar las interpretaciones paleoecológicas (Mertens et al., 2009). Además, se agregó a cada muestra, una tableta de esporas de *Lycopodium clavatum* con el fin de evaluar la concentración de palinomorfos por gramo de sedimento. El procesamiento completo incluyó, la eliminación de carbonatos mediante ataque con ácido clorhídrico; la disgregación de silicatos mediante ataque con ácido fluorhídrico, la separación del material orgánico e inorgánico con politungstato de sodio, limpieza y tamizado de residuo y el montaje de láminas delgadas para ser observadas al microscopio óptico.

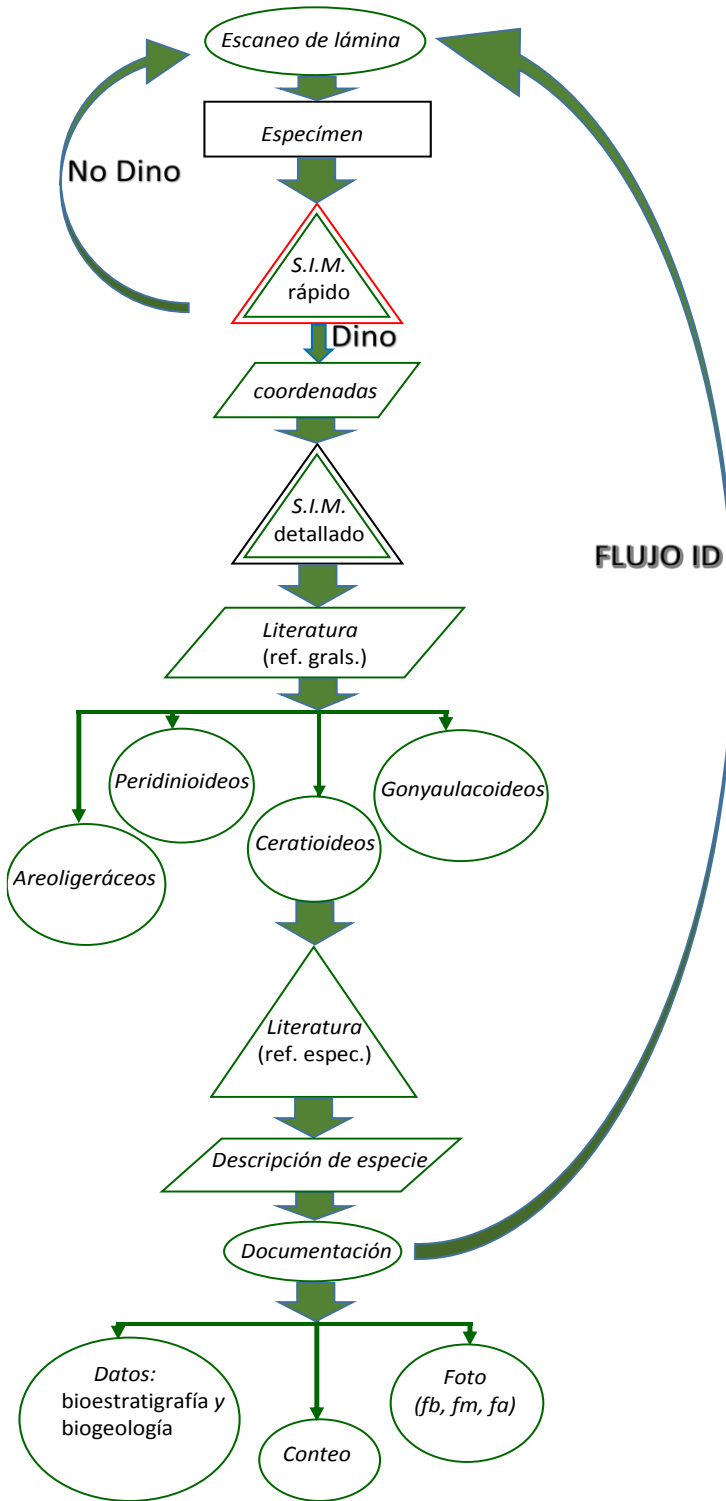
Para realizar lo anterior, se pesó 1 g de sedimento seco por cada una de las muestras, éstas se lavaron con un detergente y se decantó utilizando un tamiz con luz de malla de 15 micras ( $\mu\text{m}$ ). Como marcador exótico se agregó una tableta de esporas de *Lycopodium clavatum* (Batch: 124961. Una tableta = 12,542 esporas), para calcular la abundancia absoluta de dinoflagelados (Maher, 1981; Mertens et al., 2009; 2012). Se adicionó HCL (37 %) para eliminar carbonatos y HF (48%) para eliminar silicatos, se agregó politungstato de sodio de densidad 2.0 y seguidamente se filtró la materia orgánica en malla de 15  $\mu\text{m}$ . Finalmente se extrajo una cuota de residuo, se llevó a un cubre objeto con gelatina glicerizada y se selló la muestra con resina óptica secándola con rayos ultravioleta (UV).

## 2.2 Análisis Microscópico

Cada una de las 47 láminas se examinó usando un microscopio óptico de luz transmitida (CX31 de la marca Olympus), con los objetivos de 20x, 40x y 100x. Se realizaron 25 barridos en promedio en orden horizontal descendente del campo visual en las láminas, estableciendo un patrón de análisis que consistió en llevar una secuencia de visualización con la finalidad de no repetir conteos de un mismo campo visual previamente analizado.

Para la identificación de los dinoflagelados a nivel de especie se empleó un sistema de identificación morfológica (Figura 4), se consultó la base de datos PALYNODATA (Palynodata and White, 2008), el portal Dinoflag3 (Williams et al., 2017) (disponible en

[http://dinoflaj.smu.ca/dinoflaj3/index.php/Main\\_Page](http://dinoflaj.smu.ca/dinoflaj3/index.php/Main_Page)) y una amplia bibliografía relacionada con los holotipos de cada especie.



SÍMBOLO	NOMBRE	ACCIÓN
	Terminal	Representa el inicio o el fin del diagrama de flujo.
	Entrada y salida	Representa los datos de entrada y los de salida.
	Decisión	Representa las comparaciones de dos o mas valores, tiene dos salidas de información falso o verdadero
	Proceso	Indica todas las acciones o cálculos que se ejecutaran con los datos de entrada u otros obtenidos.
	Líneas de flujo de información	Indican el sentido de la información obtenida y su uso posterior en algún proceso subsiguiente.
	Conector	Este símbolo permite identificar la continuación de la información si el diagrama es muy extenso.

**Figura 4. Sistema de identificación morfológica para dinoflagelados empleado en este estudio.** (ref. grals. = referencias generales; ref. espec. = referencias específicas; fb = foco bajo; fm= foco medio y fa = foco alto).



Se contabilizó el total de *Lycopodium clavatum* usados como marcador exótico y el total de dinoflagelados presentes. Estos últimos se clasificaron siguiendo las convenciones taxonómicas de Williams et al. (2017; Dinoflag3) y se llevaron a cabo registros fotográficos de al menos un representante de cada una de las especies identificadas.

### 2.3 Análisis de datos

Se generó una base de datos que incluyó el número total del marcador exótico por lámina y el número de dinoflagelados. Con esa información se obtuvieron el total de géneros y especies observadas durante el análisis de microscopio. Se clasificaron los dinoflagelados por familia (Gonyaulacaceae, Peridiniaceae, Ceratiaceae y Areoligeraceae) y se determinó la riqueza y abundancia por género y especie.

Se calculó la abundancia absoluta de dinoflagelados (Maher, 1981; Mertens et al., 2009; 2012) o concentración por gramo de sedimento seco a través de la fórmula (Benninghoff, 1962):

$$C = \frac{dc * Lt * t}{Lc * W} \quad (1)$$

En donde, **C**: Concentración de dinoflagelados por gramo de sedimento (seco), **dc**: Conteo total de dinoflagelados por lámina, **Lt**: Concentración de esporas de *Lycopodium clavatum* por tableta, **Lc**: Conteo total de esporas de *Lycopodium clavatum* por lámina, **t**: Cantidad de tabletas agregada y **W**: Peso del sedimento seco (g).

Calculada la concentración por especie se agruparon las familias Peridinioideas y Ceratiodeas (heterótrofas = Het) y las Gonyaulacoideas y Areoligeráceas (autótrofas = Aut), así como también el total de todas las familias (dinoflagelados totales en concentración). Estas categorías se graficaron para su comparación, teniendo como premisa que en la actualidad y en el pasado reciente los dinoflagelados autótrofos se encuentran en aguas principalmente cálidas y estratificadas. Por otro lado, los heterótrofos, generalmente prevalecen en aguas frías y proliferan mayoritariamente en zonas de surgencias (Edwards and Andrle, 1992; de Vernal et al., 2001; Bringué et al., 2013; Duque, 2015).

Se determinó la relación heterótrofos/autótrofos (Het/Aut) entre las concentraciones de Het y de Aut, la media de dicha relación sirve como punto de referencia para marcar valores altos y bajos, discernir tendencias y relacionarlas con aumentos o disminuciones de productividad, o cambios ambientales. La relación Het/Aut se calcula con la fórmula siguiente:

$$\text{Het/Aut} = (\text{Conc Het}/(\text{Conc Het}+\text{Conc Aut})) * 100 \quad (2)$$

La biodiversidad específica de los dinoflagelados en las muestras a lo largo de la columna sedimentaria se midió con el índice de Shannon-Weaver (1949). Este índice permite reconocer los puntos de mayor y menor abundancia con respecto a la diversidad de especies y así definir si es la predominancia de una especie o especies en particular las que afectan dicha abundancia. Se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i) (\log_2 p_i) \quad (3)$$

En donde, **S**: número de especies (riqueza de especies), **P<sub>i</sub>**: proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (es decir, la abundancia relativa de la especie *i*)  $n_i/N$ , **n<sub>i</sub>**: número de individuos de la especie *i* y **N**: número de todos los individuos de todas las especies.

### 2.3.1 Bioestratigrafía

Las especies de dinoflagelados identificadas se usaron para establecer la edad de la columna estudiada. Se recabó la información correspondiente al rango estratigráfico de cada especie identificada en este estudio y se transformó a escala en millones de años. Los rangos estratigráficos de las especies observadas en The Naze, se encontraron en: Drugg and Stover, 1975; Bujak and Williams, 1985; Haq et al., 1988; Williams et al., 1993, 2004; Wrenn et al., 1986; Helby et al., 1987; Powell, 1992. También se usaron: Pirrie and Riding, 1992; Thorn et al., 2009; Askin, 1988, 1990a, 1990b, 1999; Bowman et al., 2012, 2014, 2015; Crame, 1992; Olivero et al., 1992; Troncoso and Doubinger, 1980.

Estos rangos se complementaron con la información encontrada en la base de datos Palynodata (Palynodata and White, 2008). Además, se usó la carta cronoestratigráfica de Gradstein et al. (2012) para

asignar edades en millones de años a las edades geológicas reportadas. Se precisaron las muestras en donde se observaron estas especies en el presente estudio y se usaron las edades recabadas para asignar edades a las muestras e intervalos.

### **2.3.2 Integración con otros datos paleontológicos**

Se combinaron los resultados de dinoflagelados de este estudio con los datos de macrofósiles y de polen y esporas presentes en 16 muestras reportadas por di Pasquo and Martin (2013). Esta combinación sirvió de apoyo tanto en bioestratigrafía, como en paleobatimetría y paleoecología. La comparación entre las abundancias de palinomorfos terrestres y palinomorfos marinos, contribuye a discernir el paleoambiente de depósito sedimentario más probable.

## Capítulo 3. Resultados

---

En este capítulo se plasman los resultados del análisis cuantitativo y cualitativo de las 47 muestras estudiadas del The Naze, Antártica. Los datos reportados corresponden exclusivamente a material fósil, por lo tanto, se trata de quistes de resistencia de los dinoflagelados. Así que en este documento se refiere a ellos solamente como dinoflagelados.

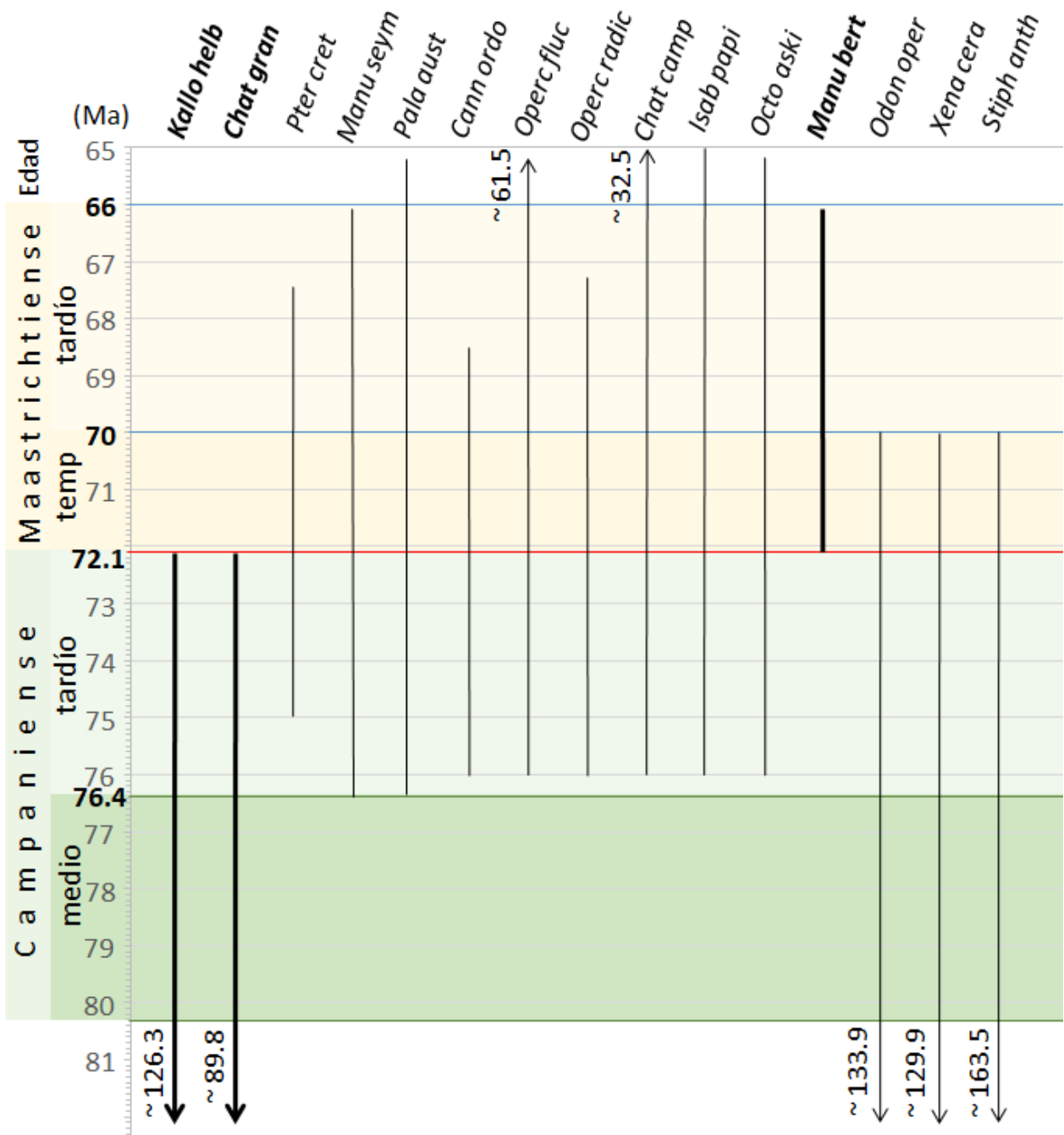
### 3.1 Bioestratigrafía

La distribución estratigráfica de las especies de dinoflagelados identificadas que se encuentran en la literatura permite establecer una referencia cronológica. La mayoría de dichos registros están claramente asociados a estratos con dataciones confiables, por correlación con otros grupos de microfósiles además de dataciones radiométricas y crones magnetoestratigráficos. A lo largo del afloramiento se observa como las especies identificadas van presentándose y luego desapareciendo, al combinar estos eventos con el del registro geológico se puede asignar una edad a las muestras en análisis. di Pascuo and Martin (2013) propusieron que los sedimentos de The Naze, corresponden con una edad Maastrichtiense temprano. Sin embargo, el aumento en la resolución de la determinación concreta de la edad de esta sección es parte del propósito de esta investigación.

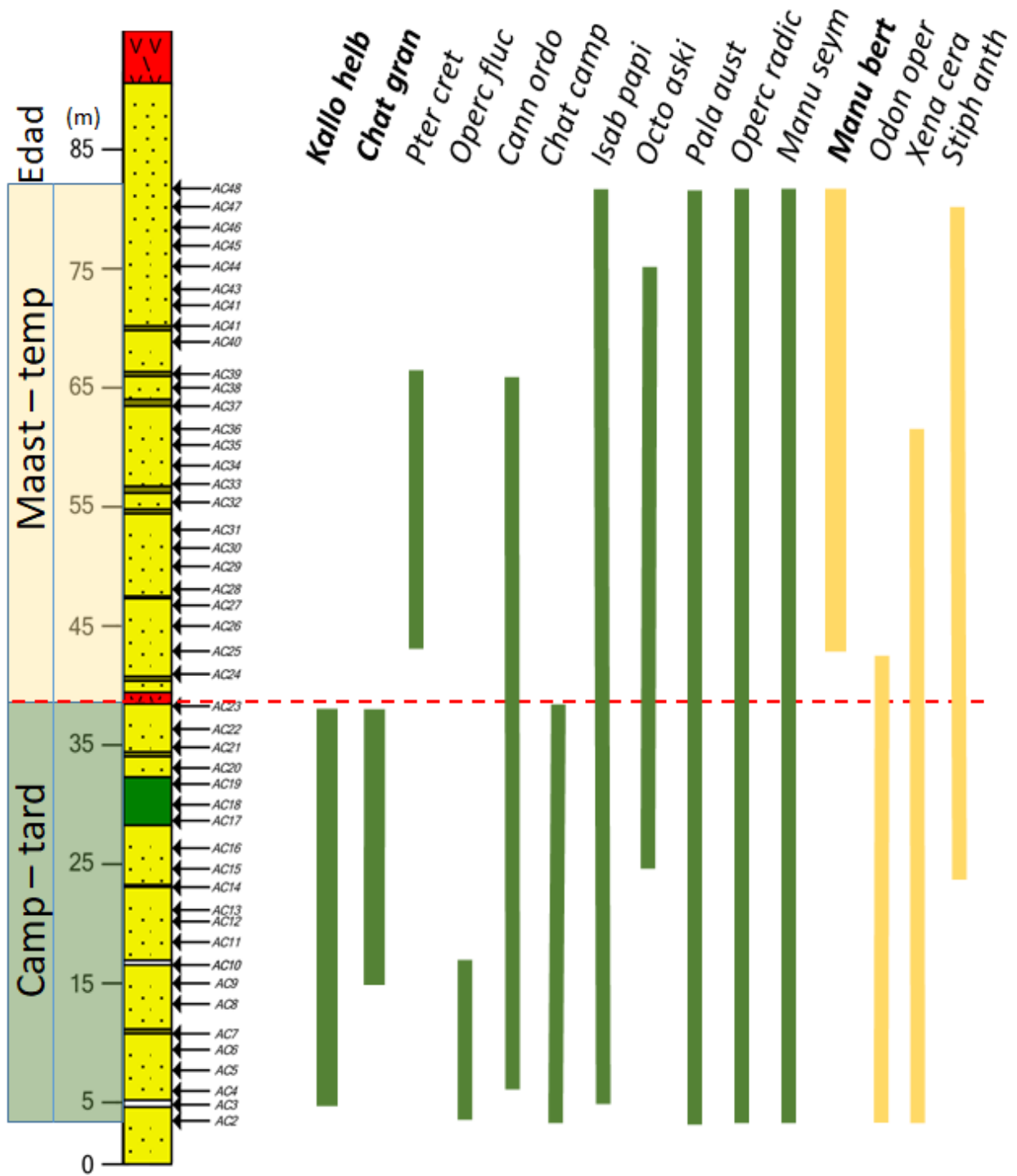
Se identificaron 48 especies para el análisis bioestratigráfico o cronológico de la columna sedimentaria, 38 de estas especies tienen sus primeros registros en edades más antiguas al Campaniano tardío, nueve especies que se observan en los estratos más antiguos de la sección The Naze, aparecieron durante el Campaniano tardío (76.4-72.1 millones de años = Ma), estas son: *Pterodinium cretaceum*, *Manumiella seymourensis*, *Palaeocystodinium australinum*, *Canningia ordospinosa*, *Operculodinium flucturum*, *Operculodinium radiculatum*, *Chatangiella campbellensis*, *Isabelidinium papillum* y *Octodinium askinia*. Adicionalmente, en estos mismos estratos se identificaron las especies *Chatangiella granulífera* y *Kallosphaeridium? helbyi*, las cuales tienen sus últimos registros en el límite Campaniano/Maastrichtiano (> 72,1 Ma), indicando que los estratos que las contienen se depositaron en el piso Campaniano tardío (Figura 5).

Una de las especies (*Manumiella bertodano*) que se observa solamente en los estratos más jóvenes (AC25-AC48), apareció en el Maastrichtiano temprano (< 72.1 Ma). El resto de las especies observadas en estos estratos jóvenes tienen registros estratigráficamente más recientes en el límite KT (~66 Ma). Pero, la extinción de tres especies se ha reportado en el límite entre el Maastrichtiano temprano y tardío, hace 70 Ma, estas son: *Odontochitina operculata*, *Xenascus ceratioides* y *Stiphrosphaeridium anthophorum*. Las nueve especies mencionadas en primera instancia son consideradas como especies marcadoras del Campaniano tardío y las últimas tres como especies marcadoras del Maastrichtiano temprano. Estos datos indican que la columna sedimentaria se depositó en un periodo no más antiguo que el Campaniano tardío y no más joven que el Maastrichtiano temprano durante en el Cretácico Superior.

El rango estratigráfico de *Manumiella bertodano* es corto, pues se ha reportado (Thorn et al, 2009) solamente en el Maastrichtiano tardío ( $\leq 70$  Ma). Según la zonación de Bowman et al (2014), esta especie se encuentra entre los 66,2 y 67 Ma. Sin embargo, esos autores no analizaron estratos más antiguos, por lo que sus edades no abarcan el Maastrichtiano temprano. En las muestras estudiadas aquí, *M. bertodano* se observa junto con *O. operculata*, *X. ceratioides* y *S. anthophorum*, en el intervalo inmediatamente por encima del posible límite Campaniano/Maastrichtiano, lo que indica que apareció en el Maastrichtiano temprano. *M. bertodano* aparece en la columna sedimentaria justo por encima de las apariciones estratigráficamente más altas de *Kallosphaeridium? helbyi* y *Chatangiella granulifera*, que son especies marcadoras del final del Campaniano tardío, y en vista de que no existe evidencia de algún hiato entre ambas. La presencia de estas tres especies permiten inferir que el límite Campaniano/Maastrichtiano se encuentra entre la muestra AC23 y AC24 (Figura 6). En la columna sedimentaria no se reportan discontinuidades (di Pascuo and Martin, 2013).



**Figura 5. Rango de edades reportadas de las especies marcadoras del Camp-tard (primeras 11 de izquierda a derecha) y Maast-temp (últimas cuatro de izquierda a derecha).** Las tres especies cuyas líneas están resaltadas en negro corresponden a las indicadoras del límite entre Camp-tard y Maast-temp. (*Kallo helb* = *Kallosphaeridium? Helbyi*; *Chat gran* = *Chatangiella granulifera*; *Pter cret* = *Pterodinium cretaceum*; *Manu seym* = *Manumiella seymourensis*; *Pala aust* = *Palaeocystodinium australinum*; *Cann ordo* = *Canninginopsis ordospinosa*; *Operc fluc* = *Operculodinium flucturum*; *Operc radic* = *Operculodinium radiculatum*; *Chat camp* = *Chatangiella campbellensis*; *Isab papi* = *Isabelidinium papillum*; *Octo aski* = *Octodinium askinia*; *Manu bert* = *Manumiella bertodano*; *Odon oper* = *Odontochitina operculata*; *Xena cera* = *Xenascus ceratiodes*; *Stiph anth* = *Stiphrosphaeridium anthophorum*).



**Figura 6. Orden de observación en la columna sedimentaria de algunas de las especies marcadoras del Camp-tard (primeras once de izquierda a derecha) y Maast-temp (últimas cuatro de izquierda a derecha). Las dos especies cuyas líneas están resaltadas en verde y la especie cuya línea está resaltada en Beige, corresponden a las indicadores del límite entre Camp-tard y Maast-temp. La línea roja segmentada representa el límite propuesto en la columna sedimentaria entre las muestras AC23 y AC24.**

### 3.2 Análisis Cuantitativo y Cualitativo de Dinoflagelados

Se observaron 49 especies 25 géneros de dinoflagelados (Anexo 1). Seis de estas especies son conferidas (cf.) porque su mala preservación no permite asegurar de manera inequívoca su identificación. Una especie es afín (aff.), es decir, es muy similar a la especie propuesta, pero definitivamente no es dicha especie (*Lentinia wetzelii*), razón por la cual ésta última no se incluye para algunos análisis.

De las 49 especies identificadas, 14 son de la familia Gonyaulacaceae, 27 son Peridiniaceae, 5 Ceratiaceae y 3 Areoligeraceae. De los 25 géneros identificados, en el mismo orden que las especies se encuentran 11 Gonyaulacaceae, 11 Peridiniaceae, 2 Ceratiaceae y 1 Areoligeraceae. Considerando el sistema trófico de los dinoflagelados, estos se pueden agrupar en autótrofos (Gonyaulacales + Areoligeráceos) y heterótrofos (Peridinales + Ceratiodeos). Por lo que en el presente estudio hay 17 especies (12 géneros) autotróficas, y 32 especies (13 géneros) heterotróficas (Tabla1).

**Tabla 1. Distribución de la riqueza y abundancia de especies y géneros presentes en las muestras de The Naze, Antártica.** Los renglones verdes indican especies autótrofas, los marrones indican especies heterótrofas.

Riqueza		Abundancia
Familias (n° especies / %)	n° géneros (%)	%
Gonyaulacaceae (14 / 28.57)	11 (44)	53.44
Peridiniaceae (27 / 55.10)	11 (44)	39.46
Ceratiaceae (5 / 10.20)	2 (8)	6.69
Areoligeraceae (3 / 6.12)	1 (4)	0.41

Los grupos con mayor riqueza de especies y géneros no son los grupos con mayor abundancia en las muestras estudiadas, ni considerando las agrupaciones taxonómicas ni las estrategias tróficas. Los Peridinales, incluyen 27 especies que representan el 55.10 % del total, pero su abundancia es el 39.46 %. Mientras que los Gonyaulacales representan el 53.44 % del total y tiene solo 14 especies, o sea el 28.57 %



de las especies observadas. De igual forma, los heterótrofos, que tienen el 65.30 % de las especies contabilizadas, solo alcanzan un 46.15 % de abundancia, en contraste al 53.85 % de los autótrofos.

### **3.2.1 Abundancia Absoluta de Dinoflagelados**

En cuanto al cálculo de la concentración de quistes de dinoflagelados por gramo de sedimento seco (qst/g sed); los valores oscilaron desde un mínimo de 318.04 qst/ g sed (muestra AC6) hasta un máximo de 17456.87 (muestra AC26). La alta cifra en AC26, no corresponde a un error y tampoco fue causado por el procesamiento palinológico, aunque pudiera generar una aparente alteración en la representación gráfica de los resultados, no se descarta y se considera un valor importante para la interpretación.

La media de concentración de todos los dinoflagelados (autótrofos + heterótrofos) es de 1508.88 qst/ g sed. Once de las muestras se encuentran por encima de ese valor y se consideran concentraciones relativamente altas y en el caso contrario, relativamente bajas. El valor más alto corresponde a la muestra AC26, altamente influenciado por la dominante presencia de la especie *Cribroperidinium muderongense* y el más bajo se halla en la muestra AC6.

Las 17 especies autótrofas tienen una concentración media de 892.27 qst/ g sed, AC26 repite como la muestra con el máximo valor y la AC18 con el mínimo. La concentración de las 32 heterótrofas tienen una media de 616.62 qst/ g sed, AC28 lidera la acumulación de especies con este sistema trófico, mientras que AC24 representa el mínimo. Al igual que en el caso de las concentraciones totales, el eje del valor medio sirve de referencia para establecer las tendencias a partir de las cuales se consideran valores altos y valores bajos (Figura 7).

### **3.2.2 Relación entre Dinoflagelados Autótrofos y Heterótrofos**

Se presentan las tendencias de los dinoflagelados por sistema trófico, a través de la relación Het/Aut. La media aritmética de esta relación se ubica en 0.54, tendencias por debajo de esta media apuntan a un incremento de los Aut, las tendencias por encima están indicando un aumento de los Het.

Esta relación o alguna forma parecida se ha usado como indicador indirecto de productividad marina (Harland, 1973; Reichart and Brinkhuis, 2003). Las concentraciones altas de Het vivientes, se correlacionan con sistemas de alta productividad primaria debido a surgencias (Radi and de Vernal, 2008; Reichart and Brinkhuis, 2003). Mientras que los Aut aumentan en condiciones de aporte de nutrientes por escorrentía o aporte de terrígenos (Vásquez-Bedoya et al., 2008; Morquecho et al., 2012; Sánchez-Cabeza et al., 2012).

La muestra AC14 es la representante con mayor presencia de Het, mientras que la muestra AC26, que contiene la proliferación de *C. muderongense*, comanda la lista de muestras con mayor presencia de Aut. Se diferencian dos intervalos de predominancia de Het y un otras dos en donde los Aut predominan. Con excepción de las muestras AC7, AC13, AC16 y AC20, desde la AC3 hasta la AC23 la tendencia es a una predominancia de los dinoflagelados heterótrofos, también se imponen en un segundo intervalo entre las muestras AC27 y AC32. En un par de intervalos el dominio recae en los Dinoflagelados autótrofos, estos se presentan entre las muestras AC23 y AC27 y de la AC32 a la AC48 (Figura 7).

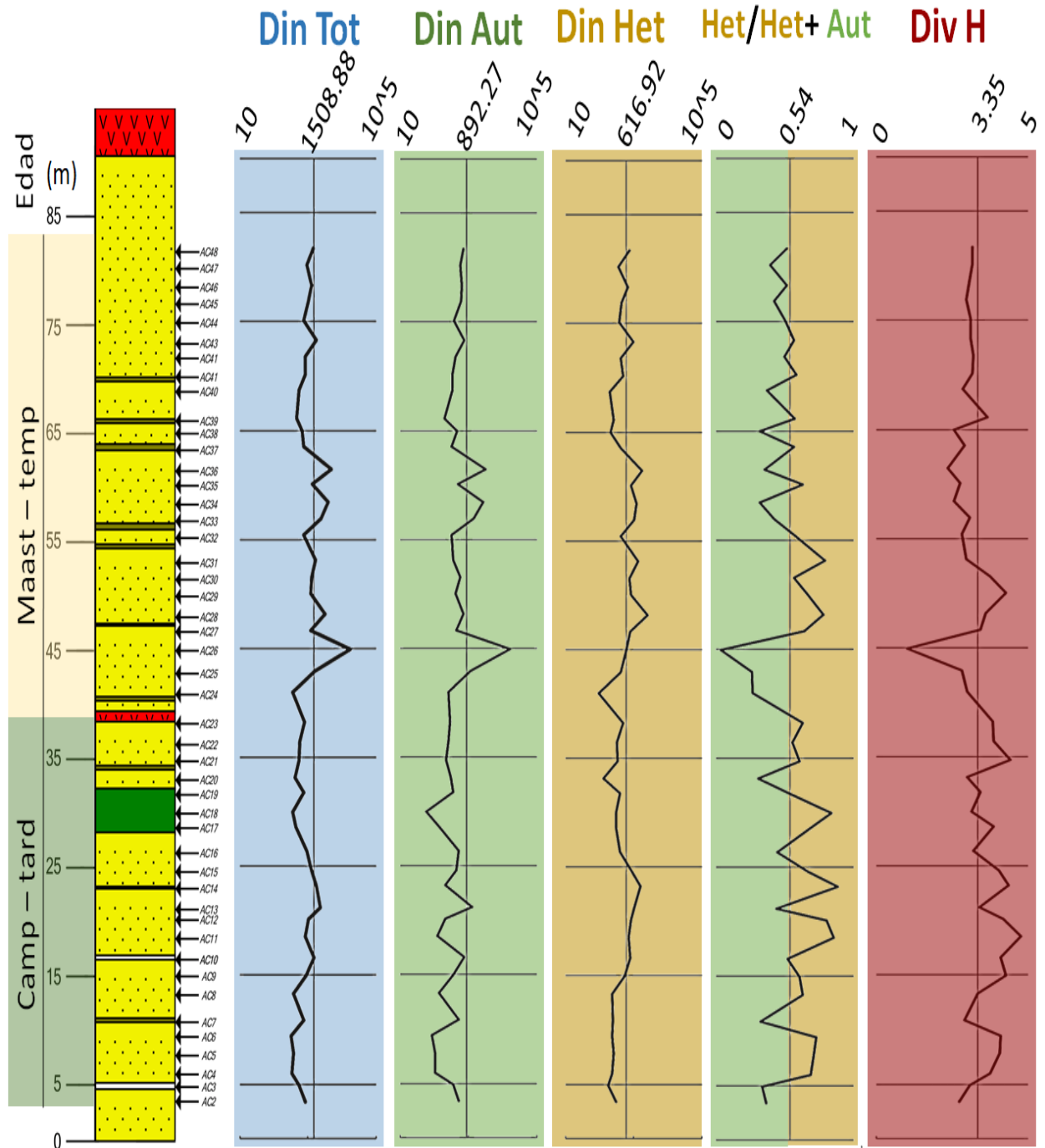
### 3.2.3 Biodiversidad de los Dinoflagelados

Cambios en la diversidad a través del tiempo indican variaciones en la estabilidad ambiental. El índice de diversidad de Shannon (H) mide la probabilidad de seleccionar cada una de las especies en la proporción con las que existen en las muestras (Shannon y Weaver, 1949). Este índice H es útil porque considera la abundancia y equidad de las especies en cada conjunto o muestra. En The Naze, la media de H es de 3.35, la cual se considera una media relativamente alta (diversa), considerando que este índice fluctúa por lo general entre 0 y 5.

La muestra que posee menos diversidad es la AC26, mientras que la muestra AC11 presenta la mayor diversidad. Se aprecia un intervalo con alta diversidad general en la parte inferior de la columna (AC2 a AC23). En conjunto, la parte superior de la columna (AC 24 a AC48) presenta menos diversidad, con la excepción de un intervalo corto (AC27 a AC30) de alta diversidad alrededor de la muestra AC29. Los valores altos de diversidad corresponden con valores altos del índice Het/Aut.

Dos intervalos presentan baja diversidad, uno entre las muestras AC24 y AC27, y otro entre las muestras AC31 y AC48. En este último intervalo, la muestra AC39 muestra un aumento de la diversidad. La muestra AC26, representante de la diversidad más baja a lo largo de toda la columna sedimentaria, está

principalmente compuesta por la especie *C. muderongense*, lo cual representa una proliferación ("Bloom") de la especie en cuestión (Figura 7).



**Figura 7. Litología, curvas de concentración e índices de los dinoflagelados.** Curvas de Concentración de Dinoflagelados Totales (DinTot), Autótrofos (Din Aut) y Heterótrofos (Din Het) en quistes por gramo de sedimento (qst/g sed). Además, se incluyen las curvas de los índices Heterótrofos/Heterótrofos+Autótrofos (Het/Het+Aut) y de Diversidad de Shannon (Div H). Las curvas de concentración se presentan en escala logarítmica con línea del valor promedio como referencia. Los índices son adimensionales, se muestra la línea del valor promedio como referencia. En el índice Het/Het+Aut el color verde indica predominancia de autótrofos y el color marrón predominancia de heterótrofos.

### 3.3 Relación entre Dinoflagelados y Palinomorfos Continentales (Polen y Esporas)

Se compararon los conjuntos de dinoflagelados observados aquí, con el registro de abundancia relativa (%) de polen y esporas de las 16 muestras estudiadas por di Pasquo and Martin (2013). Los palinomorfos continentales se subdividen en polen de gimnospermas (Gimn), polen de angiospermas (Ang) y esporas (Espo), entre estos Gimn representa el grupo más abundante a lo largo de la columna, seguido de Ang y en último lugar Espo. El primer grupo posee como principal estrategia de transporte el viento, la segunda escorrentía y viento, mientras que la tercera es principalmente por escorrentía (Traverse, 2007). Los dinoflagelados son mucho más abundantes (> 70%) que los palinomorfos continentales a lo largo de la columna sedimentaria, indicando la predominancia de condiciones marinas.

Dentro de las angiospermas, las Fagáceas reportadas en las muestras de The Naze, el género *Nothofagidites* (Dettmann, 1990) es el más abundante. La presencia común a lo largo de toda la columna sedimentaria, comprende representantes del grupo Fusca (*N. saraensis*), grupo Brassii (*N. dorotensis*) y grupo Menziesii (*N. americanus*). La presencia del grupo Fusca es particularmente importante porque es un indicativo de humedad efectiva moderada y climas templados (Barreda, 1997). El género se reconoce desde el Campaniano, y en el Maastrichtiano es abundante y diverso en la península Antártica, además se asocia con zonas libres de hielo (Haller, 2002).

## Capítulo 4. Discusión

---

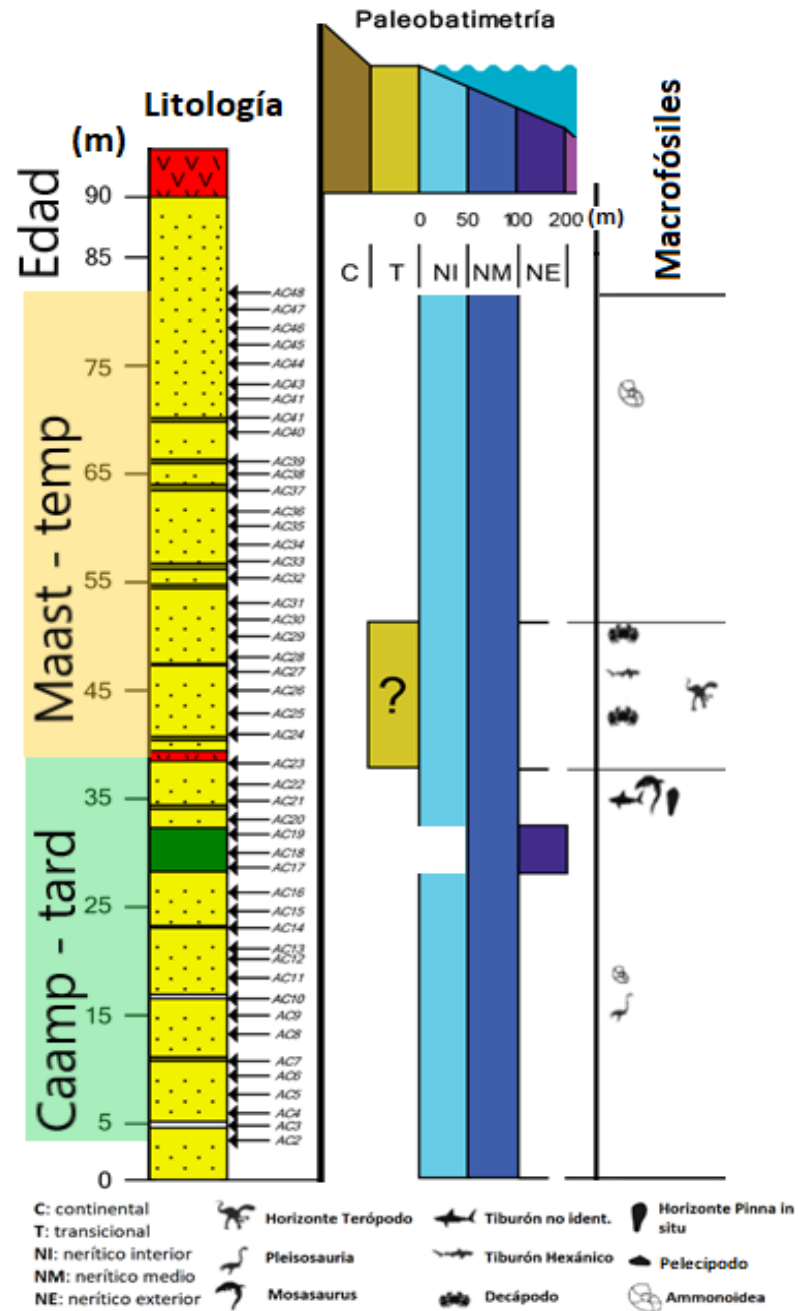
Puesto que se determinó la edad de los estratos, es posible relacionar las señales de la sección de The Naze con datos regionales. En esta sección se presenta la discusión sobre la evolución paleobatimétrica de la sección The Naze, así como las evidencias de los dinoflagelados del presente estudio y los palinomorfos continentales de estudios previos en la interpretación de las condiciones paleoclimáticas regionales y paleoecológicas del grupo.

### 4.1 Evolución Paleobatimétrica

En este apartado, se presenta la propuesta de una evolución batimétrica por consenso de datos litológicos y paleontológicos. El consenso de estos datos indica que la paleobatimetría tuvo pocos cambios y se mantuvo casi constante en ambientes neríticos de interno a medio. Aunque en un segmento varió a nerítico externo y en otro probablemente a transicional.

El segmento lutítico entre aproximadamente 28 y 32 m por encima de la base, se interpreta como facies de nerítico medio a externo, caracterizado por recibir sedimentos por debajo del nivel medio de oleaje (~20 m) y de carácter hemipelágico (Fuechtbauer and Mueller, 1970), es decir, mezcla de material terrígeno desde limo y arcillas hasta arenas muy finas, con material pelágico biogénico.

En el intervalo entre aproximadamente 39 y 51 m por encima de la base, se ha reportado la presencia de dinosaurios terópodos y crustáceos decápodos, que sugieren un ambiente de sedimentación más somero, pero del que no se tienen más evidencias. Los detalles de tales hallazgos son simples en la ubicación mencionada, por lo cual la paleobatimetría planteada en el presente estudio y que considera toda la información previa, incluye una interrogante en dicho intervalo (Figura 8).



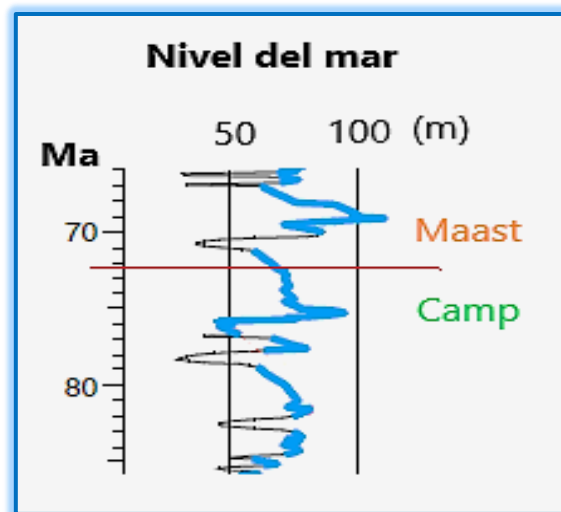
**Figura 8. Paleobatimetría de consenso.** Columna sedimentaria del miembro Cape Lamb, The Naze, Antártica. Litología y macrofósiles tomados de di Pascuo and Martin (2013).

La aparición del dinosaurio terrestre a nivel de la muestra AC26 (horizonte terópodo, Figura 10) sugiere la proximidad a una costa, aun si su conservación deficiente podría sugerir un transporte prolongado. El carácter hemipelágico de los sedimentos y la predominancia de dinoflagelados en los conjuntos palinológicos indican sedimentación en ambientes marinos, tal como lo proponen di Pascuo and

Martin (2013). Además, se ha reportado la acritarca *Michrystidium pilosum* característica de facies neríticas internas (Duane, 1996). Este y otros microfósiles también se observaron en el presente estudio, pero no se contabilizaron.

La mayoría de los registros de  $\delta^{18}\text{O}$  indican que hubo un enfriamiento a lo largo del final del Campaniano tardío y principios del Maastrichtiano temprano en aguas superficiales e intermedias en las altas latitudes, estos episodios pueden correlacionarse con curvas eustáticas del nivel del mar, lo que sugiere que el nivel del mar es el mecanismo más probable para cambiar la circulación y/o fuente de aguas intermedias profundas (Barrera and Savin, 1999).

La paleobatimetría presentada por Miller et al (2008), y ajustada al límite de edad entre Campaniano y Maastrichtiano más reciente (Figura 9), estimado mediante eventos de isótopos de carbono y bioestratigrafía de plancton calcáreo (Thibault et al, 2012), se ajusta a profundidades que abarcan principalmente al nerítico interior y nerítico medio, esta curva presentada por Miller y colaboradores es el resultado de la interpretación y ajustes de diferentes reconstrucciones del nivel del mar basados en el análisis de secciones alrededor del mundo (Miller et al., 2005; Watts and Steckler, 1979; Sahagian et al., 1996; Kominz, 1995; Levy and Christie-Blick, 1991; Bond, 1979). Con fundamento en estos antecedentes y las características litológicas presentadas en la columna sedimentaria, la paleobatimetría del afloramiento de la Formación Snow Hill Island, miembro Cape Lamb, en The Naze no alcanzaría más allá del nerítico externo y tampoco un registro probable antes del nerítico interno.



**Figura 9. Paleobatimetría global del límite Campaniano – Maastrichtiano (Modificado de Miller et al., 2008).** La curva representa la oscilación del nivel del mar, segmentos azules con tendencia a mayor profundidad. Ma = millones de años; Maast = Maastrichtiano; Camp = Campaniano; m = metros.

## 4.2 Paleoecología - Paleoclimatología

En todas las muestras, la abundancia relativa de los Aut (53.85%) es ligeramente mayor a la de los Het (46.15%), pero sin grandes cambios. Esto indica en términos generales una relativa estabilidad paleoecológica durante la deposición de la columna sedimentaria. Debido a su mayor abundancia, las curvas de Aut tienen un comportamiento muy similar a la curva de los DinTot, con la cual tienen una correlación muy alta ( $r=0.9828$ ,  $p=0.00$ , Tabla 2).

**Tabla 2. Correlación de Pearson entre los grupos tróficos de dinoflagelados.**

	HET	AUT	TOT	HET/HET+AUT
HET	1.0000 P=-----			
AUT	.1252 P=.402	1.0000 P=-----		
TOT	.3062 P=.036	<b>.9828</b> <b>P=0.00</b>	1.0000 P=-----	
HET/HET+AUT	.2806 P=.056	-.4981 P=.000	-.4257 P=.003	1.0000 P=-----

Las concentraciones de quistes por gramo de sedimento permiten comparar con valores de productividad recientes. Por ejemplo, la alta productividad primaria en la Cuenca de Guaymas, en el centro del Golfo de California, se refleja en concentraciones de hasta 31,000 qst/ g sed, mientras que en el norte del Golfo de California se han registrado concentraciones que oscilan entre  $\sim 4,500$  y  $\sim 17,000$  qst/ g sed (Pospelova et al., 2008). Mientras que, en el sur de este mismo golfo, en La Paz, las concentraciones oscilan entre  $\sim 200$  y 27,000 qst/ g sed (Limoges et al., 2010). Estas concentraciones del Golfo se encuentran en el mismo orden de magnitud que otras zonas de alta productividad y surgencia como África Occidental  $\sim 130 - \sim 65,600$  qst/ g sed (Bouimetarhan et al., 2009), el margen continental chileno  $\sim 525 - \sim 100,750$  qst/ g sed (Verleye and Louwye, 2010) y el Pacífico Nordeste  $\sim 100 - 35,000$  qst/g sed (Pospelova et al., 2008).

Una comparación entre los valores de concentración hallados en el presente estudio y estudios de sedimentos recientes (Tabla 3) permite clasificar a la cuenca James Ross como una cuenca de productividad alta, en donde además dominan los dinoflagelados autótrofos, registrándose así un comportamiento diferente al de los estudios de cuencas con sedimentos recientes en donde los heterótrofos son los más significativos. Surge la hipótesis de que las condiciones oceanográficas y biológicas eran diferentes durante esa etapa del Cretácico Tardío.



**Tabla 3. Datos de concentraciones de las cuencas San Lázaro, Pescadero, Magdalena con sedimentos recientes y The Naze, Antártica.** Datos de C. San Lázaro tomados de: Serrano Mejía (2016) y Pérez Rodríguez (2016); de C. Magdalena: Castañeda Quezada (2016); de C. Pescadero: Price (2013); de The Naze: este estudio. Prom = promedio; Max = máximo; Min = mínimo. Los intervalos numéricos indican la datación en años calendario de los periodos de acumulación de las cuencas estudiadas. Concentración = qst/ g sed

CUENCA (FECHAS)	PARÁMETRO DINOS				
		TOT	HET	AUT	HET/HET+AUT
SanLazaro (1965-2009)	Prom	1559.6	1488.5	71.1	1.0
	Max	11034.9	10345.2	689.7	0.9
	Min	52.6	35.9	4.9	0.9
Magdalena (1908-2008)	Prom	200.7	168.9	31.8	0.8
	Max	968.0	877.0	163.0	1.0
	Min	1.0	0.0	0.0	0.0
Pescadero (1905-1995)	Prom	1105.9	812.4	293.5	0.7
	Max	4046.7	3275.9	770.8	0.9
	Min	55.6	33.0	18.3	0.5
The Naze (~76 - ~70 Ma)	Prom	1508.9	616.6	892.3	0.5
	Max	4046.7	2527.6	16835.0	0.9
	Min	55.6	92.6	58.2	0.0

Como se mencionó anteriormente, en el presente estudio, los grupos con mayor riqueza (Het) de especies y géneros no representan los grupos con mayor abundancia (Aut) en las muestras estudiadas. Este patrón de abundancia relativa de las especies en los ecosistemas es común (MacArthur, 1957). De acuerdo con datos de biomarcadores y el registro fósil de frústulos de diatomeas, estas fueron un componente menor en los océanos hasta fines del Eoceno, de 35 a 40 Ma (Cermeño, 2016). Entonces, una posible explicación del comportamiento de los conjuntos de dinos en The Naze, sería que los Aut tomaban el papel que actualmente tienen las diatomeas, como principales productores primarios. La ausencia de cementante silíceo en las muestras apoya esta posible explicación. Es muy probable que, cuando menos en The Naze, los autótrofos “Canningionideos” y “Cribroperidiniodeos” tomaran el papel de las diatomeas en la cadena trófica.

El aumento de Aut se observa en la muestra AC26, sugiriendo que en ese momento la cuenca recibió un aporte extraordinario de terrígenos. Después, la muestra AC28 presenta un aumento considerable de Het, sugiriendo condiciones de surgencia más intensas. Una posible explicación sería un evento cálido y húmedo durante la deposición de AC26, seguido de un enfriamiento que promovió o incrementó las condiciones de surgencia durante la sedimentación de AC28. Las curvas de isótopos de

$\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  en foraminíferos planctónicos del sitio 690 del Ocean Drilling Program (ODP) apoyan esta explicación (Friedrich et al., 2009; Koch and Friedrich, 2012). La localidad 690 es adyacente al continente Antártico y contiene sedimentos del Cretácico Superior que incluyen, el límite Campaniense / Maastrichtiense, como el propuesto en The Naze en el presente estudio. Las curvas presentadas por Friedrich y colaboradores indican un ligero descenso del  $\delta^{18}\text{O}$  (evento cálido; Barrera and Savin, 1999) y un puntual aumento del  $\delta^{13}\text{C}$  (aumento de la productividad; Rozanski y Gonfiantini, 1990), justo por encima del límite Camp/Maa, según la actual carta cronoestratigráfica internacional 2015, en 72.1 Ma; se correlaciona con la relación Het/Het+Aut, el índice de diversidad H y los dinoflagelados totales, haciendo coincidir el límite propuesto en la columna con la edad antes señalada, siendo este el único punto referencial a escala para el análisis entre estos gráficos (Figura 10).

Los dos intervalos en donde las especies heterótrofas predominan son coincidentes con una mayor diversidad (AC2-AC23 y AC27-AC32). Según algunos autores, (Hutchinson, 1959) la diversidad y la correspondiente estabilidad del ecosistema dependen de factores biológicos y ambientales. La estabilidad puede variar entonces, entre otras causas, debido a un cambio en algunos de los componentes climáticos como la temperatura superficial del mar (TSM), la dirección y velocidad del viento y la concentración de nutrientes (Nutr). De acuerdo a este análisis la diversidad de los Het se observa en los intervalos con mayor estabilidad del ecosistema y probablemente responden a incrementos de los nutrientes en el sistema.

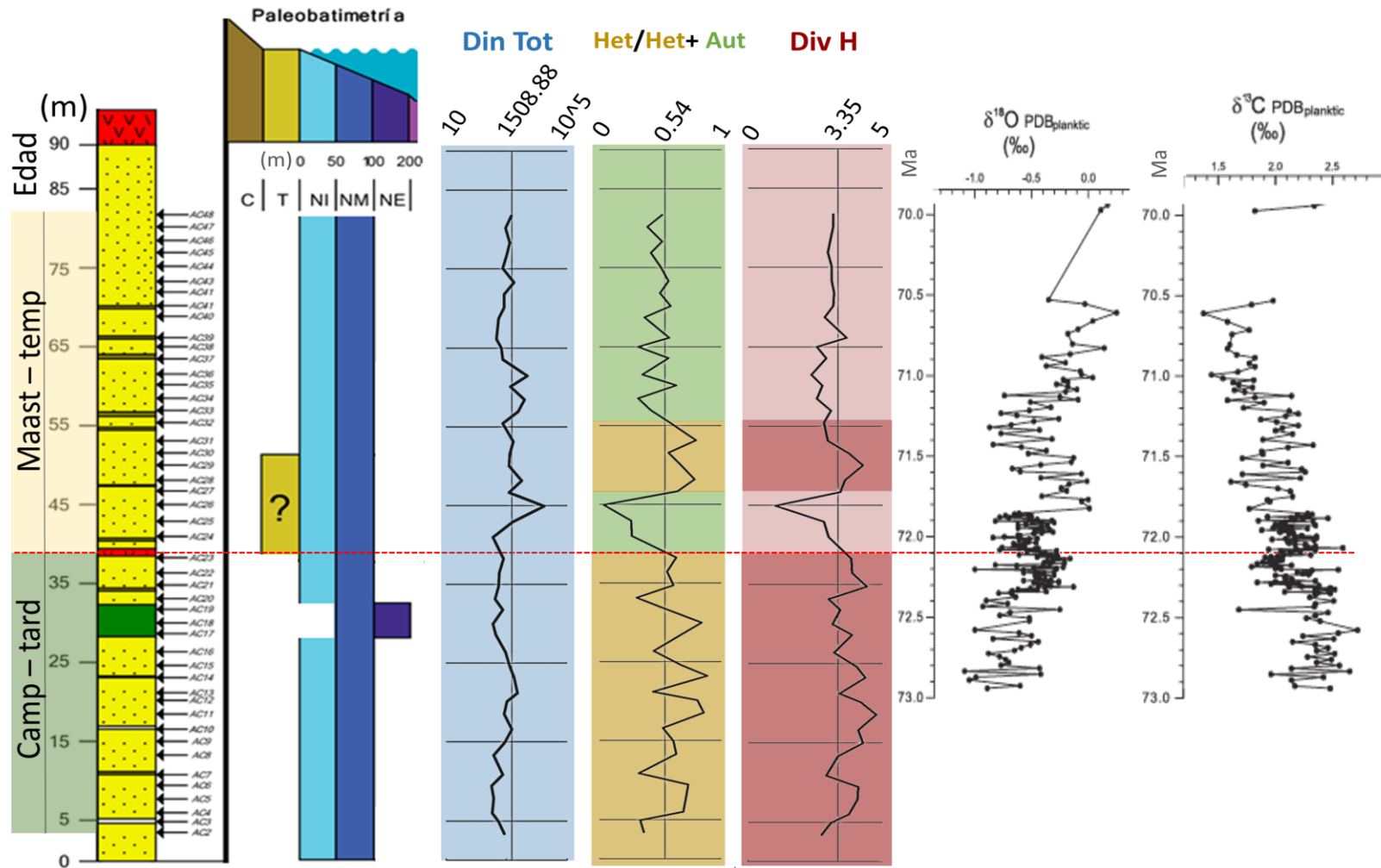


Figura 10. Curvas de isótopos de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  (modificadas de Friedrich et al., 2009), concentración total de dinos, relación Het/Aut, índice de diversidad de Shannon, propuesta paleobatimétrica y litología de la columna sedimentaria de The Naze, Antártica. Din Tot = qst / g sed; relación Het/Aut y Div H = adimensional; la línea roja segmentada ubica el límite entre el Camp tard /Maast tem.

En la muestra AC26 es evidente una proliferación de *C. muderongense*, que ya se observa incipientemente en las muestras AC24 y AC25. La proporción alcanzada en la AC26 supera por mucho al resto de las concentraciones registradas de esta misma especie y al resto de especies observadas en esa muestra y a lo largo de toda la columna. Este intervalo (AC23-AC27) es de baja diversidad, por lo tanto, se considera un intervalo de menor estabilidad en el ecosistema, aunque ofrecía las condiciones favorables para que *C. muderongense* proliferara sin mayores dificultades. Sin embargo, aunque no son del todo claras cuáles fueron esas condiciones. Considerando que *C. muderongense* es Aut, es probable que su proliferación se haya debido a un aumento de Nutr por influjo terrígeno y probablemente también un aumento de TSM, como lo sugiere el descenso puntual del  $\delta^{18}\text{O}$ .

Un segundo intervalo de comportamiento relativamente similar, pero con una tendencia más estable (curva cercana a la media) ocurre a partir de la muestra AC32 y se extiende hasta el tope del afloramiento, fluctuaciones paleo-climáticas constantes, pero medianamente significativas se pueden inferir a partir de dicho comportamiento. La correlación de Pearson entre el índice de diversidad H y la relación Het/Het+Aut es alta (0.74) y significativa, indicando una dependencia entre las dos variables.

Por otra parte, se observa la presencia del grupo Fusca (*Nothofagidites saraensis*) el cual indica condiciones de humedad efectiva moderada y clima templado (Barreda, 1997) asociado a zonas libres de hielo (Haller, 2002). Estas condiciones apoyan la hipótesis de clima fresco templado, libre de heladas, para el área de estudio en la edad asignada aquí (Dettmann, 1986, 1989, 1992; Askin, 1990a, 1990b; Crame, 1992; Hill and Scriven, 1995). La idea es apoyada por el provincialismo del género *Chatangiella*, que en el presente estudio es observada desde la base hasta justo antes del límite Camp / Maas (Anexo 2). Este género ha sido reportado en el Cretácico, incluso en el sureste de Brasil (Arai y Lana, 2000) asociándose a aguas con temperaturas relativamente templadas. En contraste, el género *Manumiella*, que aparece a lo largo de toda la columna, pero predomina en la parte superior al límite, es decir, al inicio del Maastrichtiano, es un género propio de latitudes altas (Askin, 1999), por ende, asociado a aguas con menor temperatura. Estos cambios en la distribución estratigráfica de estos géneros, indican que hubo un enfriamiento, pero no hay evidencias de un proceso de glaciación in situ o en la cercanía de The Naze. Condiciones glaciares impedirían que tanto *Chatangiella*, como el grupo Fusca estuvieran en el registro estratigráfico. La tendencia general de la curva de  $\delta^{18}\text{O}$  (Figura 10) apoya esta interpretación, ya que tiende a disminuir hacia la parte más joven de la columna, lo cual implica un enfriamiento.

## Capítulo 5. Conclusiones

---

Los sedimentos del Miembro Cape Lamb, de la Formación Snow Hill Island en The Naze se depositaron en un periodo que va desde el inicio del Campaniano tardío (~76 Ma) hasta fines del Maastrichtiano temprano (~70 Ma). Los dinoflagelados contenidos en la sección permiten establecer que el límite Campaniano/Maastrichtiano se ubica entre las muestras AC23 y AC24 de la sección de estudio, es decir, aproximadamente a los 40 m de la base del afloramiento.

La homogeneidad litológica a lo largo de la columna, su contenido paleontológico y la comparación con secciones correlativas regionales permiten asignar paleoambientes neríticos con profundidades menores a 100 m, a la mayor parte de la columna en The Naze.

La presencia conjunta a lo largo de toda la columna sedimentaria de angiospermas del grupo *Fusca* (*Nothofagidites Sarensis*), el registro del género *Chatangiella*, principalmente en el segmento de la sección asignada al Campaniano tardío, indican que el paleoclima predominante durante la etapa de depositación de los sedimentos de la sección de estudio era fresco templado, libre de heladas. Esta interpretación también se apoya en los valores de isótopos de  $\delta^{18}\text{O}$  del sitio cercano ODP 690, en estratos contemporáneos.

Las características y cambios en el contenido de los dinoflagelados de la cuenca James Ross responden a variaciones climáticas particulares. La composición taxonómica de los conjuntos de dinoflagelados en The Naze, indica que del Campaniano tardío al Maastrichtiano temprano, los dinoflagelados autótrofos fueron predominantes, probablemente debido a que no contaban con competencia por parte de las diatomeas.

## Literatura citada

---

- Alberti, G., 1959. Zur Kenntnis der Gattung *Deflandrea* Eisenack (Dinoflag.) in der Kreide und im Alttertiär Nord-und Mitteldeutschlands. Mitteilungen aus dem Geologischen Staatsinstitut in Hamburg, 28(9), 3-105.
- Amenábar, C. R., Caramés, A., Lescano, M., and Concheyro, A., 2014. Palinología y micropaleontología del Cretácico de la Cuenca James Ross, Antártida. Estado actual del conocimiento. Boletín Geológico Minero, 125(1), 1-26
- Andersson, J. G., 1906. Solifluction, a component of subaerial denudation. The Journal of Geology, 14(2), 91-112.
- Arai, M., Neto, J. B., Lana, C. C., and Pedrão, E., 2000. Cretaceous dinoflagellate provincialism in Brazilian marginal basins. Cretaceous Research, 21(2-3), 351-366.
- Askin, R. A., 1988. Campanian to Paleocene palynological succession of Seymour and adjacent islands, northeastern Antarctic Peninsula. Geological Society of America Memoirs, 169, 131-154.
- Askin, R. A., 1990a. Campanian to Paleocene spore and pollen assemblages of Seymour Island, Antarctica. Review of Palaeobotany and Palynology, 65(1-4), 105-113.
- Askin, R. A., 1990b. Cryptogam spores from the upper Campanian and Maastrichtian of Seymour Island, Antarctica. Micropaleontology, 141-156.
- Askin, R. A., 1999. *Manumiella seymourensis* new species, a stratigraphically significant dinoflagellate cyst from the Maastrichtian of Seymour Island, Antarctica. Journal of Paleontology, 73(3), 373-379.
- Banda-Bermudez, L., 2002. Dinoflagelados y paleoclimatología de sedimentos marinos laminados en la parte sur del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, B.C. 88 pp.
- Barreda, V. D., 1997. Palinoestratigrafía de la Formación San Julián en el área de Playa La Mina (provincia de Santa Cruz), Oligoceno de la cuenca austral. Ameghiniana, 34(3), 283-294.
- Barrera, E., and Savin, S. M., 1999. Evolution of late Campanian-Maastrichtian marine climates and oceans. Special Papers-Geological Society of America, 245-282.
- Below, R., 1981. Dinoflagellaten-Zysten aus dem oberen Hauterive bis unteren Cenoman Süd-West-Marokkos. Palaeontographica Abteilung B, 1-145.
- Benninghoff, W. S., 1962. Calculation of pollen and spore density in sediments by addition of exotic pollen in known quantities.

- Bibby, J. S., 1966. The stratigraphy of part of north-east Graham Land and the James Ross Island group (Vol. 53). British Antarctic Survey.
- Bolch, C. J., and Hallegraeff, G. M., 1990. Dinoflagellate cysts in recent marine sediments from Tasmania, Australia. *Botánica Marina* 33(2)173-192
- Bond, G. C., 1979. Evidence for some uplifts of large magnitude in continental platforms. *Tectonophysics*, 61(1-3), 285-305.
- Bouimetarhan, I., Dupont, L., Schefuß, E., Mollenhauer, G., Mulitza, S., and Zonneveld, K., 2009. Palynological evidence for climatic and oceanic variability off NW Africa during the late Holocene. *Quaternary Research*, 72(2), 188-197.
- Bowman, V. C., Francis, J. E., Riding, J. B., Hunter, S. J., and Haywood, A. M., 2012. A latest Cretaceous to earliest Paleogene dinoflagellate cyst zonation from Antarctica, and implications for phytoprovincialism in the high southern latitudes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 171, 40-56.
- Bowman, V. C., Riding, J. B., Francis, J. E., Crame, J. A., and Hannah, M. J., 2013. The taxonomy and palaeobiogeography of small chorate dinoflagellate cysts from the Late Cretaceous to Quaternary of Antarctica. *Palynology*, 37(1), 151-169.
- Bowman, V. C., Francis, J. E., Askin, R. A., Riding, J. B., and Swindles, G. T., 2014. Latest Cretaceous–earliest Paleogene vegetation and climate change at the high southern latitudes: palynological evidence from Seymour Island, Antarctic Peninsula. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 408, 26-47.
- Bowman, V., Ineson, J., Riding, J., Crame, J., Francis, J., Condon, D., and Ferraccioli, F., 2015. The Paleocene of Antarctica: Dinoflagellate cyst biostratigraphy, chronostratigraphy and implications for the palaeo-Pacific margin of Gondwana. *Gondwana Research*, 38, 132-148.
- Bringué, M., Pospelova, V. and Pak, D., 2013. Seasonal production of organic-walled dinoflagellate cysts in an upwelling system: A sediment trap study from the Santa Barbara Basin, California. *Marine Micropaleontology*, 100, 34-51.
- Brinkhuis, H., 1994. Late Eocene to Early Oligocene dinoflagellate cysts from the Priabonian type-area (Northeast Italy): biostratigraphy and paleoenvironmental interpretation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 107(1), 121-163.
- Bujak, J. P., and Davies, E. H., 1983. Modern and fossil Peridiniineae (No. 13). American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation. Universidad de California, 202 pp.
- Bujak, J. P., and Williams, G. L., 1985. Mesozoic and Cenozoic dinoflagellates. *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, 847-965.

- Carrillo-Berumen, R., Quattrocchio, M. E., and Helenes, J., 2013. Palinomorfos continentales del Paleógeno de las formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca, Punta Prat, Región de Magallanes, Chile. *Andean geology*, 40(3), 539-560.
- Castañeda Quezada, J.R., 2016. 100 años de Dinoflagelados y cambios Paleocenoográficos en Cuenca Magdalena, Baja California Sur. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 77 pp.
- Cermeño, P., 2016. The geological story of marine diatoms and the last generation of fossil fuels. *Perspectives in Phycology*, 53-60.
- Clarke, L. J., and Jenkyns, H. C., 1999. New oxygen isotope evidence for long-term Cretaceous climatic change in the Southern Hemisphere. *Geology*, 27(8), 699-702.
- Cookson, I. C., and Eisenack, A., 1958. Microplankton from Australian and New Guinea Upper Mesozoic sediments. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 70(1), 19-79.
- Cookson, I. C., and Eisenack, A., 1960. Microplankton from Australian Cretaceous sediments. *Micropaleontology*, 1-18.
- Cookson, I. C., and Eisenack, A. L. F. R. E. D., 1961a. Tertiary microplankton from the Rottneest Island Bore, Western Australia. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 44(2), 39-47.
- Cookson, I. C., and Eisenack, A., 1962b. Additional microplankton from Australian Cretaceous sediments. *Micropaleontology*, 485-507.
- Cookson, I. C., Eisenack, A., and Ingram, B. S., 1970a. Cretaceous microplankton from the Eucla Basin, Western Australia. *NZJ Sci.*
- Cookson, I. C., and Eisenack, A., 1974. Mikroplankton aus australischen mesozoischen und tertiären Sedimenten. *Palaeontographica Abteilung B*, 44-93.
- Cookson, I. C., and Hughes, N. F., 1964. Microplankton from the Cambridge Greensand (mid-Cretaceous). *Palaeontology*, 7, 37-59.
- Cookson, I. C., and Manum, S. B., 1964. On *Deflandrea victoriensis* n. sp., *D. tripartita* Cookson and Eisenack, and related species. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 77(2), 521-523.
- Cookson, I. C., 1956. Additional Microplankton from Australian Late Mesozoic and Tertiary Sediments. *Marine and Freshwater Research*, 7(1), 183-191.
- Cookson, I. C., 1965b. Cretaceous and Tertiary microplankton from south-eastern Australia. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 78(1), 85-93.



- Crame, J. A., 1992. Late Cretaceous palaeoenvironments and biotas: an Antarctic perspective. *Antarctic Science*, 4(4), 371-382.
- Cranwell, L. M., 1966. Hystrichospheres as an aid to Antarctic dating, with special reference to the recovery of *Cordosphaeridium* in erratics at Mc Murdo Sound; *Grana Palynologica*, 5(3): 397-405.
- Davey, R. J., and Williams, G. L., 1966b. The genus *Hystrichosphaeridium* and its allies. *Studies on Mesozoic and Cainozoic dinoflagellate cysts*, 3, 53-106.
- Davey, R. J., 1969. Non-calcareous microplankton from the Cenomanian of England, northern France and North America. British Museum.
- Davey, R. J., 1982b. Dinocyst stratigraphy of the latest Jurassic to Early Cretaceous of the Haldager No. 1 borehole, Denmark (No. 6). I kommission hos CA Reitzels Forlag.
- Vernal, A. D., Henry, M., Matthiessen, J., Mudie, P. J., Rochon, A., Boessenkool, K. P., ... and Harland, R., 2001. Dinoflagellate cyst assemblages as tracers of sea-surface conditions in the northern North Atlantic, Arctic and sub-Arctic seas: The new 'n= 677' data base and its application for quantitative palaeoceanographic reconstruction. *Journal of Quaternary Science*, 16(7), 681-698.
- De Vernal, A., Rochon, A., Turon, J. L., and Matthiessen, J., 1998. Organic-walled dinoflagellate cysts: palynological tracers of sea-surface conditions in middle to high latitude marine environments. *Oceanographic Literature Review*, 9(45), 1549.
- Deflandre, G., and Cookson, I. C., 1955. Fossil microplankton from Australian late Mesozoic and Tertiary sediments. *Marine and Freshwater Research*, 6(2), 242-314.
- Deflandre, G., 1937b. Microfossiles des Silex crétacés. 2. Flagellés incertae sedis, *Hystrichosphaeridés*, *Sarcodinés*. *Organismes divers*. Masson.
- del Valle, R. A., Fourcade, N. H., and Medina, F. A., 1982. The stratigraphy of Cape Lamb and The Naze, Vega and James Ross islands, Antarctica. *Antarctic geoscience*, 275-280.
- Dettmann, M. E., 1986. Early Cretaceous palynoflora of subsurface strata correlative with the Koonwarra Fossil Bed, Victoria. *Memoir of the Association of Australasian Palaeontologists*, 3, 79-110.
- Dettmann, M. E., 1989. Antarctica: Cretaceous cradle of austral temperate rainforests?. *Geological Society, London, Special Publications*, 47(1), 89-105.
- Dettmann, M. E., 1990. *Nothofagidites Erdtman Ex Potonie, 1960*. New Zealand Geology Survey.
- Dettmann, M. E., Molnar, R. E., Douglas, J. G., Burger, D., Fielding, C., Clifford, H. T., ... and Rich, P. V., 1992. Australian Cretaceous terrestrial faunas and floras: biostratigraphic and biogeographic implications. *Cretaceous Research*, 13(3), 207-262.

- di Pasquo, M., and Martin, J. E., 2013. Palynoassemblages associated with a theropod dinosaur from the Snow Hill Island formation (lower Maastrichtian) at the Naze, James Ross Island, Antarctica. *Cretaceous Research*, 45, 135-154.
- Drugg, W. S., and Stover, L. E., 1975. Stratigraphic range charts—selected Cenozoic dinoflagellates. *American Association of Stratigraphic Palynologists Contribution Series*, 4, 73-76.
- Duane, A. M., 1996. Palynology of the Byers Group (Late Jurassic-Early Cretaceous) of Livingston and Snow islands, Antarctic Peninsula: its biostratigraphical and palaeoenvironmental significance. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 91(1), 241-281.
- Duque Herrera, A. F., 2015. Bioestratigrafía del Neógeno a partir de dinoflagelados en el NW de Suramérica, Pacífico colombiano. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 85 pp.
- Edet, J. J., and Nyong, E. E., 1993. Depositional environments, sea-level history and palaeobiogeography of the late Campanian-Maastrichtian on the Calabar flank, SE Nigeria. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 102(1-2), 161-175.
- Edwards, L. E., and Andrieu, V. A. S., 1992. Distribution of selected dinoflagellate cysts in modern marine sediments. *Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts and acritarchs*, 259-288.
- Ehrenberg, C.G., 1838. *Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen. Ein Blick in das tiefere organische Leben der Natur*. Leipzig, Leopold Voss, xvii+547 p., 64 pl.
- Evitt, W. R., 1985. Sporopollenin dinoflagellate cysts: their morphology and interpretation. *Micropaleontology*, Vol. 32, No. 3 (1986), pp. 282-285. Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/pdf/1485622.pdf>
- Fensome, R. A., 1993. A classification of living and fossil dinoflagellates. *Micropaleontol. Spec. Public.*, 7, 351.
- Fensome, R.A., Riding, J.B. & Taylor, F.J.R. 1996. Chapter 6. Dinoflagellates; in: Jansonius and McGregor (eds.) *Palynology Principles and applications*. AASP Foundation
- Fensome, R. A., Williams, G. L., and MacRae, R. A., 2009. Late Cretaceous and Cenozoic fossil dinoflagellates and other palynomorphs from the Scotian Margin, offshore eastern Canada. *Journal of Systematic Palaeontology*, 7(1), 1-79.
- Figueroa, R. I., and Bravo, I., 2005. Sexual reproduction and two different encystment strategies of *Lingulodinium polyedrum* (Dinophyceae) in culture. *Journal of Phycology*, 41(2), 370-379.
- Flores-Trujillo, J. G., Helenes, J., Herguera, J. C., and Orellana-Cepeda, E., 2009. Palynological record (1483–1994) of *Gymnodinium catenatum* in Pescadero Basin, southern Gulf of California, Mexico. *Marine Micropaleontology*, 73(1), 80-89.

- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Bernsten, T., Betts, R., Fahey, D. W., and Nganga, J., 2007. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Chapter 2. In *Climate Change 2007. The Physical Science Basis*.
- Friedrich, O., Herrle, J. O., Wilson, P. A., Cooper, M. J., Erbacher, J., and Hemleben, C., 2009. Early Maastrichtian carbon cycle perturbation and cooling event: Implications from the South Atlantic Ocean. *Paleoceanography*, 24(2).
- Friedrich, O., Norris, R. D., and Erbacher, J., 2012. Evolution of middle to Late Cretaceous oceans 55 my record of Earth's temperature and carbon cycle. *Geology*, 40(2), 107-110.
- Füchtbauer, H., and Müller, G., 1970. *Sedimente und Sedimentgesteine. Sediment-Petrologie Teil II.*-726 S., 326 Abb., 66 Tab.
- Gleissman, S. R., 1997. *Agroecology: Ecological Processes in Agriculture*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Godhe, A., Norén, F., Kuylenstierna, M., Ekberg, C., and Karlson, B., 2001. Relationship between planktonic dinoflagellate abundance, cysts recovered in sediment traps and environmental factors in the Gullmar Fjord, Sweden. *Journal of Plankton Research*, 23(9), 923-938.
- Gómez, Fernando., 2005. A list of free-living dinoflagellate species in the world's oceans. *Acta Botanica Croatica*, 64(1), 129-212.
- Górka, H., 1963. Coccolithophoridés, dinoflagellés, hystrichosphaeridés et microfossiles incertae sedis du Crétacé supérieur de Pologne. *Acta Palaeontologica Polonica*, 8(1).
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M., and Ogg, G. (Eds.), 2012. *The geologic time scale 2012*. Elsevier.
- Griem, W., 2016. El mar, los océanos. Recuperado el 01 de Agosto de 2017, de: <http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap05c.htm>
- Hall, S. A., 1981. Deteriorated pollen grains and the interpretation of Quaternary pollen diagrams. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 32(2), 193-206.
- Haller, M. J., 2002. *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz*. In *Relatorio del 15 Congreso Geológico Argentino, El Calafate* (pp. 1-925).
- Haq, B. U., Hardenbol, J., and Vail, P. R., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. *Sea-Level Changes—An Integrated Approach*, SEPM Special Publication No. 42 The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. 71-108 pp.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M. B., Jacquin, T., De Graciansky, P. C., and Vail, P. R., 1998. Appendix To: Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Framework of European Basins. *Special Publication-SEPM*, 60, 763-781.

- Harland, R., 1973. Dinoflagellate cysts and acritarchs from the Bearpaw Formation (Upper Campanian) of southern Alberta, Canada. *Palaeontology*, 16(pt 4), 665-706.
- Harwood, D. M., 1988. Upper Cretaceous and lower Paleocene diatom and silicoflagellate biostratigraphy of Seymour Island, eastern Antarctic Peninsula. *Geological Society of America Memoirs*, 169, 55-130.
- Hathway, B., 2000. Continental rift to back-arc basin: Jurassic–Cretaceous stratigraphical and structural evolution of the Larsen Basin, Antarctic Peninsula. *Journal of the Geological Society*, 157(2), 417-432.
- Head, M. J., 1996. Modern dinoflagellate cysts and their biological affinities. *Palynology: principles and applications*, 3, 1197-1248.
- Helby, R., Morgan, R., and Partridge, A. D., 1987. A palynological zonation of the Australian Mesozoic. *Memoir of the Association of Australasian Palaeontologists*, 4, 1-94.
- Helenes, J., and Cabrera, D., 2003. Oligocene-miocene palynomorph assemblages from eastern Venezuela. *Palynology*, 27(1), 5-25.
- Hill, R. S., and Scriven, L. J., 1995. The angiosperm-dominated woody vegetation of Antarctica: a review. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 86(3-4), 175-198.
- Hutchinson, G. E., 1959. Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals?. *The American Naturalist*, 93(870), 145-159.
- Ineson, J. R., Crame, J. A., and Thomson, M. R. A., 1986. Lithostratigraphy of the Cretaceous strata of west James Ross Island, Antarctica. *Cretaceous Research*, 7(2), 141-159.
- Koch, M. C., and Friedrich, O., 2012. Campanian-Maastrichtian intermediate-to deep-water changes in the high latitudes: Benthic foraminiferal evidence. *Paleoceanography*, 27(2).
- Kominz, M., 1995. Thermally subsiding basins and the insulating effect of sediment with application to the Cambro-Ordovician Great Basin sequence, western USA. *Basin Research*, 7(3), 221-233.
- Kominz, M. A., Browning, J. V., Miller, K. G., Sugarman, P. J., Mizintseva, S., and Scotese, C. R., 2008. Late Cretaceous to Miocene sea-level estimates from the New Jersey and Delaware coastal plain coreholes: An error analysis. *Basin Research*, 20(2), 211-226.
- Lange, D., 1969. Mikroplankton aus dem Fischton von Stevns-Klint auf Seeland. *Beiträge zur Meereskunde*, no.24-25, p.110-121, pl.1-3.
- Lentin, J.K. and Williams, G.L., 1973. Fossil dinoflagellates: index to genera and species. Geological Survey of Canada, Paper, no.73-42, 176 p.

- Lentin, J.K. and Williams, G.L., 1976. A monograph of fossil peridinioid dinoflagellate cysts. Bedford Institute of Oceanography, Report Series, no.BI-R-75-16, 237 p. [Cover date 1975, issue date 1976]
- Lentin, J. K., and Williams, G. L., 1977. Taxonomic Note: Fossil dinoflagellate genus *isabelidinium* nom. nov.
- Lentin, J.K. and Williams, G.L., 1981. Fossil dinoflagellates: index to genera and species, 1981 edition. Bedford Institute of Oceanography, Report Series, no.BI-R-81-12, 345 p.
- Lentin, J.K. and Williams, G.L., 1985. Fossil dinoflagellates: index to genera and species, 1985 edition. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences, no.60, 451 p.
- Levy, M., and Christie-Blick, N., 1991. Tectonic subsidence of the early Paleozoic passive continental margin in eastern California and southern Nevada. *Geological Society of America Bulletin*, 103(12), 1590-1606.
- Limoges, A., Kieft, J. F., Radi, T., Ruíz-Fernandez, A. C., and de Vernal, A., 2010. Dinoflagellate cyst distribution in surface sediments along the south-western Mexican coast (14.76 N to 24.75 N). *Marine Micropaleontology*, 76(3), 104-123.
- MacArthur, R. H., 1957. On the relative abundance of bird species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 43(3), 293-295.
- Macellari, C. E., 1988. Stratigraphy, sedimentology, and paleoecology of Upper Cretaceous/Paleocene shelf-deltaic sediments of Seymour Island. *Geological Society of America Memoirs*, 169, 25-54.
- Maher, L. J., 1981. Statistics for microfossil concentration measurements employing samples spiked with marker grains. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 32(2-3), 153-191.
- Malloy, R. E., 1972. An upper cretaceous dinoflagellate cyst lineage from Gabon, West Africa. *Geoscience and man*, 4(1), 57-65.
- Mantell, G. A., 1854. The medals of creation or first lessons in geology. Bohn.London. vol. 1 Recuperado de: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.hn5d9g;view=1up;seq=10>
- Manum, S. B., 1963. Some new species of *Deflandrea* and their probable affinity with *Peridinium*. *Norsk Polarinstitut. Norsk Polarinstitut*, 67 pp.
- Marensi, S., Santillana, S., and Bauer, M., 2012. Estratigrafía, petrografía sedimentaria y procedencia de las formaciones Sobral y Cross Valley (Paleoceno), isla Marambio (Seymour), Antártica. *Andean geology*, 39(1), 67-91.
- Margalef, R., 1978. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica acta*, 1(4), 493-509.

- Marret, F., and Zonneveld, K. A., 2003. Atlas of modern organic-walled dinoflagellate cyst distribution. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 125(1), 1-200.
- Marshall, N. G., 1990. Campanian dinoflagellates from southeastern Australia. *Alcheringa*, 14(1), 1-38.
- Martínez-Hernández, E. y Hernández-Campos, H.E., 1991. Distribución de quistes de dinoflagelados y acritarcas en sedimentos holocénicos del Golfo de California. Instituto de Geología, UNAM. *Paleontología Mexicana* 57:133 pp.
- Matthiessen, J., 1995. Distribution patterns of dinoflagellate cysts and other organic-walled microfossils in recent Norwegian-Greenland Sea sediments. *Marine Micropaleontology*, 24(3), 307-334.
- May, F. E., 1980. Dinoflagellate cysts of the Gymnodiniaceae, Peridiniaceae, and Gonyaulacaceae from the Upper Cretaceous Monmouth Group, Atlantic Highlands, New Jersey. *Palaeontographica Abteilung B*, 10-116.
- McIntyre, D. J., 1975. Morphologic changes in *Deflandrea* from a Campanian section, District of Mackenzie, NWT, Canada. *Geoscience and Man*, 11(1), 61-76.
- Medina, F. A., and Buatois, L. A., 1992. Bioestratigrafía del Aptiano–Campaniano (Cretácico superior) en la isla James Ross. *Geología de la isla James Ross*. Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, 7-36.
- Menéndez, C. A., and Caccavari de Filicé, M. A., 1975. Distribucion y frecuencia del polen fosil de *Notofagus* en depositos Cretácicos y Terciarios del norte de Tierra del Fuego, Argentina. *Actas 1st Congr. Argentino Paleontol. Bioestratigr.(Tucuman, 1974)*, 2, 241-256.
- Mertens, K. N., Verhoeven, K., Verleye, T., Louwye, S., Amorim, A., Ribeiro, S., ... and Kodrans-Nsiah, M., 2009. Determining the absolute abundance of dinoflagellate cysts in recent marine sediments: the *Lycopodium* marker-grain method put to the test. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 157(3), 238-252.
- Mertens, K. N., Price, A. M., and Pospelova, V., 2012. Determining the absolute abundance of dinoflagellate cysts in recent marine sediments II: further tests of the *Lycopodium* marker-grain method. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 184, 74-81.
- Miall, A., 1996. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Springer-Verlag, Berlin, 582 p.
- Miller, K. G., Kominz, M. A., Browning, J. V., Wright, J. D., Mountain, G. S., Katz, M. E., ... and Pekar, S. F., 2005. The Phanerozoic record of global sea-level change. *science*, 310(5752), 1293-1298.
- Miller, K. G., Wright, J. D., Katz, M. E., Browning, J. V., Cramer, B. S., Wade, B. S., and Mizintseva, S. F., 2008. A view of Antarctic ice-sheet evolution from sea-level and deep-sea isotope changes during the Late Cretaceous–Cenozoic. *Antarctica: a keystone in a changing world*, 55-70.

- Montes, M., Nozal, F., Santillana, S., Marensi, S., and Olivero, E., 2013. Mapa Geológico de la isla Marambio (Seymour) Escala 1: 20.000. Serie Cartográfica Geocientífica Antártica.
- Morgan, R., 1977. New dinoflagellate zones and a depositional model for the Great Australian Basin. *Quarterly Notes of the Geological Survey of New South Wales*, 28, 10-18.
- Morquecho, L., Alonso-Rodríguez, R., Arreola-Lizárraga, J. A., and Reyes-Salinas, A., 2012. Factors associated with moderate blooms of *Pyrodinium bahamense* in shallow and restricted subtropical lagoons in the Gulf of California. *Botanica Marina*, 55(6), 611-623.
- Mudie, P.J., Harland, R., 1996. Aquatic Quaternary. In: Jansonius, J., McGregor, D.C. (Eds.), *Palynology: Principles and Applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, pp. 843-877.
- Olivero, E., Scasso, R. A., and Rinaldi, C. A., 1986. Revision of the Marambio Group, James Ross Island, Antarctica. *Contribucion/Direccion nacional del instituto antártico Argentino*.
- Olivero, E., Martinioni, D., and Mussel, F., 1992. Sedimentología y biostratigrafía del Cretácico superior del oeste de Cabo Lamb (Isla Vega, Antártida). Implicancias sobre ciclos sedimentarios y evolución de la cuenca. *Geología de la isla James Ross. Publicación Especial del Instituto Antártico Argentino*, 1992, 125-145.
- Olivero, E.B., 2012. Sedimentary cycles, ammonite diversity and palaeoenvironmental changes in the Upper Cretaceous Marambio Group, Antarctica. *Cretaceous Research* 34, 348-366.
- Palafox Silva, L.H., 2013. Búsquedas federadas significativas en repositorios de objetos de aprendizaje. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 80 pp.
- Peña Manjarrez, J. L., Gaxiola Castro, G., Helenes Escamilla, J., and Orellana Cepeda, E., 2001. Quistes de *Lingulodinium polyedrum*, productor de mareas rojas en la Bahía de Todos Santos (invierno-primavera, 2000). *Ciencias Marinas*, 27(4).
- Peña-Manjarrez, J. L., Helenes, J., Gaxiola-Castro, G., and Orellana-Cepeda, E., 2005. Dinoflagellate cysts and bloom events at Todos Santos Bay, Baja California, Mexico, 1999–2000. *Continental Shelf Research*, 25(11), 1375-1393.
- Pérez Rodríguez, J.C., 2016. Registro palinológico en sedimentos laminados de la cuenca San Lázaro, Baja California Sur y su relación con cambios paleoceanográficos y paleoclimáticos de 1965 a 1988. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 62 pp.
- Pirrie, D., Crame, J.A., Riding, J.B., 1991. Late Cretaceous stratigraphy and sedimentology of Cape Lamb, Vega Island, Antarctica. *Cretaceous Research* 12, 227-258.

- Pospelova, V., de Vernal, A., and Pedersen, T. F., 2008. Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments from the northeastern Pacific Ocean (43–25 N) in relation to sea-surface temperature, salinity, productivity and coastal upwelling. *Marine Micropaleontology*, 68(1), 21-48.
- Powell, A. J., 1992. Dinoflagellate cysts of the Tertiary System. A Stratigraphic Index of Dinoflagellate Cysts, 155-251.
- Price, A. M., Mertens, K. N., Pospelova, V., Pedersen, T. F., & Ganeshram, R. S. (2013). Late Quaternary climatic and oceanographic changes in the Northeast Pacific as recorded by dinoflagellate cysts from Guaymas Basin, Gulf of California (Mexico). *Paleoceanography*, 28(1), 200-212
- Radi, T., and de Vernal, A., 2008. Dinocysts as proxy of primary productivity in mid–high latitudes of the Northern Hemisphere. *Marine Micropaleontology*, 68(1), 84-114.
- Reichart, G. J., and Brinkhuis, H., 2003. Late Quaternary *Protoperidinium* cysts as indicators of paleoproductivity in the northern Arabian Sea. *Marine Micropaleontology*, 49(4), 303-315.
- Ribeiro, S., and Amorim, A., 2008. Environmental drivers of temporal succession in recent dinoflagellate cyst assemblages from a coastal site in the North-East Atlantic (Lisbon Bay, Portugal). *Marine Micropaleontology*, 68(1), 156-178.
- Rinaldi, C. A., Massabie, A., Morelli, J., Rosenman, H. L., and Del Valle, R., 1978. Geología de la isla Vicecomodoro Marambio. *Contribución del Instituto Antártico Argentino*, 217, 1-37.
- Rinaldi, C. A., 1982. The upper cretaceous in the James Ross Island group. *Antarctic Geoscience*. University of Wisconsin Press, Madison, 281-286.
- Rochon, A., Vernal, A. D., Turon, J. L., Matthießen, J., and 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 Contribution Series*, 35, 1-146.
- Rochon, A., Eynaud, F., and de Vernal, A., 2008. Dinocysts as tracers of hydrographical conditions and productivity along the ocean margins: Introduction. *Marine Micropaleontology*, 68, (1–2) 1-5.
- Rozanski, K., and Gonfiantini, R., 1990. Isotopes in climatological studies. *IAEA Bulletin*, 32(4), 9-15.
- Sadler, P. M., 1988. Geometry and stratification of uppermost Cretaceous and Paleogene units on Seymour Island, northern Antarctic Peninsula. *Geological Society of America Memoirs*, 169, 303-320.
- Sahagian, D., Pinous, O., Olfieriev, A., and Zakharov, V., 1996. Eustatic curve for the Middle Jurassic--Cretaceous based on Russian platform and Siberian stratigraphy: Zonal resolution. *AAPG bulletin*, 80(9), 1433-1458.
- Sanchez-Cabeza, J. A., Ruiz-Fernández, A. C., de Vernal, A., and Machain-Castillo, M. L., 2012. Reconstruction of *Pyrodinium* blooms in the tropical East Pacific (Mexico): Are they related to ENSO?. *Environmental science and technology*, 46(12), 6830-6834.



- Serrano Mejía, C.G., 2016. Registro palinológico en sedimentos laminados de la cuenca San Lázaro, Baja California sur y su relación con cambios paleoceanográficos y paleoclimáticos de 1988 a 2009. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 46 pp.
- Shannon, C. E., and Weaver, W., 1949. The mathematical theory of communications—Univ. Illinois Press, Urbana.
- Slimani, H., Louwye, S., Toufiq, A., Verniers, J., and De Coninck, J., 2008. New dinoflagellate cyst species from Cretaceous/Palaeogene boundary deposits at Ouled Haddou, south-eastern Rif, Morocco. *Cretaceous Research*, 29(2), 329-344.
- Smith, S. W., 1992. Microplankton from the Cape Lamb Member, López de Bertodano Formation (Upper Cretaceous), Cape Lamb, Vega Island. *Antarctic Science*, 4(3), 337-353.
- Stancliffe, R. P. W., and McIntyre, D. J., 2003. Stratigraphy and palynology of the Cretaceous Colorado Group and Lea Park Formation at Cold Lake, Alberta, Canada. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 51(2), 91-98.
- Stover, L. E., 1974. Palaeocene and Eocene species of *Deflandrea* (Dinophyceae) in Victorian coastal and offshore basins, Australia. *Geological Society of Australia Special Publication*, 4, 167-188.
- Sumner, P. W., 1992. Dinoflagellate cysts from the Rabot Member (Santa Marta Formation) of eastern James Ross Island. *Antarctic science*, 4(3), 305-310.
- Thibault, N., Harlou, R., Schovsbo, N., Schioler, P., Lauridsen, B. W., Sheldon, E., and Surlyk, F., 2012. Upper Campanian–Maastrichtian carbon-isotope stratigraphy of the Danish Basin: Calibration with calcareous nannofossil and dinoflagellate events in the Boreal Realm. *Cretaceous Research*, 33, 72-90.
- Thorn, V. C., Riding, J. B., and Francis, J. E., 2009. The Late Cretaceous dinoflagellate cyst *Manumiella*—Biostratigraphy, systematics, and palaeoecological signals in Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 156(3), 436-448.
- Traverse, A., 1988. *Paleopalynology*. UnwinHyman. pp. 1–600.
- Traverse, A., 2007. Differential Sorting of Palynomorphs into Sediments: Palynofacies, Palynodebris, Discordant Palynomorphs. *Paleopalynology*, 543-579.
- Troncoso, A., Doubinger, J., 1980. Dinoquistes (Dinophyceae) del límite Cretácico-Terciario del pozo de Ganso No. 1 (Magallanes, Chile). In: *Actas II Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología*, Buenos Aires, 1978, 2, pp. 93-125.

- Vásquez-Bedoya, L. F., Radi, T., Ruiz-Fernández, A. C., De Vernal, A., Machain-Castillo, M. L., Kielt, J. F., and Hillaire-Marcel, C., 2008. Organic-walled dinoflagellate cysts and benthic foraminifera in coastal sediments of the last century from the Gulf of Tehuantepec, South Pacific Coast of Mexico. *Marine Micropaleontology*, 68(1), 49-65.
- Verleye, T. J., and Louwye, S., 2010. Late Quaternary environmental changes and latitudinal shifts of the Antarctic Circumpolar Current as recorded by dinoflagellate cysts from offshore Chile (41 S). *Quaternary Science Reviews*, 29(7), 1025-1039.
- Vernal, A. D., Henry, M., Matthiessen, J., Mudie, P. J., Rochon, A., Boessenkool, K. P., and Harland, R., 2001. Dinoflagellate cyst assemblages as tracers of sea-surface conditions in the northern North Atlantic, Arctic and sub-Arctic seas: The new 'n= 677' data base and its application for quantitative palaeoceanographic reconstruction. *Journal of Quaternary Science*, 16(7), 681-698.
- Wall, D., and Dale, B., 1967. The resting cysts of modern marine dinoflagellates and their palaeontological significance. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2(1-4), 349-354.
- Watts, A. B., and Steckler, M. S., 1979. Subsidence and eustasy at the continental margin of eastern North America. *Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean: Continental Margins and Paleoenvironment*, 218-234.
- Wetzel, O., 1933. Die in organischer Substanz erhaltenen Mikrofossilien des baltischen Kreide-Feuersteins mit einem sedimentpetrographischen und stratigraphischen Anhang (Schluß). *Palaeontographica Abteilung A*, 1-110.
- Wetzel, O., 1960. Eine neue Dinoflagellaten-Gruppe aus dem baltischen Geschiebefeuerstein.
- White, J. M., 2008. Palynodata Datafile: 2006 version, with Introduction by JM White. In Geological Survey of Canada Open File 5793.
- Williams, G. L., 1993. Morphology and stratigraphic ranges of selected Mesozoic-Cenozoic dinoflagellate taxa in the Northern Hemisphere. *Geol. Surv. Can. Pap.*, 92, 137.
- Williams, G. L., Brinkhuis, H. M. A. P., Pearce, M. A., Fensome, R. A., and Weegink, J. W., 2004. Southern Ocean and global dinoflagellate cyst events compared: index events for the Late Cretaceous–Neogene. In *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results (Vol. 189, pp. 1-98)*.
- Williams, G.L., Fensome, R.A. and MacRae, R.A., 2017. The Lentin and Williams index of fossil dinoflagellates 2017 edition. *American Association of Stratigraphic Palynologists Contributions Series*, no. 48.
- Wilson, G. J., 1967. Microplankton from the Garden Cove Formation, Campbell Island. *New Zealand Journal of Botany*, 5(2), 223-240.
- Wood, G. D., Gabriel, A. M. and Lawson J. C., 1996. Palynological techniques processing and microscopy. In: J. Jansonius and D. C. McGregor. (Eds.) *Palinology: Principles and applications*, 1, 29-50.

- Wrenn, J. H., and Kokinos, J. P., 1986. Preliminary comments on Miocene through Pleistocene dinoflagellate cysts from De Soto Canyon, Gulf of Mexico. *Am. Assoc. Stratigr. Palynol. Contrib. Ser.* 17, 169-225.
- Wrenn, J. H., and Hart, G. F., 1988. Paleogene dinoflagellate cyst biostratigraphy of Seymour Island, Antarctica. *Geological Society of America Memoirs*, 169, 321-448.
- Zinsmeister, W. J., Feldmann, R. M., Woodburne, M. O., and Elliot, D. H., 1989. Latest Cretaceous/earliest Tertiary transition on Seymour Island, Antarctica. *Journal of Paleontology*, 63(6), 731-738.
- Zonneveld, K. A., and Pospelova, V., 2015. A determination key for modern dinoflagellate cysts. *Palynology*, 39(3), 387-409.

## Anexos

**Anexo 1. Tabla 4.** Familias, géneros, especies, rango de edades, concentración y porcentaje a lo largo de la columna de los dinoflagelados identificados y cuantificados a través de la observación del microscopio óptico.

Familia	Especies y géneros presentes	Edad fin (Ma)	Edad ini (Ma)	qst/ g sed	%
Per	<i>Amphidiadema nucula</i> (Cookson and Eisenack, 1962b) Lentin and Williams (1976)	65	161.2	252.3879	0.42255
Per	<i>Amphidiadema rectangularis</i> (Cookson and Eisenack, 1962b) Lentin and Williams (1976)	66	86.3	422.5586	0.64791
Gon	<i>Apteodinium cf. micracanthum?</i> (Cookson and Eisenack, 1974)	66	86.3	9.5851	0.01565
Per	<i>Bulbodinium seitzii</i> (Wetzel, 1960)	65	111	111.3675	0.19093
Are	<i>Canninginopsis bretonica</i> (Marshall, 1990)	65	82	70.6721	0.11894
Are	<i>Canninginopsis denticulata</i> (Cookson and Eisenack, 1962b)	65	82	88.8536	0.14085
Are	<i>Canninginopsis ordospinosa</i> (Smith, 1992)	65	142	101.2686	0.15337
Gon	<i>Cassiculosphaeridia reticulata</i> (Davey, 1969a)	68.5	76	29.9788	0.02817
Per	<i>Chatangiella campbellensis</i> (Wilson, 1967b) Lentin and Williams (1976)	65	76	367.0175	0.57905
Per	<i>Chatangiella granulifera</i> (Manum, 1963) Lentin and Williams (1976)	72.1	89.8	456.2251	0.68547
Per	<i>Chatangiella multispinosa</i> (Cookson and Eisenack, 1970a) Lentin and Williams (1976)	76	105	477.0620	0.73868
Per	<i>Chatangiella victoriensis</i> (Cookson and Manum, 1964) Lentin and Williams (1976)	66	92.9	21.0130	0.03443
Gon	<i>Cribroperidinium muderongense</i> (Cookson and Eisenack, 1958) Davey (1969a)	65	160	26818.9084	31.0589
Per	<i>Diconodinium cf. multispinum</i> (Deflandre and Cookson, 1955) Morgan (1977)	37.5	141	64.5380	0.09077
Per	<i>Diconodinium cristatum</i> (Cookson and Eisenack, 1974) Morgan (1977)	65	160	66.4048	0.0939
Gon	<i>Impagidinium cristatum</i> (May, 1980) Lentin and Williams (1981)	61.5	90.33	161.0711	0.26918
Per	<i>Isabelidinium belfastense</i> (Cookson and Eisenack, 1961a) Lentin and Williams (1977a)	66	93.9	682.2925	1.08611
Per	<i>Isabelidinium cretaceum</i> (Cookson, 1956) Lentin and Williams (1977)	66	83.6	4773.4299	7.8907
Per	<i>Isabelidinium papillum</i> (Sumner, 1992)	65	76	1378.3765	2.14091
Per	<i>Isabelidinium pellucidum</i> (Deflandre and Cookson, 1955) Lentin and Williams (1977)	66	83.6	699.8128	1.11428
Per	<i>Isabelidinium sp.</i>	16.5	145	1282.3715	1.87173
Per	<i>Isabellidinium cooksoniae</i> (Alberti, 1959b) Lentin and Williams (1977a)	66	92.9	839.3206	1.32712
Gon	<i>Kallosphaeridium? helbyi</i> (Cookson and Hughes, 1964) Helby (1987)	72.1	126.3	20.5451	0.02504
Per	<i>Laciniadinium cf. biconiculum</i> (McIntyre, 1975)	56	86.3	26.4513	0.04695
Per	<i>Lentinia aff. wetzellii</i> (Morgenroth, 1966a)			42.9089	0.07512
Per	<i>Manumiella bertodano</i> (Thorn et al., 2009)	66.1	72.1	1633.4825	2.38505
Per	<i>Manumiella druggii</i> (Stover, 1974) Bujak and Davies (1983)	54.5	82	2137.5186	3.13312
Per	<i>Manumiella seelandica</i> (Lange, 1969) Bujak and Davies (1983)	56	86.3	2050.6231	2.95471
Per	<i>Manumiella seymourensis</i> (Askin, 1999)	66.1	76.39	5648.6298	8.98307
Per	<i>Manumiella sp.</i>	54.5	111	753.1418	1.10176
Per	<i>Nelsoniella aceras</i> (Cookson and Eisenack, 1960)	65	82	125.8285	0.23788
Per	<i>Nelsoniella sp.</i>	65	105	213.9590	0.32239
Per	<i>Octodinium askiniae</i> (Wrenn and Hart, 1988)	32.5	76	47.5490	0.07825
Cer	<i>Odontochitina operculata</i> (Wetzel, 1933a) Deflandre and Cookson (1955)	69.9	133.9	100.6657	0.18467
Cer	<i>Odontochitina porifera</i> (Cookson, 1956)	69.4	86.9	223.1423	0.36308
Gon	<i>Oligosphaeridium sp.</i> (Davey and Williams, 1966b) Davey (1982b)	57	157.3	47.2193	0.07825
Gon	<i>Operculodinium centrocarpum</i> (Deflandre and Cookson, 1955) Wall (1967)	0	82	940.2549	1.43353
Gon	<i>Operculodinium cf. flucturum</i> (Davey, 1969)	67.33	76	8262.4149	12.4198
Gon	<i>Operculodinium radiculatum</i> (Smith, 1992)	61.5	76	10.9486	0.01565
Per	<i>Palaeocystodinium australinum</i> (Cookson, 1965b) Malloy (1972)	56	76.4	544.7140	0.91083
Per	<i>Palaeocystodinium cf. lidiae</i> (Górka, 1963) Davey (1969b)	47.9	83.6	201.3213	0.31926
Gon	<i>Pterodinium cretaceum</i> (Slimani et al., 2008)	67.5	75	53.4657	0.07199
Gon	<i>Spiniferites ramosus ramosus</i> (Ehrenberg, 1838) Mantell (1854)	0	139.4	4259.8349	6.6481
Gon	<i>Spiniferites sp.</i>	0	174.1	263.1802	0.35369
Gon	<i>Stiphrosphaeridium anthophorum</i> (Cookson and Eisenack, 1958) Lentin and Williams	68.5	163.5	81.0039	0.14398
Gon	<i>Trichodinium cf. chilense</i> (Troncoso and Doubinger, 1980)	65	100	721.8532	0.8764
Cer	<i>Xenascus ceratioides</i> (Deflandre, 1937b) Lentin and Williams (1973)	69.9	113	294.1283	0.47576
Cer	<i>Xenascus platei</i> (Below, 1981)	66	130.8	2825.8970	5.29907
Cer	<i>Xenascus sp.</i>	66	129.9	220.4424	0.36308

**Anexo 2. Tabla 5.** Conteos totales de especímenes por muestra de la columna sedimentaria de la Formación Snow Hill Island, The Naze, Antártica.

Incluye el número de lycopodios contabilizados por muestra.

Familia	Cer	Cer	Cer	Cer	Cer	Gon	Gon	Gon	Gon	Gon
Dinoflagelados	<i>O. operculata</i>	<i>O. porifera</i>	<i>X. ceratioides</i>	<i>X. plotei</i>	<i>Xenascus sp</i>	<i>C. reticulata</i>	<i>C. muderongense</i>	<i>I. cristatum</i>	<i>K. helbyi</i>	<i>Oligosphaeridium sp</i>
AC48				99			114	4		
AC47							52	3		7
AC46				32			121			
AC45				2			155	1		
AC44				4			104	2		
AC43				12			203			
AC42							164	1		
AC41							173	2		1
AC40							55	2		
AC39				1			39	1		
AC38				6	1		199	1		
AC37							114	1		
AC36			1	2	1		1199	4		1
AC35				1			124	2		
AC34			1	3			1204	1		2
AC33				324		1	491	4		
AC32			1	170			131			1
AC31			4	377		1	122	2		
AC30				2			129	4		
AC29			3	20		2	31	9		1
AC28				4		5	15			1
AC27							120	15		
AC26							3402			
AC25	1			3			400	4		
AC24			2				98			
AC23			5	127	2		37	1	1	3
AC22			2	9			3	2		
AC21	4	1	2	29	1		11	6		2
AC20	1		1	4			125		1	
AC19			5	71			14			
AC18	3		8	125			3			1
AC17				3			4		1	
AC16			1	22	5		252			
AC15				5			6			
AC14	15	25	8	21	2		2	1	1	1
AC13	1	1	12	45	37		437	6	1	
AC12	1	5	60	112	40		21			
AC11	20	12	8	15	12		20			
AC10		5	10	1	1		15			
AC9		3	1	2			8	1	2	1
AC8	1	3								
AC7	2	10		5			5			
AC6		16	2	1	1		1	6		2
AC5	5	10	6	4	1					
AC4	2	15	2	5	2					
AC3	1		5	15	5					1
AC2	2	10	2	10	5					

Gon	Gon	Gon	Gon	Gon	Gon	Gon	Per	Per	Per	Gon	Per
<i>O. radiculatum</i>	<i>O. flucturum</i>	<i>P. cretaceum</i>	<i>S. ramosus r</i>	<i>Spiniferites sp</i>	<i>S. anthophorum</i>	<i>T. chilense</i>	<i>L. wetzelii</i>	<i>A. nucula</i>	<i>A. rectangularis</i>	<i>A. micracanthum</i>	<i>B. seitzii</i>
108			127						6		
149			80	7	1	5			1		
140			150	2					3		
71			48		1	12					
71			50	5					3		
116			78						2		
25			75	1		5			3		
24			23	2	1	8			4		
15			10	1		1					
32		5	16	2	1	5				1	
24			5			11				4	
26			28	1		3			2		
56		1	39	2	1	83		2	11		
75		1	19						4		
339			219			4			7		
299			124		1	2			4		
54			25						7		
89			5						1		
87		2	45	5	1	9			5		4
92			38	3	4	5			5		
110		2	9			2			11		
92		1	23	1	5	5			2		
350		3	34			66			1		
300		8	6			24	2		2		
30			2		5	8	12	1	3		
98			17	1		2	2				
100			18		5			1	2		1
70			16	2		1					2
10			21		4	2		1	1		
50			29	1				4	1		1
17			13	1	3			4	3		1
60			18					1	2		
10			18		1			5	2		2
40			80	11				2	4		1
40			40	2	12	1	1	35	30		15
25			48	2		12	1	15	12		5
30			60	6				22	21		10
21			23	1		2		25	20		8
48	1		100	11				2	6		
26			49	11		2	1	1	2		1
20			18	5							
51			199	8					1		1
11	1		20				1	1	1		
16			14	4				2	2		1
51	1		10	3			1	4	3		1
121	1		15	8				3	3		2
279	1		20	4			3	4	4		5

Are	Are	Are	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per
<i>C. bretonica</i>	<i>C. denticulata</i>	<i>C. ordospinosa</i>	<i>C. campbellensis</i>	<i>C. granulifera</i>	<i>C. multispinosa</i>	<i>C. victoriensis</i>	<i>D. cristatum</i>	<i>D. multispinum</i>	<i>I. belfastense</i>	<i>I. cretaceum</i>
									1	85
									82	
									2	94
									38	
									1	60
									9	101
									1	52
									3	20
									1	12
	1	2						1		31
									1	18
2	1	1								60
									2	124
1										99
	1	2							4	343
1									10	100
	2									25
1		1						1	12	98
							1			100
	2	1						1	27	30
1									2	75
							1	1		50
										2
1	1	1							2	10
									3	2
2		4	5	1	1	5			23	34
1	2	1	1	4	11		4	5	1	52
13	14	16	1	1					1	38
				1	2				6	16
4	6	7	1				8	2	2	12
	2		5	4	5		2	1	1	12
	2		12	8	9		3	5	19	34
	1		14	12	15	1	2	2	20	26
	4		5	6	4	1		2	23	62
2		5	53	54	60	1	2	1	63	128
	1		23	24	25				25	26
	1		18	24	23		1		24	60
2			16	23	21	1			32	54
1	1	5		15	15			5	15	
		2	13	15	12		2		2	25
4			6	12	10		1			23
	1		2	4	6		1	2	1	45
2				5	1			1		20
	2		6	1	2	2	1		1	26
		1	1	1	8				1	50
			2	2	2				2	12
			1		4				4	55

Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per	Per
<i>I. cooksoniae</i>	<i>I. papillum</i>	<i>I. pellucidum</i>	<i>Isabellidium sp</i>	<i>L. biconiculum</i>	<i>M. druggii</i>	<i>M. seelandica</i>	<i>M. seymourensis</i>	<i>M. bertodano</i>	<i>Manumiella sp</i>	<i>N. aceras</i>
1	6	1	1		12	20	102	30		
	5	5	3		16	18	47	5	1	
3	7	1	3		8	48	201	40	1	
1	2	1	2		10	5	98	30	7	
3	4		4		15	10	101	18	2	
20	1	9	20		10	3	203	101	1	
22	4	1	1		22	12	90	22	8	
76	22	1	1		15	40	113	12	11	
	4				2	2	23	2	1	
1	1	1	1		10	18	44	12	3	
2	1	1	1	1	4	15	30	12	3	
2	3	2	1		5	50	98	2	1	1
3	4	15	10		48	52	368	74	26	
10	1				17	12	202	19	7	
52	9	30	9	1	82	1	202	18	1	
24	4	12	21		56	58	53	1	15	1
12		10	5	1	2	4	40		5	
	10		1	2	94	15	185	60	21	
24		40	15	10	54	35	70	18	2	1
26	15	35	25		45	39	48	37	10	
42	3	50	8		89	86	95	62	21	
15	6	10	1		97	90	150	41		5
2	2	1	1		33	28	36	21	15	
8	6	16	2		45	52	60	41	2	1
6	4	3	3		4	3	3		2	
16	12	24	5			15	16		26	2
16	8	16	10		1		25		16	10
12	10	18	12		14	16	25		36	16
5	3		1		4	5	10		4	6
2		5	1		1	1	5		2	1
5	4	6	2		4	2	1		2	1
33	17	11	10		5	9	4		4	
16	15	19	12		12	9	1		2	2
23	10	25	15		35	30	12		17	
75	50	110	45		25	23	12		8	
24	28	20	19		24	26	24		2	
23	10	25	24		20	5	6			
28	23	28	35		15	19	24		39	8
17	11	18	20		5	16	4		22	2
18	12	8	5		6	4	6		7	
15		10				15			4	1
1	1		24			11	8		7	
		4	12		10	20	10		15	2
	4	6	4		4				4	2
	8		9		8		4		24	6
	6		5		3		2		8	2
			15		10	2	9		21	6

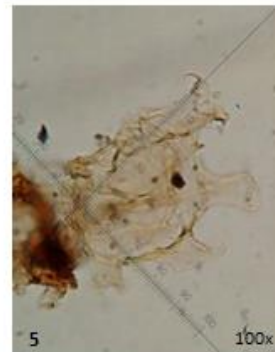
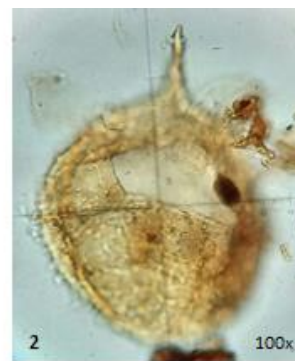
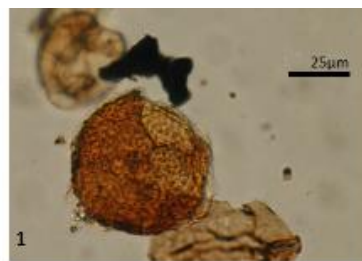


Per	Per	Gon	Per	Per	Marcador
<i>Nelsoniella sp</i>	<i>O. askiniae</i>	<i>O. centrocarpum</i>	<i>P. australinum</i>	<i>P. lidiae</i>	<i>Lycopodios</i>
			13		6376
		8	14	2	6942
		9			8309
		1	12	1	5900
	1		4	2	7711
			23	4	6517
1	4		25	2	8101
			10	1	8576
		2	2	1	3176
1	1	1	12	2	6701
1			8	1	6504
			6		6863
1	1		8	2	5457
			5		5555
2	1		42	10	8265
	1	45	15	2	8381
1			3		8458
	1	7			8228
	4	22	10	2	6789
2	10	13	12	8	6050
		10	4	2	2749
5		5	3	3	7535
		43	1	1	2904
		34	16	2	8285
		8	1	1	7177
1		27	4	4	8388
15		39	3		8263
12		16	3	2	9531
2		9		2	7260
1		2		1	3994
			3		8626
1		2			7885
10		4			7094
17	1	7	1		4323
1		6			6806
		2	1		5211
		14			7977
5		15	8	5	8828
8		9	6	2	3226
4			5	4	3625
		27		25	6746
5		26			7052
1		4	1	3	6901
		2			4476
2		6	1	2	8685
		20	2	1	5835
4		13	4	2	7602

**Anexo 3. Figura 11. Fotografías a escala de cada uno de los géneros y especies identificadas al microscopio.** En ocasiones la escala está representada por la línea de medición interna del visor óptico, en esos casos la representación del aumento al que fue tomada la imagen está presente en la misma (100x, 40x, etc).

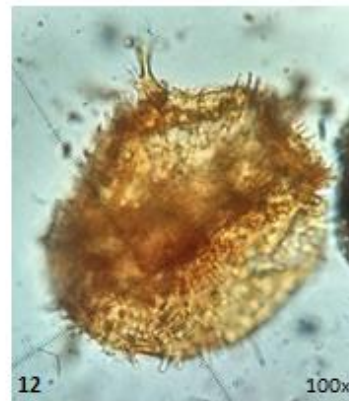
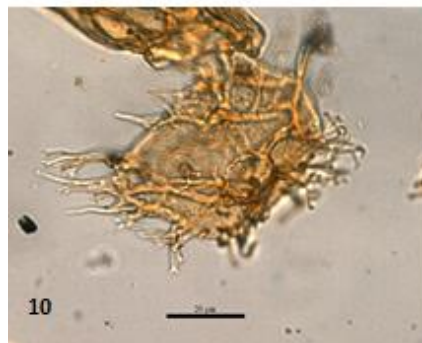
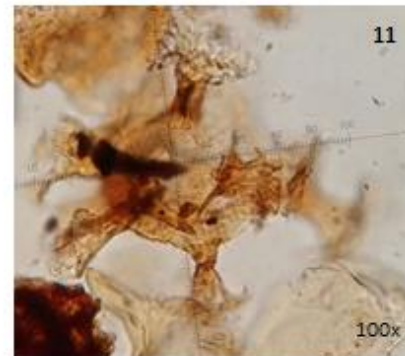
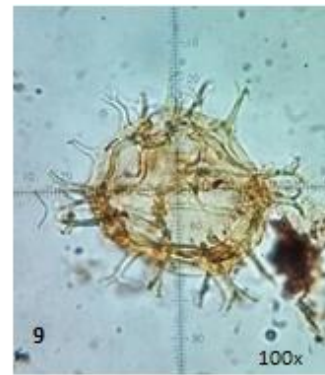
**Plancha n°1:**

N° asignado	Familia	Especie
1	Gon	<i>Cassiculosphaeridia reticulata</i> (Davey, 1969a)
2	Gon	<i>Cribroperidinium muderongense</i> (Cookson and Eisenack, 1958) Davey (1969a)
3	Gon	<i>Impagidinium cristatum</i> (May, 1980) Lentin and Williams (1981)
4	Gon	<i>Kallosphaeridium? helbyi</i> (Cookson and Hughes, 1964) Helby (1987)
5	Gon	<i>Oligosphaeridium</i> sp. (Davey and Williams, 1966b) Davey (1982b)
6	Gon	<i>Operculodinium radiculatum</i> (Smith, 1992)



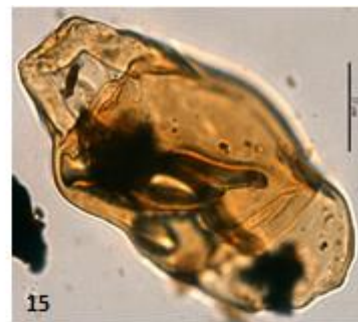
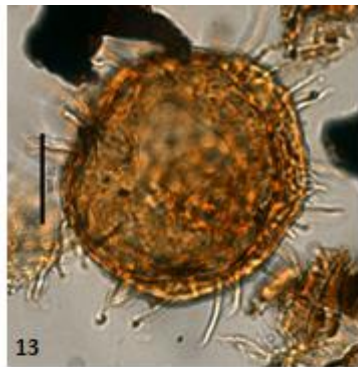
## Plancha n°2:

N° asignado	Familia	Especie
7	Gon	<i>Operculodinium cf. flucturum</i> (Davey, 1969)
8	Gon	<i>Pterodinium cretaceum</i> (Slimani et al., 2008)
9	Gon	<i>Spiniferites ramosus ramosus</i> (Ehrenberg, 1838) Mantell (1854)
10	Gon	<i>Spiniferites</i> sp.
11	Gon	<i>Stiphrosphaeridium anthophorum</i> (Cookson and Eisenack, 1958) Lentin and Williams (1985)
12	Gon	<i>Trichodinium cf. chilense</i> (Troncoso and Doubinger, 1980)



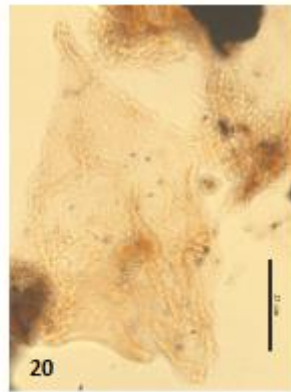
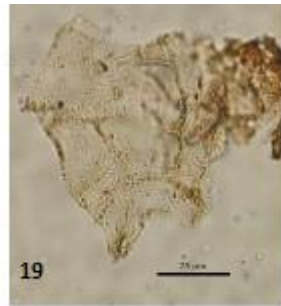
## Plancha n°3:

N° asignado	Familia	Especie
13	Gon	<i>Operculodinium centrocarpum</i> (Deflandre and Cookson, 1955) Wall (1967)
14	Per	<i>Amphidiadema nucula</i> (Cookson and Eisenack, 1962b) Lentin and Williams (1976)
15	Per	<i>Amphidiadema rectangularis</i> (Cookson and Eisenack, 1962b) Lentin and Williams (1976)
16	Gon	<i>Apteodinium cf. micracanthum?</i> (Cookson and Eisenack, 1974)
17	Per	<i>Bulbodinium seitzii</i> (Wetzel, 1960)
18	Are	<i>Canninginopsis bretonica</i> (Marshall, 1990)



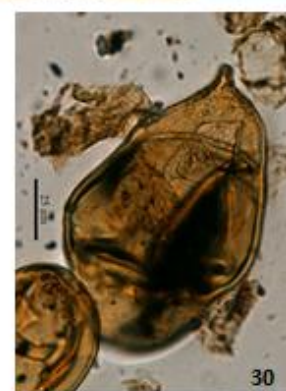
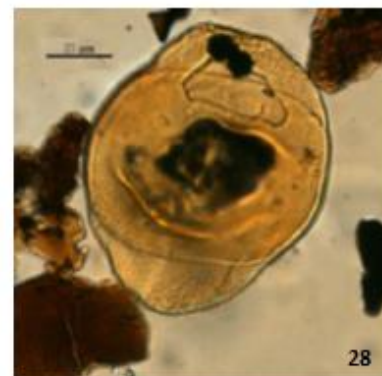
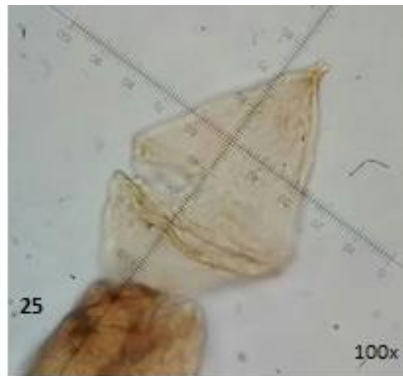
## Plancha n°4:

N° asignado	Familia	Especie
19	Are	<i>Canninginopsis denticulata</i> (Cookson and Eisenack, 1962b)
20	Are	<i>Canninginopsis ordospinosa</i> (Smith, 1992)
21	Per	<i>Chatangiella campbellensis</i> (Wilson, 1967b) Lentin and Williams (1976)
22	Per	<i>Chatangiella granulifera</i> (Manum, 1963) Lentin and Williams (1976)
23	Per	<i>Chatangiella multispinosa</i> (Cookson and Eisenack, 1970a) Lentin and Williams (1976)
24	Per	<i>Chatangiella victoriensis</i> (Cookson and Manum, 1964) Lentin and Williams (1976)



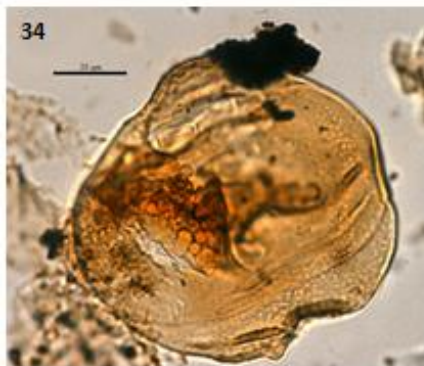
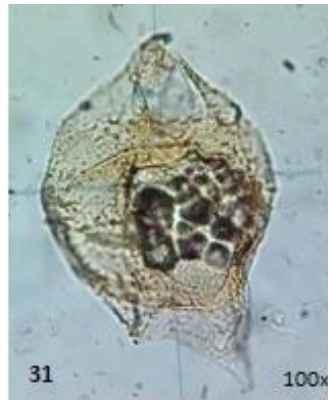
## Plancha n°5:

N° asignado	Familia	Especie
25	Per	<i>Diconodinium cristatum</i> (Cookson and Eisenack, 1974) Morgan (1977)
26	Per	<i>Diconodinium cf. multispinum</i> (Deflandre and Cookson, 1955) Morgan (1977)
27	Per	<i>Isabelidinium belfastense</i> (Cookson and Eisenack, 1961a) Lentin and Williams (1977a)
28	Per	<i>Isabelidinium cretaceum</i> (Cookson, 1956) Lentin and Williams (1977)
29	Per	<i>Isabellidinium cooksoniae</i> (Alberti, 1959b) Lentin and Williams (1977a)
30	Per	<i>Isabelidinium papillum</i> (Sumner, 1992)



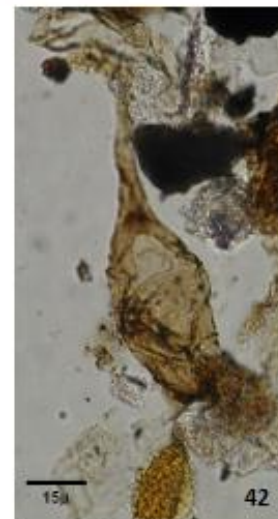
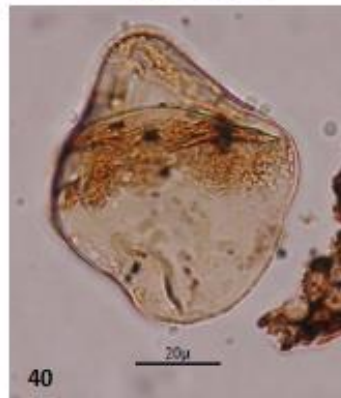
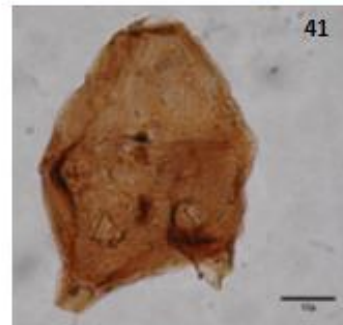
## Plancha n°6:

N° asignado	Familia	Especie
31	Per	<i>Isabelidium pellucidum</i> (Deflandre and Cookson, 1955) Lentin and Williams (1977)
32	Per	<i>Isabelidium</i> sp.
33	Per	<i>Laciniadinium</i> cf. <i>biconiculum</i> (McIntyre, 1975)
34	Per	<i>Manumiella druggii</i> (Stover, 1974) Bujak and Davies (1983)
35	Per	<i>Manumiella seelandica</i> (Lange, 1969) Bujak and Davies (1983)
36	Per	<i>Manumiella seymourensis</i> (Askin, 1999)



## Plancha n°7:

N° asignado	Familia	Especie
37	Per	<i>Manumiella bertodano</i> (Thorn et al., 2009)
38	Per	<i>Manumiella</i> sp.
39	Per	<i>Nelsoniella aceras</i> (Cookson and Eisenack, 1960)
40	Per	<i>Nelsoniella</i> sp
41	Per	<i>Octodinium askiniae</i> (Wrenn and Hart, 1988)
42	Per	<i>Palaeocystodinium australinum</i> (Cookson, 1965b) Malloy (1972)





## Plancha n°8:

N° asignado	Familia	Especie
43	Per	<i>Palaeocystodinium cf. lidiae</i> (Górka, 1963) Davey (1969b)
44	Cer	<i>Odontochitina operculata</i> (Wetzel, 1933a) Deflandre and Cookson (1955)
45	Cer	<i>Odontochitina porifera</i> (Cookson, 1956)
46	Cer	<i>Xenascus ceratioides</i> (Deflandre, 1937b) Lentin and Williams (1973)
47	Cer	<i>Xenascus plotei</i> (Below, 1981)
48	Cer	<i>Xenascus sp</i>

