

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



---

**Programa de Posgrado en Ciencias  
en Ciencias de la Tierra**

---

**Bioestratigrafía del Neógeno a partir de dinoflagelados en el  
NW de Suramérica, Pacífico colombiano**

Tesis

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

Presenta:

**Andrés Felipe Duque Herrera**

Ensenada, Baja California, México  
2015

Tesis defendida por

**Andrés Felipe Duque Herrera**

y aprobada por el siguiente Comité

---

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

**M.C. Francisco Suárez Vidal**

**Dra. Maria Clara Arteaga Uribe**

**Dr. Andrés Pardo Trujillo**



---

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

---

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

Resumen de la tesis que presenta **Andrés Felipe Duque Herrera** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Tierra con orientación en Geología.

### **Bioestratigrafía del Neógeno a partir de dinoflagelados en el NW de Suramérica, Pacífico colombiano**

Resumen aprobado por:

---

Dr. Javier Helenes Escamilla  
Director de Tesis

Este estudio presenta los análisis palinológicos cuantitativo y cualitativo de 50 muestras provenientes del pozo Buenaventura 1-ST-P, ubicado en el Pacífico colombiano, con lo cual se aporta al conocimiento de la distribución espacio-temporal de los dinoflagelados en esta área tropical de Suramérica durante el Neógeno. Se elaboró un marco bioestratigráfico integrado de la sección estudiada, con base en la combinación de los datos de los dinoflagelados observados aquí y de nanofósiles calcáreos, polen y esporas conocidos para las mismas muestras. Igualmente se realizó un perfil paleobatimétrico de la columna estudiada, a partir de la información consenso de la litología, foraminíferos bentónicos y dinoflagelados. Se obtuvo un marco geocronológico con mayor resolución, por correlación de la bioestratigrafía integrada y el perfil paleobatimétrico consenso, con la carta de ciclos eustáticos propuesta por Haq *et al.*, (1988).

Los resultados indican que el intervalo de estudio (1070-3057 m) tiene una edad Mioceno temprano al tardío (<17.9-5.7 Ma), con una parte basal (3057-2527 m) conglomerática con una edad entre <17.9-11.8 Ma, la cual probablemente representa depósitos de alta energía durante la colisión del Bloque Panamá-Chocó con el noroccidente de Suramérica. Suprayaciéndola, se encuentran tres ciclos sedimentarios, transgresivo-regresivos (T-R) completos, con ambientes desde transicionales hasta batial superior. Las correspondientes transgresiones máximas tienen edades de 10.5 Ma, 7.7 Ma y 5.97 Ma. En la T-R de 11.8-9.2 Ma dominan dinoflagelados autótrofos, gonyaulacales, indicando aguas superficiales cálidas y estratificadas. La T-R de 9.2-7.3 Ma presenta el más bajo recobro de microfósiles marinos, asociándose con una etapa de baja productividad, probablemente relacionada con el evento de la Caída de Carbonato, mientras que la T-R de 7.3-5.7 Ma se evidencia muy buen recobro de microfósiles marinos y una dominancia de dinoflagelados heterótrofos, peridiniales que indican alta productividad y aguas superficiales más frías, y que probablemente se relacionan con el evento de Proliferación Biogénica Global.

**Palabras clave:** Bioestratigrafía, Dinoflagelados, Paleobatimetría, Eventos Paleooceanográficos y Tectónicos, Mioceno, Pacífico colombiano.

Abstract of the thesis presented by **Andrés Felipe Duque Herrera** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Earth Sciences with orientation in Geology

### **Neogene biostratigraphy from dinoflagellates in NW South America, Colombian Pacific**

Abstract approved by:

---

Dr. Javier Helenes Escamilla  
Thesis Director

This study presents the quantitative and qualitative palynological analyses of 50 samples from the well Buenaventura 1-ST-P, located in the Colombian Pacific, contributing to the knowledge on the distribution in space and time of Neogene dinoflagellates from this tropical area of South America. An integrated biostratigraphic framework of the studied section was developed combining data from the dinoflagellates observed here and from calcareous nannofossils, pollen and spores known from the same samples. Also an integrated paleobathymetric curve of the studied column was established with information from lithology, benthic foraminifera and dinoflagellates. A high resolution chronostratigraphic framework was obtained based on the correlation of the integrated biostratigraphy and the paleobathymetric curve with the eustatic cycles proposed by Haq *et al.*, (1988).

Results indicate that studied interval (1070-3057 m) has an early to late Miocene age (<17.9-5.7 Ma), with a basal conglomeratic portion (3057-2527 m) aged between <17.9-11.8 Ma, which could correspond to the collision of Panamá-Chocó block with northwestern South America. Overlying this conglomerates, there are three complete transgressive-regressive (T-R) sedimentary cycles with environments ranging from transitional to upper bathyal, and whose corresponding maximum transgressions are dated as 10.5 Ma, 7.7 Ma and 5.97 Ma. In the T-R from 11.8 to 9.2 Ma the autotrophic gonyaulacoid dinoflagellates dominate, indicating warm and stratified superficial water. The T-R from 9.2 to 7.3 Ma is characterized by the lowest recovery of marine microfossils, indicative of low productivity and which can be linked to the Carbonate Crash event. Finally, the T-R from 7.3 to 5.7 Ma shows evidence of very good recovery of marine microfossils and dominance of heterotrophic peridinioid dinoflagellates, indicative of high productivity and cold superficial water, correlated with the Global Biogenic Bloom event.

**Keywords:** Biostratigraphy, Dinoflagellates, Paleobathymetry, Paleooceanographic and Tectonic Events, Miocene, Colombian Pacific.

## **Dedicatoria**

A Dios por darme esta gran bendición y oportunidad de vida y permitirme continuar creciendo en mi formación personal y profesional, guiar siempre mi camino y darme nuevas fuerzas cuando siento caer.

A mi padre que me enseñó, guió y respaldó en todo lo que fuese constructivo para mí vida. A mi madre, hermanos y esposa por brindarme siempre su amor, apoyo incondicional, darme una voz de aliento en momentos difíciles y aconsejarme de manera amorosa, respetuosa y eficiente. A mis sobrinas, que con el simple hecho de existir, son un motivo gigante para salir adelante.

Y a toda mi familia en general que la amo con todo el corazón...

## **Agradecimientos**

A Dios por permitirme vivir y gozar esta gran experiencia. A mi esposa por su amor, compañía, comprensión y consejos en todo momento. A mi familia y a los padres de mi esposa, por su amor y apoyo absoluto.

Al Dr. Javier Helenes Escamilla por brindarme de su conocimiento en la parte intelectual y darme un ejemplo de vida al ser un gran investigador-docente pero ante todo ser persona, tener esa calidad humana.

A la esposa del Dr. Javier Helenes, Martha González, por abrir las puertas de su hogar, ofrecer su amistad y cariño, preocuparse siempre por nuestro bienestar.

A todo el comité de mi tesis M.Cs. Francisco Suárez, Dra. Maria Clara Arteaga y Dr. Andrés Pardo, por todas sus enseñanzas y consejos que contribuyeron a este proceso académico. Igualmente agradecerle al Dr. Mario González por su colaboración y disposición para formar parte del comité evaluador.

A todos los profesores y técnicos del CICESE que aportaron parte de su conocimiento para mi formación académica y personal.

A la Oceanóloga Edna Collins por todo su apoyo, enseñanzas y amistad.

A Ana Rosa Soto por estar siempre atenta y receptiva a todas las inquietudes, respondiendo de una manera muy amable y eficiente.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por darme el beneficio económico de manutención y colegiatura, a través de la beca que me fue otorgada.

Al Instituto de Investigaciones en Estratigrafía (IIES) de la Universidad de Caldas-Colombia, que por medio de su director Dr. Andrés Pardo Trujillo, fueron suministradas las muestras palinológicas y hacer posible este estudio. También quiero agradecerle a la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)-Colombia, por proporcionar los datos necesarios y pertinentes del pozo Buenaventura 1-ST-P.

En general a todo el personal del CICESE tanto académico como administrativo por toda la cordialidad y gentileza con que me trataron.

A todos los amigos y compañeros del CICESE con los cuales de una u otra manera se convive, se aprende y se tienen grandes experiencias de vida que perdurarán en la mente.

## Tabla de Contenido

---

<b>Resumen español.....</b>	<b>ii</b>
<b>Resumen en inglés.....</b>	<b>iii</b>
<b>Dedicatorias.....</b>	<b>iv</b>
<b>Agradecimientos .....</b>	<b>v</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>xi</b>
<b>Capítulo 1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1 Localización.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Marco Geológico Regional .....	4
1.4 Dinoflagelados.....	9
<b>Capítulo 2. Metodología .....</b>	<b>13</b>
2.1 Selección de las muestras.....	13
2.2 Procesamiento de muestras palinológicas .....	15
2.3 Análisis de las placas palinológicas.....	16
2.4 Análisis de los datos.....	16
2.5 Integración con otros grupos micropaleontológicos.....	17
2.6 Correlación con ciclos eustáticos .....	18

<b>Capítulo 3. Resultados</b> .....	<b>20</b>
3.1 Análisis cuantitativo y cualitativo de los dinoflagelados .....	<b>21</b>
3.1.1 Bioestratigrafía.....	<b>23</b>
3.1.2 Abundancias de Dinoflagelados .....	<b>25</b>
3.2 Bioestratigrafía Integrada .....	<b>27</b>
3.2.1 Mioceno Tardío (5.33-7.246 Ma; Mesiniano) .....	<b>28</b>
3.2.2 Mioceno Tardío (7.246-11.625 Ma; Tortoniano) .....	<b>28</b>
3.2.3 Mioceno Medio (11.625-13.82 Ma; Serravaliano).....	<b>28</b>
3.2.4 Mioceno Medio-Temprano (13.82-17.9 Ma; Langhiano-Burdigaliano).....	<b>28</b>
3.3 Paleobatimetría consenso .....	<b>29</b>
3.4 Correlación con Ciclos Eustáticos .....	<b>31</b>
3.4.1 Ciclo Sedimentario 1 .....	<b>33</b>
3.4.2 Ciclo Sedimentario 2.....	<b>33</b>
3.4.3 Ciclo Sedimentario 3.....	<b>33</b>
 <b>Capítulo 4. Discusión</b> .....	 <b>34</b>
4.1 Significado paleoecológico de los conjuntos de dinoflagelados .....	<b>34</b>
4.2 Correlación con Eventos Tectónicos Locales .....	<b>37</b>
4.2.1 Colisión Bloque Panamá-Chocó con el NW de Suramérica .....	<b>37</b>
4.3 Correlación con Eventos Paleooceanográficos Globales .....	<b>38</b>
4.3.1 Caída de Carbonato (“ <i>Carbonate Crash</i> ”) .....	<b>38</b>
4.3.2 Proliferación (“ <i>Bloom</i> ”) Biogénica Global .....	<b>40</b>
4.4 Calibración Bioestratigráfica de Dinoflagelados .....	<b>41</b>
 <b>Capítulo 5 Conclusiones</b> .....	 <b>43</b>
 <b>Lista de referencias bibliográficas</b> .....	 <b>45</b>



**Anexos .....55**

Anexo A: Registro fotográfico de las especies de dinoflagelados más representativos del pozo Buenaventura 1-ST-P.

Anexo B: Lista de géneros y especies de dinoflagelados identificados y cuantificados para cada muestra analizada del pozo Buenaventura 1-ST-P.

Anexo C: Distribución estratigráfica de acuerdo al RES de las especies de dinoflagelados encontrados en el pozo Buenaventura 1-ST-P y la abundancia relativa de cada especie expresada en símbolos.

Anexo D: Asociación de las especies de los diferentes grupos micropaleontológicos utilizados para el análisis bioestratigráfico del pozo Buenaventura 1-ST-P con los respectivos rangos temporales.

## Lista de figuras

Figura		Página
1	Pozo Buenaventura 1-ST-P; ubicado en el occidente colombiano en cercanías a la población de Buenaventura, Departamento del Valle de Cauca-Colombia.....	3
2	Localización de las principales cuencas sedimentarias del noroccidente colombiano y los límites estructurales de la cuenca San Juan (2); cuenca Atrato (1) y cuenca Urabá (3). La línea punteada verde limita el Bloque Chocó (Modificado de Cediel <i>et al.</i> , 2009).....	6
3	Ciclo de vida de los dinoflagelados. (Modificado de Evitt, 1985).....	10
4	Esquema generalizado de la morfología de dinoflagelados. (Modificado de Evitt, 1985).....	11
5	Factores que afectan la producción y distribución de quistes de resistencia. (Modificado de Pross y Brinkhius, 2005).....	12
6	Columna Litológica del Pozo Buenaventura 1-ST-P con el registro de Rayos Gamma; evidenciándose el intervalo de estudio elegido en el pozo.....	14
7	Rangos bioestratigráficos de algunos dinoflagelados observados en las muestras del Pozo Buenaventura 1-ST-P. Los segmentos S1, S2 y S3 son los que representan las asociaciones bioestratigráficas de dinoflagelados en el pozo.....	24
8	Abundancias de quistes de dinoflagelados totales y de los Ordenes Peridinales y Gonyaulacales del pozo Buenaventura 1-ST-P. Los segmentos S1, S2 y S3 son los que representan las asociaciones bioestratigráficas de dinoflagelados en el pozo.....	26
9	Bioestratigrafía integrada para el Pozo Buenaventura 1-ST-P a partir de nanofósiles calcáreos, dinoflagelados, polen y esporas.....	27
10	Paleobatimetría y Bioestratigrafía consenso para el pozo Buenaventura 1-ST-P a partir de foraminíferos bentónicos y quistes de dinoflagelados. Las líneas punteadas azules indican las profundizaciones máximas alcanzadas durante las transgresiones. Los símbolos <sup>o</sup> y * indican dinoflagelados y foraminíferos bentónicos respectivamente. La nomenclatura de la Paleobatimetría consenso indica lo siguiente: Ambiente Continental (C), Transicional (T), Nerítico Interno (NI), Nerítico Medio (NM), Nerítico Externo (NE), Batial Superior (BS), medio (BM) e inferior (BI), y Abisal (A).....	30

- 11 Correlación de la Palinología y la Bioestratigrafía Integrada del Pozo Buenaventura 1-ST-P con la carta de ciclos eustáticos de 3º orden de Haq et al., (1988). La nomenclatura de la Paleobatimetría consenso es la misma que en la figura 10. Los colores en degradado rojo, amarillo y verde corresponden a los ciclos sedimentarios 1, 2 y 3 respectivamente, y las líneas punteadas azules indican las profundizaciones máximas alcanzadas durante las transgresiones.... 32
- 12 Abundancias de especies de dinoflagelados ecológicamente significativos, observados en el Pozo Buenaventura 1-ST-P. La nomenclatura de la Paleobatimetría consenso es la misma que en la figura 10. Las gráficas en la gama del rojo representan a las especies afines con aguas cálidas y las gráficas en gama de azules corresponden a las especies afines con aguas frías y alto aporte de nutrientes. Las líneas punteadas azules representan las profundizaciones máximas durante las transgresiones y las líneas punteadas rojas las regresiones..... 35
- 13 Correlación de la información micropaleontológica adquirida del pozo Buenaventura 1-ST-P con eventos Paleooceanográficos y Tectónicos. La nomenclatura de la Paleobatimetría consenso es la misma que en la figura 10. Las líneas punteadas azules indican la profundización máxima durante las transgresiones. Los cuadrados rojos en la columna de abundancia de los foraminíferos bentónicos indican que no hay información de éstos para las muestras respectivas..... 42

## Lista de tablas

Tabla		Página
1	Palinomorfos del Pozo Buenaventura 1-ST-P. Los grupos con (*) son aquellos que sólo fueron cuantificadas al nivel taxonómico indicado. Los números de taxa corresponden al total observado en todas las muestras analizadas. Especies cf y aff, indican las especies conferidas y afines respectivamente.....	20
2	Distribución taxonómica de las especies de dinoflagelados identificados en las muestras del Pozo Buenaventura 1-ST-P. Las asignaciones siguen la taxonomía propuesta en Dinoflaj2 (Fensome <i>et al.</i> , 2008).....	22

## Capítulo 1. Introducción

---

El noroccidente colombiano es una zona primordial para tratar de comprender mejor la evolución geológica del NW de Suramérica, pero la falta de información detallada sobre esta región no permite esclarecer con fidelidad los procesos y eventos geológicos y paleoceanográficos que pudieron haber afectado la región noroccidental de Suramérica.

Como todo modelo de evolución geológica, es necesario contar con un marco cronoestratigráfico confiable y con la mayor resolución posible. Esto se dificulta en esta región por las diferentes facies de depositación representadas en la columna estratigráfica estudiada. Las unidades involucradas incluyen ambientes desde continentales hasta batiales. Una de las herramientas geológicas útiles para construir un marco cronoestratigráfico confiable, es la palinología. Esta disciplina puede dar información cronológica y paleoambiental sobre las cuencas tanto en ambientes marinos, gracias al uso de dinoflagelados, como continentales a través del estudio de polen y esporas. Así mismo, la palinología permite realizar correlaciones estratigráficas, puede aportar al estudio de la evolución de las cuencas y contribuir a la elaboración de reconstrucciones paleogeográficas (Van Hinte, 1978; Traverse, 1988; Jansonius y McGregor, 1996).

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio palinológico cuantitativo y cualitativo de 50 muestras provenientes del pozo Buenaventura 1-ST-P, ubicado en el municipio de Buenaventura, Departamento del Valle del Cauca del Pacífico colombiano. Este estudio está enfocado principalmente hacia los dinoflagelados, con el fin de contribuir a asignar la edad de la columna perforada y a su vez presentar una estimación sobre los posibles paleoambientes que prevalecieron durante el depósito sedimentario. Los resultados de dinoflagelados se comparan con información existente de foraminíferos y nanoplancton calcáreo, los cuales están calibrados a escala global en áreas tropicales. También se incluyen los datos de polen y esporas para calibrar los alcances estratigráficos de los dinoflagelados en áreas tropicales, así como calibrar los alcances estratigráficos reportados para el polen y esporas en esta parte de Suramérica (Jaramillo *et al.*, 2011).

Con la integración de estos datos se establece una bioestratigrafía integrada para el pozo Buenaventura 1-ST-P. Además se elabora una paleobatimetría consenso con la ayuda de foraminíferos bentónicos y la información litológica del pozo, con lo cual se reconocen ciclos Transgresivo-Regresivos (T-R) y se correlaciona con la carta de ciclos eustáticos elaborada por Haq *et al.*, (1988). Esta correlación aumenta la resolución temporal de la sección en estudio y finalmente permite elaborar un marco cronoestratigráfico que permita correlaciones con eventos paleoceanográficos regionales y tectónicos locales.

No existe ningún estudio palinológico publicado específicamente sobre dinoflagelados en esta área de Colombia. Además, de manera general, existen pocas publicaciones sobre este grupo micropaleontológico en el trópico americano (Helenes y Somoza, 1999; Helenes y Cabrera, 2003; Zegarra y Helenes, 2011), por lo que este estudio servirá para avanzar en el conocimiento de esta rama científica en la región.

## **1.1 Localización**

El área de estudio se encuentra ubicada en el municipio de Buenaventura, Departamento del Valle del Cauca, Pacífico colombiano (Figura 1). El material de estudio proviene del pozo Buenaventura 1-ST-P, perforado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos-Colombia (ANH) en el año 2012, el cual está localizado en las coordenadas planas 922,705N y 674,136E; Datum Magna Sirgas origen Bogotá.



**Figura 1: Pozo Buenaventura 1-ST-P; ubicado en el occidente colombiano en cercanías a la población de Buenaventura, Departamento del Valle del Cauca-Colombia.**

## 1.2 Objetivos

### Objetivo General

Documentar en detalle los conjuntos de dinoflagelados, para contribuir al conocimiento de estos fósiles durante el Neógeno en un área tropical, específicamente el Pacífico colombiano y elaborar un marco bioestratigráfico integrado de la columna perforada con base en la combinación de datos de los dinoflagelados observados, polen y esporas y nanoplancton calcáreo reportados en las mismas muestras. Este marco bioestratigráfico y la evolución paleobatimétrica integrada se correlacionarán con ciclos eustáticos de tercer orden para obtener un marco cronoestratigráfico de alta resolución, el cual permitirá calibrar los rangos estratigráficos de algunos de los dinoflagelados observados. Además, se interpretarán cambios paleoambientales y paleoceanográficos con base en los conjuntos de dinoflagelados y demás microfósiles reportados.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar géneros y especies de dinoflagelados en las muestras del pozo Buenaventura 1-ST-P y analizarlas cuantitativamente y cualitativamente.
- Obtener e interpretar la información respecto a abundancias y eventos bioestratigráficos a partir de dinoflagelados.
- Integrar y comparar los resultados palinológicos con los datos de foraminíferos bentónicos y nanoplancton calcáreo, ya estudiados en el pozo Buenaventura 1-ST-P, con el fin de aumentar la resolución bioestratigráfica y paleoambiental.
- Identificar las edades y paleobatimetría consenso para reconocer ciclos Transgresivo-Regresivos (T-R) en la columna perforada y correlacionarlos con la carta de ciclos eustáticos de tercer orden.
- Elaborar un marco cronoestratigráfico incluyendo dataciones de ciclos eustáticos.
- Correlacionar las características litológicas y micropaleontológicas con eventos geológicos y paleoceanográficos.

### **1.3 Marco Geológico Regional**

La esquina NW de Suramérica, específicamente la zona occidental de Colombia, refleja un área geológicamente compleja, en la cual interactúan tres placas tectónicas la Suramericana, Nazca y Caribe (Cediel *et al.*, 2003).

La historia geológica en esta área, abarca probablemente desde el Cretácico tardío hasta el Reciente. En este intervalo de tiempo, se relacionan procesos complejos de subducción entre las placas tectónicas mencionadas, así como la colisión y acreción de arcos volcánicos de afinidad oceánica como el arco Panamá-Chocó (Restrepo y Toussaint, 1988; Duque-Caro, 1990a-b; Cediel *et al.*, 2003; Moreno y Pardo, 2003; Kerr y Tarney, 2005; Nivia *et al.*, 2006; Pindell y Kennan, 2009). Estos eventos han



ocasionado el levantamiento de las montañas noroccidentales de Suramérica, controlado la sedimentación de las cuencas occidentales de Colombia y generado la formación de puentes continentales como el Istmo de Panamá. Sin embargo, la poca información geológica detallada en el noroccidente colombiano, sólo ha permitido la elaboración de modelos generales sobre la evolución geológica en esta región.

El modelo paleogeográfico más completo del Pacífico colombiano describe la evolución geológica, batimetría y circulación oceánica de esta franja del NW Suramericano durante el Neógeno (Duque-Caro, 1990a). Este modelo considera que una parte del noroccidente colombiano y el Istmo de Panamá conforman un terreno, denominado Bloque Chocó, el cual se caracteriza principalmente por tres rasgos estructurales y litogenéticos: los arcos de Dabeiba y Baudó, las cuencas de Atrato en Colombia y Chucunaque en Panamá y la Zona Deformada de Istmina, conocida como el Alto de Istmina-Condoto.

Los arcos Dabeiba y Baudó constituyen los extremos oriente y occidente respectivamente del Bloque Chocó y contienen rocas ígneas y sedimentarias de afinidad oceánica de edad Cretácico al Mioceno, que no presentan relaciones estratigráficas claras entre sí. Las cuencas Atrato y Chucunaque presentan potentes secuencias sedimentarias pelágicas y hemipelágicas de edad Oligoceno a Mioceno medio y depósitos terrígenos marinos con mezcla de foraminíferos del Mioceno medio, Oligoceno y Eoceno, evidenciando incoherencias estratigráficas y que se han interpretado como depósitos turbidíticos. La Zona Deformada de Istmina es considerada dentro de este modelo como consecuencia de la perturbación tectónica del Bloque Chocó durante el Mioceno medio (Duque-Caro, 1990b).

El Bloque Chocó es interpretado como un terreno alóctono proveniente de Centroamérica y que fue adosado a Suramérica durante el Mioceno medio. Las evidencias geológicas que sustentan este modelo incluyen la diferencia litogenética entre el Bloque Chocó y Suramérica y la afinidad de foraminíferos planctónicos de edad Paleoceno del Arco Dabeiba con Centroamérica, los cuales son considerados atípicos en el NW de Suramérica. También se postula que la zona de falla de Uramita es la sutura que “une” el Bloque Chocó con el noroccidente suramericano (Cordillera

Occidental de Colombia). De igual manera, en este modelo se plantea que posterior a la acreción del Bloque Chocó con Suramérica, existieron cambios en la circulación oceánica, debido a la restricción de corrientes marinas entre los océanos Pacífico y Atlántico a partir del Mioceno medio a tardío; encontrándose diferencias en las asociaciones de foraminíferos bentónicos entre el Pacífico y el Caribe (Duque-Caro, 1990a).

En el noroccidente colombiano se encuentran tres cuencas sedimentarias principales, las cuencas San Juan, Atrato y Urabá, de las cuales las dos primeras están consideradas dentro del Bloque Chocó (Figura 2). La interacción de las tres placas tectónicas anteriormente aludidas, han afectado los patrones de sedimentación y proporcionado rasgos geológicos y estructurales distintivos a cada una de estas cuencas (Suárez-Rodríguez, 2007).

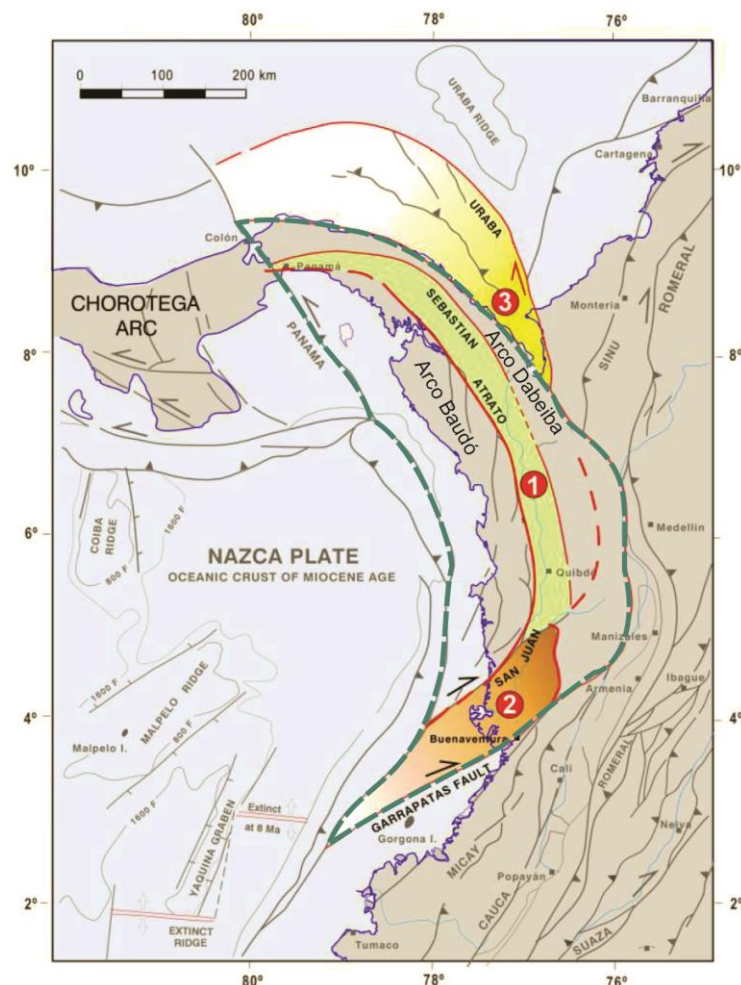


Figura 2: Localización de las principales cuencas sedimentarias del noroccidente colombiano y los límites estructurales de la cuenca San Juan (2); cuenca Atrato (1) y cuenca Urabá (3). La línea punteada verde limita el Bloque Chocó. (Modificado de Cediel *et al.*, 2009).

Para el presente trabajo se estudiará material proveniente de la cuenca San Juan, por lo que se ahondará en las características geológico-estructurales de dicha cuenca, la cual se halla dentro del Bloque Chocó definido por Duque-Caro (1990b). La cuenca San Juan es una cuenca de desgarre que se encuentra limitada por dos sistemas de fallas transcurrentes subparalelas, al sur por el Sistema de Fallas Garrapatas-Dabeiba y al norte por el Sistema de Fallas San Juan-Sebastián, las cuales se consideran como dos suturas que yuxtaponen respectivamente, al Terreno Cañasgordas de edad Cretácico tardío y al Terreno El Paso (Arco Magmático de Mandé) de edad Eoceno con el noroccidente colombiano, y que posiblemente han controlado la sedimentación de la cuenca a partir del Oligoceno (Cediél *et al.*, 2009; Bedoya *et al.*, 2009).

Los pocos estudios estratigráficos en la cuenca San Juan son locales y están restringidos principalmente en el Alto Istmina-Condoto, en la parte superior del río San Juan, por lo que hay incertidumbre para definir formalmente las unidades litoestratigráficas para esta cuenca.

La columna estratigráfica más completa hasta el momento es la realizada por Figueroa y Nuñez (1990) basada en observaciones y descripciones de campo. A continuación se describe la secuencia estratigráfica ideal de la cuenca San Juan y el basamento sobre el que reposa:

### **Basamento**

El basamento de la cuenca San Juan se encuentra conformado por plutones calco-alcalinos, basaltos toleíticos, turbiditas de grano fino a grueso, chert, calizas y rocas piroclásticas básicas de edad Cretácico superior, que corresponde al Grupo Cañasgordas. Este se atribuye como un terreno alóctono (Terreno Cañasgordas), el cual se acrecionó a la margen NW del continente suramericano (Etayo *et al.*, 1983).

### **Cobertera sedimentaria**

Suprayaciendo el basamento se encuentra la Formación Iró de edad Paleoceno-Eoceno, conformada por chert, lutitas silíceas, lutitas negras ricas en materia orgánica, arcillolitas, areniscas líticas grises y calizas grises (Figueroa y Núñez, 1990). En la parte superior de esta unidad reposa la Formación Sierra (Oligoceno) la cual está constituida

por conglomerado basal, areniscas calcáreas, limolitas y arcillolitas calcáreas y calizas (Figueroa y Núñez, 1990).

Ascendiendo estratigráficamente se halla el Grupo San Juan (Mioceno inferior-Mioceno medio), dentro del cual se encuentran las formaciones Istmina, Conglomerados de La Mojarra y Condoto. La Formación Istmina, la parte más basal del grupo, está compuesta por grauwacas grises-azulosas, intercaladas con limolitas, arcillolitas grises y conglomerados de chert (Figueroa y Núñez, 1990).

La Formación Conglomerados de La Mojarra presenta conglomerados de chert, fragmentos de rocas extrusivas, calizas grises y fragmentos de cuarzoarenitas, los cuales están intercalados con lentes de areniscas y limolitas. En la parte superior del Grupo San Juan se encuentra la Formación Condoto, constituida por arcillolitas, limolitas y areniscas grises calcáreas, y conglomerados de chert, cuarcitas y fragmentos de rocas ígneas (Figueroa y Núñez, 1990).

La Formación Munguidó (Mioceno superior) suprayace al Grupo San Juan y está conformada por areniscas conglomeráticas grises-marrones con abundante contenido de material carbonoso (Figueroa y Núñez, 1990). Finalmente, en la parte superior de la columna estratigráfica, la Formación Atrato (Plioceno-Pleistoceno?) consta de limolitas, areniscas y conglomerados poco consolidados con fragmentos de materia orgánica carbonizada (Figueroa y Núñez, 1990).

De acuerdo a la incertidumbre litoestratigráfica presente en la cuenca San Juan, se tomará con cautela la asignación de unidades estratigráficas a la sección estudiada en el pozo Buenaventura 1-ST-P. Las cuales según, las descripciones de la literatura corresponderían probablemente a las formaciones Condoto y Munguidó.

## 1.4 Dinoflagelados

**Biología:** Los dinoflagelados son organismos acuáticos unicelulares pertenecientes al Reino Protista y al Filo Dinoflagellata. Hay algunas especies de agua dulce y aproximadamente la mitad de las especies vivientes son marinas. Representan el segundo grupo taxonómico más importante dentro del fitoplancton, con respecto a la productividad primaria (Taylor, 1987; Gómez, 2005; Hoppenrath *et al.*, 2009). Aproximadamente la mitad de las especies son autótrofas, pero hay heterótrofas y en menor proporción mixótrofas y simbiontes. La gran mayoría de dinoflagelados, se caracterizan por poseer un núcleo celular distintivo, llamado dinocarión, el cual entre otras particularidades consta de cromosomas fibrilares condensados que se fijan a la membrana nuclear, permaneciendo visible de esta manera durante todo el proceso mitótico (Fensome *et al.*, 1993).

El ciclo de vida de los dinoflagelados se caracteriza principalmente por tener una fase móvil y otra inmóvil, y con dos fases de reproducción, una asexual y otra sexual (Figura 3). Durante la etapa móvil, su locomoción se da gracias a dos flagelos desiguales, uno transversal que envuelve la célula y otro longitudinal que se extiende hacia la parte posterior de la célula. En esta etapa, algunas especies se recubren por placas poligonales de celulosa llamadas tecas, las cuales tienen un arreglo sistemático y definen la tabulación de estos microorganismos y ayuda a su clasificación taxonómica actual. Así mismo, en la fase inmóvil o período latente, aproximadamente el 30% de las especies construyen una cubierta externa resistente denominada quiste de resistencia, éste en ocasiones representa la tabulación de las tecas; lo cual, sirve de apoyo a los micropaleontólogos para clasificar los fósiles de dinoflagelados (Evitt, 1985).

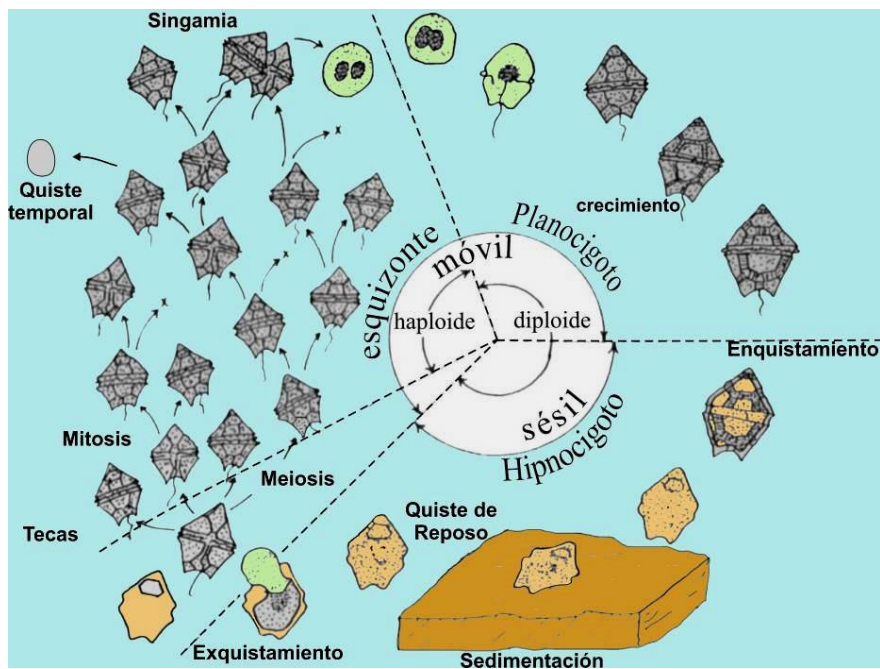


Figura 3: Ciclo de vida de los dinoflagelados. (Modificado de Evitt, 1985).

**Morfología:** Los flagelos descritos anteriormente (transversal y longitudinal) se encuentran ubicados en depresiones denominadas cíngulo y sulco respectivamente, este último interrumpe el cíngulo. La zona de dicha interrupción corresponde al lado ventral de la célula y es donde se hallan los poros flagelares, mientras que el lado opuesto concierne al dorso. Del cíngulo hacia donde se proyecta la mayor parte del sulco atañe al área posterior o antápice y la zona “superior” del cíngulo hacia “arriba” corresponde a la región anterior o ápice (Figura 4), que es hacia donde se desplazan al batir los flagelos.

Existen dos particularidades generales en la morfología de estos microorganismos que contribuyen de manera fundamental en su clasificación taxonómica, tanto en organismos recientes como fósiles, estas son la tabulación y el arqueópilo. La tabulación es la organización sistemática de las placas poligonales (tecas), las cuales pueden definir arreglos característicos de los grupos taxonómico, desde ordenes (ej: peridiniales y gonyaulacales), hasta géneros (ej: *Leptodinium* vs. *Impagidinium*).

El segundo rasgo distintivo, el arqueópilo, es de gran importancia para la identificación fósil, ya que es la abertura en el quiste de los dinoflagelados que se forma durante el

exquistamiento del protoplasma. El tipo de arquépilo es importante para la identificación a nivel de género (Evitt, 1985).

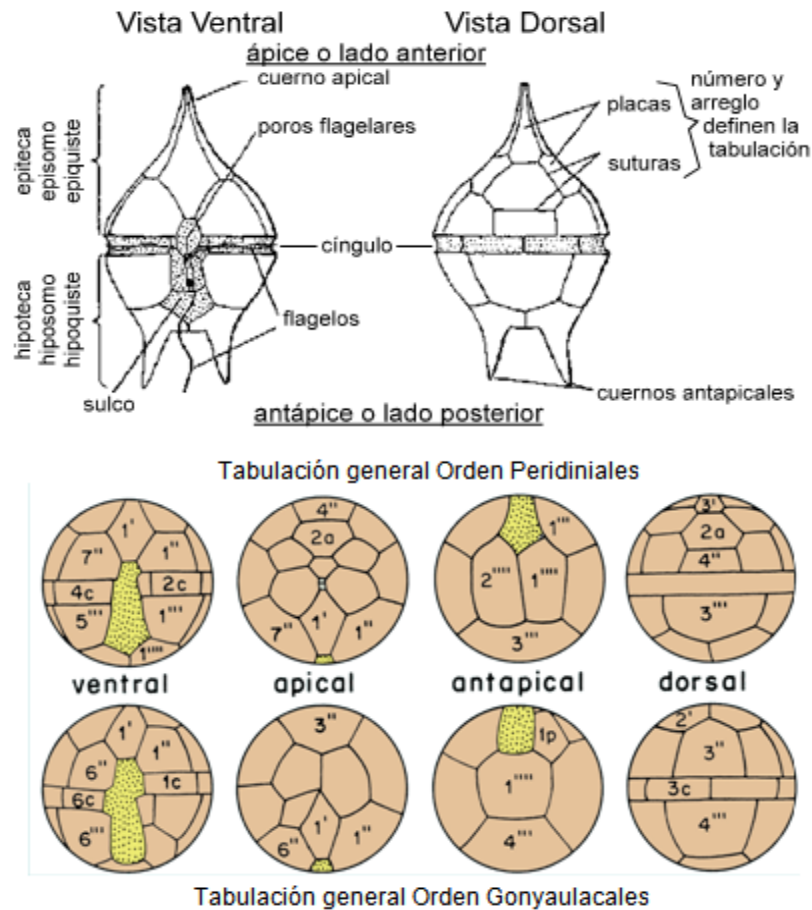
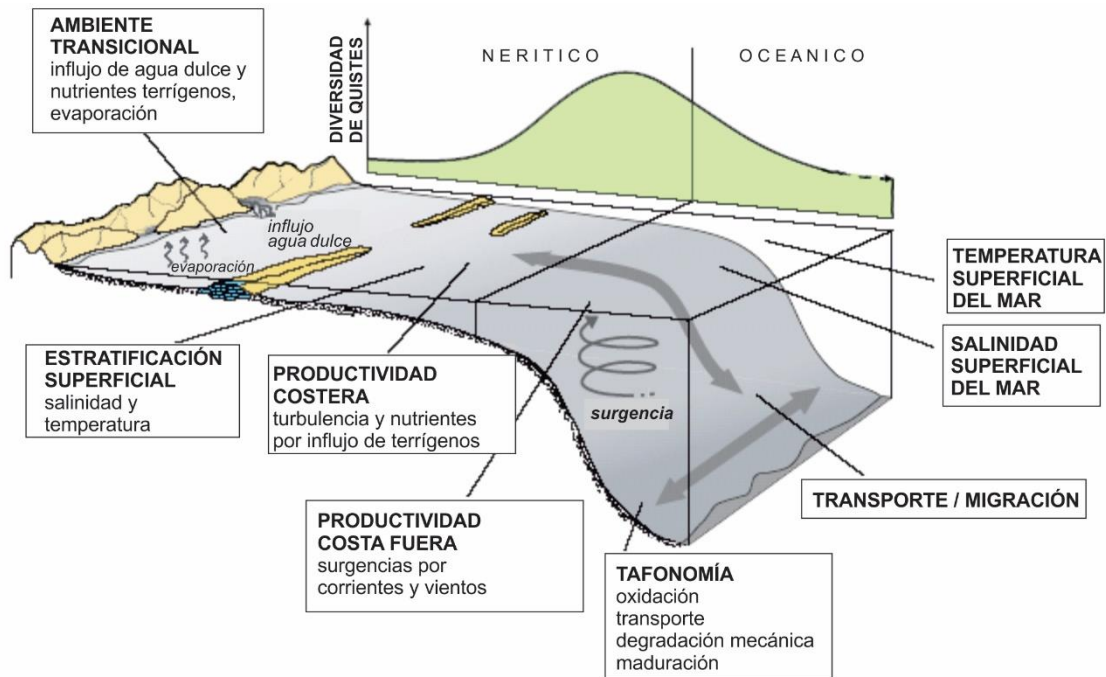


Figura 4: Esquema generalizado de la morfología de dinoflagelados. (Modificado de Evitt, 1985).

**Ecología:** Los dinoflagelados autótrofos son parte fundamental de la productividad primaria marina, por lo cual dependen esencialmente de la disponibilidad de luz, nutrientes, temperatura y salinidad del agua (Edwards y Andrie, 1992; Matsuoka, 1992; Mudie, 1992; Rochon *et al.*, 1999; Marret y Zonneveld, 2003; de Vernal *et al.*, 2005; Zonneveld *et al.*, 2013). Dichos factores ambientales están influenciados por las características geográficas y oceanográficas específicas de cada localidad (Figura 5), tal como: latitud, batimetría, distancia a la línea de costa, corrientes marinas y aporte de material terrígeno (Wall *et al.*, 1977; Wrenn y Kokinos, 1986; Brinkhuis, 1994; Pross y Brinkhuis, 2005). Los dinoflagelados, así como toda la flora y fauna, presentan respuestas biológicas, positivas o negativas a dichas condiciones ambientales. Al estudiar los cambios en la estructura de las comunidades y abundancia de

dinoflagelados, es posible realizar inferencias indirectas sobre las condiciones ecológicas de un área específica.



**Figura 5: Factores que afectan la producción y distribución de quistes de resistencia. (Modificado de Pross y Brinkhius, 2005).**

**Estratigrafía:** El registro fósil de quistes de dinoflagelados es conocido con certeza desde el Triásico tardío, siendo más relevante su presencia en rocas desde el Jurásico y presentan una diversificación durante el Cretácico, lo cual ha permitido diversos estudios en bioestratigrafía para el Mesozoico alrededor del mundo (Williams y Bujak, 1985; Powell, 1992; Helenes *et al.*, 1998; Helenes y Somoza, 1999; Williams *et al.*, 2004).

De igual forma, para el Cenozoico existen diferentes investigaciones que han contribuido significativamente a la calibración bioestratigráfica de quistes fósiles de dinoflagelados (Drugg y Stover, 1975; Harland, 1979; Bujak, 1984; Matsuoka y Bujak, 1988; de Verteuil y Norris, 1996; Helenes y Cabrera, 2003; Helenes *et al.*, 2009).



## Capítulo 2. Metodología

---

Para cumplir con los objetivos propuestos en este trabajo, fueron procesadas y analizadas 50 láminas palinológicas provenientes del pozo Buenaventura 1-ST-P, cuya ubicación geográfica se especificó en el capítulo anterior. Este pozo perforó 3699 m, de los cuales 504 m fueron muestreados con núcleo y los 3195 m restantes muestreados con rípios. Las profundidades comprendidas entre: 792-1012 m; 1372-1411 m; 1502-1683 m y 2152-2216 m, corresponden a los intervalos corazonados.

### 2.1 Selección de las muestras

El intervalo muestreado para el estudio de los palinomorfos marinos fue desde 1070 m hasta 3057 m de profundidad, para un total de 1987 m muestreados. De los cuales 284 m hacen parte de los intervalos de núcleos de perforación y los 1703 m restantes son muestras de rípios (Figura 6). La elección de este intervalo del pozo para el análisis se efectuó por tres razones principales:

-Material rocoso predominantemente de grano fino (arcillolitas y limolitas), el cual es más propenso a contener quistes de dinoflagelados. El análisis litológico se realizó a partir del registro de rayos gamma del pozo y complementado con el reporte diario de lodos de perforación, el cual describe el tipo de roca que se va perforando conforme avanza el pozo.

-Dentro de este intervalo se encuentran los segmentos con mejor recobro de otros grupos taxonómicos marinos, específicamente foraminíferos y nanofósiles calcáreos, lo cual sugiere la posibilidad de un buen recobro de dinoflagelados.

-El primer kilómetro de perforación fue descartado para llevar a cabo el estudio, por poseer rocas con tamaño de grano predominantemente de areniscas a conglomerados y por tener muy bajo recobro de microfósiles marinos. Los 650 m más profundos del pozo, tampoco se tuvieron en cuenta para el análisis, igualmente por el bajo recobro de microfósiles marinos y por encontrarse rocas principalmente conglomeráticas.

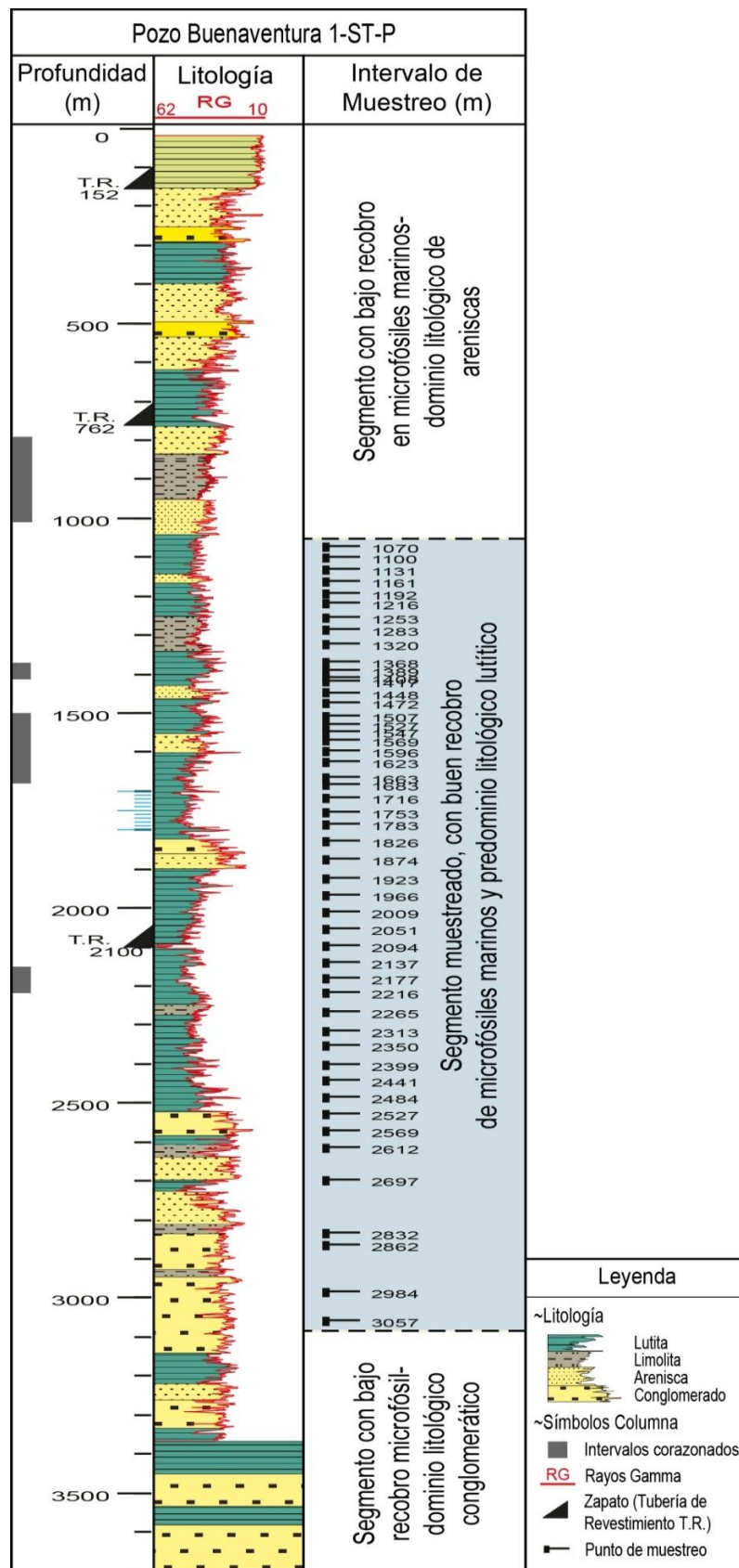


Figura 6: Columna Litológica del Pozo Buenaventura 1-ST-P con el registro de Rayos Gamma; evidenciándose el intervalo de estudio elegido en el pozo.

## 2.2 Procesamiento de muestras palinológicas

Para la recuperación de la materia orgánica las muestras fueron preparadas mediante la técnica empleada en el Instituto de Investigaciones en Estratigrafía (IIES), de la Universidad de Caldas-Colombia, y el procedimiento consta de lo siguiente:

- ✓ Macerado de cada muestra hasta obtener entre 12 y 20 gramos de roca disgregada.
- ✓ Ataque con HCl (37 %) por 12 horas con el fin de eliminar los carbonatos.
- ✓ Ataque con HF (70 %) durante 24 horas para eliminar los silicatos.
- ✓ Decantado y tamizado con mallas de 106  $\mu\text{m}$  para eliminar fracción gruesa y con malla de 63  $\mu\text{m}$  con el propósito de separar el material medio.
- ✓ Tamizado con malla de 10  $\mu\text{m}$  con la finalidad de eliminar la fracción fina.
- ✓ Ultrasonido del residuo retenido en las mallas de 10 y 63  $\mu\text{m}$ , entre 1 y 2 minutos para eliminar la fracción más densa.
- ✓ Tamizado con malla de 10  $\mu\text{m}$  del material flotante que corresponde mayoritariamente a la fracción menos densa representada por la materia orgánica.
- ✓ Adición de KOH (10 %) para eliminar ácidos húmicos.
- ✓ Lavado con agua y centrifugado.
- ✓ Subdivisión del residuo orgánico en dos porciones aproximadamente iguales.

Una de las porciones fue sometida al procedimiento de oxidación siguiente:

- Ataque con  $\text{HNO}_3$  (65 %) por 3 minutos para oxidar la materia orgánica.
- Lavado con agua destilada y centrifugado para eliminar la porción ligera.
- Adición de  $\text{NH}_4\text{OH}$  (5 %) por 1 minuto para descartar más ácidos húmicos.
- Lavado con agua y tamizado en malla de 10  $\mu\text{m}$ .
- Centrifugado y eliminación del sobrenadante.

A la porción restante no se le realizó ninguno de estos últimos ataques químicos; quedando al final una parte oxidada y otra sin oxidar. Se realizó el montaje de las láminas palinológicas en portaobjetos con sus respectivas porciones oxidadas y no oxidadas. Para esto se agregaron gotas de alcohol polivinílico, se secó en plancha, se colocaron los cubreobjetos y se sellaron con bálsamo de Canadá. Cada lámina fue rotulada como corresponde.

## 2.3 Análisis de las placas palinológicas

Para el análisis palinológico se contó en su totalidad cada lámina, con el fin de cuantificar el número de especies de dinoflagelados presentes en cada muestra.; Dicho análisis se llevó a cabo en un microscopio óptico de luz transmitida, marca Olympus CX-31 con objetivos de 20x, 40x y 100x para casos en los cuales fuese necesario obtener detalles morfológicos específicos. Se tomaron fotografías con una cámara digital marca Olympus y procesadas con el programa Q-Capture Pro, con el fin de elaborar un registro fotográfico de las especies de dinoflagelados más representativos del intervalo de estudio (Anexo A).

La identificación taxonómica de las diferentes especies de dinoflagelados y sus respectivos rangos bioestratigráficos fueron respaldados por bibliografía especializada, entre las que se encuentran Eisenack (1964); Drugg y Stover (1975); Stover y Evitt (1978); Artzner *et al.*, (1979); Bujak (1984); Evitt (1985); Williams y Bujak (1985); Jan du Chêne *et al.*, (1986); Bujak y Matsouka (1986); Stover y Williams (1987); Helby *et al.*, (1987); Matsuoka y Bujak (1988); Head *et al.*, (1989); Fensome *et al.*, (1991); Powell (1992); Williams *et al.*, (1993); de Verteuil y Norris (1996); Jansonius y McGregor (1996) y Williams *et al.*, (2004).

Para la revisión de los rangos bioestratigráficos de los palinomorfos continentales reportados para este estudio, se acudió a los trabajos realizados por Germeraad *et al.*, (1968); Pares-Regali *et al.*, (1974); Lorente (1986); Müller *et al.*, (1987) y Jaramillo *et al.*, (2011).

Así mismo, los rangos bioestratigráficos de algunos palinomorfos fueron consultados y comparados con la base de datos digital PALYNODATA (Palynodata y White, 2008).

## 2.4 Análisis de los datos

Los datos obtenidos en el análisis palinológico cuantitativo fueron procesados y graficados con el programa *Sipgrade* (Victorio, 2003), con el cual se elaboraron las

gráficas de distribución bioestratigráfica de palinomorfos y gráficos de porcentajes y abundancias.

La gráfica de distribución bioestratigráfica (Anexo C) muestra los Registros Estratigráficos Superiores (RES) de los palinomorfos en el pozo, evidenciando los intervalos bioestratigráficos y las respectivas líneas de tiempo en el pozo. El eje horizontal del gráfico representa la abundancia de palinomorfos, indicada por barras de diferentes colores, mientras que el eje vertical presenta la profundidad de las muestras en el pozo. Teniendo en cuenta que la mayor parte de las muestras provienen de ripios de perforación y que esto puede provocar mezcla por material caído de las rocas superiores ya perforadas, se prestó mayor atención a los RES de los palinomorfos en el sentido de la perforación.

Los gráficos de abundancias de microfósiles marinos (Figuras 8, 12 y 13) y gráficos de porcentajes de palinomorfos terrestres y marinos (Figura 10 y 11) muestran las variaciones en el registro estratigráfico del pozo. Estas variaciones permiten interpretar cambios en condiciones paleoecológicas y marinas y en las comunidades biológicas. Por lo cual también se elaboraron gráficas que muestran cambios en las abundancias de los dos grupos morfológicos de dinoflagelados más representativos, Gonyaulacales (autotróficos) y Peridiniales (heterotóxicos). Lo anterior está basado en las estrategias de los dinoflagelados Gonyaulacales, que son esencialmente autótrofos y se encuentran en aguas principalmente cálidas y estratificadas. Por otro lado, los Peridiniales son organismos predominantemente heterótrofos, generalmente prevalecen en aguas frías y proliferan mayoritariamente en zonas de surgencias (Edwards y Andrieu, 1992; de Vernal *et al.*, 2001; Bringué *et al.*, 2013).

## **2.5 Integración con otros grupos micropaleontológicos**

Para obtener información más confiable respecto a la edad de las muestras estudiadas y a los ambientes de depósito de los sedimentos, se integraron los datos obtenidos de dinoflagelados con otros grupos micropaleontológicos ya estudiados en el pozo, los cuales son foraminíferos bentónicos, nanoplancton calcáreo, polen y esporas. Los foraminíferos bentónicos viven en el sustrato marino y son excelentes indicadores

paleoambientales, puesto que evidencian las condiciones paleobatimétricas en las cuales fueron depositados los sedimentos que los contienen. Por otro lado el nanoplancton calcáreo son buenos indicadores bioestratigráficos, ya que sus distribuciones geográficas son amplias y sus rangos estratigráficos temporales son restringidos y bien conocidos. Para el análisis bioestratigráfico de los nanofósiles calcáreos se consultó los rangos reportados en Perch-Nielsen (1985); Sherwood *et al.*, (2002); Galovic y Young (2012) y Young *et al.*, (2014). Esto, a su vez, los convierte en una buena herramienta para ayudar a calibrar edades de otros grupos micropaleontológicos no tan ampliamente conocidos, como lo es el caso de los dinoflagelados.

El estudio de polen y esporas es también ampliamente usado mundialmente. Estos grupos micropaleontológicos, sirven de apoyo tanto en el ámbito bioestratigráfico como en el paleoecológico y paleoambiental, ya que permiten elaborar un comparativo entre las abundancias de palinomorfos terrestres contra palinomorfos marinos, contribuyendo a discernir el ambiente de depósito sedimentario más probable.

## **2.6 Correlación con ciclos eustáticos**

Los cambios en el nivel del mar (ascensos o descensos) registrados a escala global en un determinado intervalo de tiempo, se denominan cambios eustáticos. Estas fluctuaciones en el nivel del mar, son categorizadas principalmente de acuerdo a su periodicidad; obteniéndose de esta manera 5 órdenes de ciclos eustáticos (Vail *et al.*, 1991; Catuneanu, 2002).

El primer orden tiene una oscilación mayor a 50 millones de años (Ma); dichas variaciones en el nivel del mar son atribuidas a tectonismo global (creación o destrucción de megacontinentes). En el segundo orden existen ciclicidades entre 3 y 50 Ma, que atañen al tectonismo regional (variación en los ritmos de expansión oceánica). Para los ciclos de tercer orden hay una frecuencia entre 0.5 y 3 Ma, concerniente al tectonismo local, glaciaciones y a la dinámica de cuencas. Los ciclos de cuarto y quinto orden poseen una corta duración, estimada entre 0.01 y 0.5 Ma, éstos se encuentran relacionados con los ciclos orbitales terrestres (precesión, inclinación y excentricidad)

(Vail *et al.*, 1991; Catuneanu, 2002). Si un ciclo de 3r orden se presenta simultáneamente en tres márgenes continentales pasivas, se pueden interpretar como relacionado con un evento eustático (Haq *et al.*, 1988). Su uniformidad ha permitido datarlos por medio de bioestratigrafía y calibraciones radiométricas, las cuales se han actualizado periódicamente (Gradstein *et al.*, 2012).

Estos cambios en el nivel del mar afectan el depósito de sedimentos marinos, y en casos idóneos generan ciclicidad en el registro sedimentario, formando secuencias sedimentarias. Una secuencia sedimentaria está limitada por descensos contiguos en el nivel del mar y se encuentran marcados por superficies que pueden ser erosivas, de modo que la secuencia se halla conformada por una fracción transgresiva (ascenso del nivel del mar) y una regresiva (descenso del nivel del mar) (Vail *et al.*, 1977; Mitchum *et al.*, 1977; Posamentier *et al.*, 1988; Van Wagoner *et al.*, 1988).

Una transgresión marina se identifica por encontrarse rocas con tamaño de grano fino, que indican una profundización de la cuenca, superpuestas en rocas con tamaño de grano más grueso. Además de hallarse, en las porciones superiores estratigráficamente, asociaciones palinológica o micropaleontológica predominantemente marina, o por los menos un incremento en los palinomorfos, u otros microfósiles marinos. Mientras que una regresión marina, manifiesta lo opuesto, superposición de litología con tamaño de grano más grueso, que indica una somerización de la cuenca, sobre rocas con tamaño de grano fino. Lo que evidencia un avance de la línea de costa hacia el océano, y en contraste, existe una disminución en la abundancia de los palinomorfos, o microfósiles marinos (Helenes y Cabrera, 2003).

De acuerdo con lo anterior, en este estudio fueron identificados los ciclos sedimentarios con base en la bioestratigrafía y la paleobatimetría consenso realizada con los diferentes conjuntos micropaleontológicos integrados y estudiados, y a su vez estos ciclos inferidos fueron correlacionados con la carta de ciclos eustáticos de tercer orden propuesta por Haq *et al.*, (1988); y que han sido actualizadas en Hardenbol *et al.*, (1998) y Gradstein *et al.*, (2012). Con esta correlación se logró ajustar mejor las edades ofrecidas por los grupos micropaleontológicos, permitiendo elaborar un marco cronoestratigráfico de mayor precisión.

## Capítulo 3. Resultados

En este capítulo se encuentra el análisis cuantitativo y cualitativo de 50 láminas palinológicas estudiadas del pozo Buenaventura 1-ST-P. Se presenta el contenido de quistes de dinoflagelados en las muestras analizadas y su alcance como herramienta esencial en investigaciones bioestratigráficas y paleoambientales. Aquí solo se reportan datos de material fósil, lo que implica que todos los dinoflagelados presentes son quistes de resistencia o de dinosporina.

Así mismo, se mostrará la integración bioestratigráfica de los dinoflagelados con los diferentes grupos micropaleontológicos ya reportados para el pozo. También se incluyen las correlaciones entre la bioestratigrafía integrada con la carta de ciclos eustáticos y finalmente se indican los diferentes ambientes de depósito sedimentario consensos, interpretados con base en la litología, la palinología y los foraminíferos bentónicos para el intervalo de estudio.

Las muestras contienen palinomorfos marinos y continentales (Tabla 1). Entre los marinos se incluyen: dinoflagelados, escolecodontos, testas internas de foraminíferos y huevos diapáusicos de copépodos. Los palinomorfos continentales o terrestres incluyen: polen de angiospermas y gimnospermas, esporas de helechos y musgos. Las esporas, hifas y estructuras frutales de fungi, no se incluyen dentro del análisis, ya que no se discriminó entre hongos terrestres y marinos, debido a la falta de estudios que sustenten dicha separación ambiental de manera sistemática.

**Tabla1: Palinomorfos del Pozo Buenaventura 1-ST-P. Los grupos con (\*) son aquellos que sólo fueron cuantificadas al nivel taxonómico indicado. Los números de taxa corresponden al total observado en todas las muestras analizadas. Especies cf. y aff. indican las especies conferidas y afines respectivamente.**

Palinomorfos Pozo Buenaventura 1-ST-P				
Grupo Palinológico	Grupo Morfológico	Géneros totales	Especies totales	Especies cf - aff
Palinomorfos Marinos	Quistes de Dinoflagelados	30	65	8
	*Escolecodontos	6		
	*Testa de Foraminíferos	327		
	*Huevos de Copépodos	24		
Palinomorfos Terrestres	Polen de Angiospermas	78	50	5
	Esporas	32	45	4
	*Gimnospermas	276		



### 3.1 Análisis cuantitativo y cualitativo de los Dinoflagelados

Se observan 73 especies de dinoflagelados pertenecientes a 30 géneros. Cuatro de estas especies son conferidas (cf.) debido a que su estado de preservación no permite asegurar completamente su identificación. Mientras que otras cuatro son especies afines (aff.), es decir, son muy similares a la especie nombrada, pero definitivamente no pertenecen a esta. Debido a esta incertidumbre taxonómica, estas ocho especies no son tomadas en cuenta para algunos análisis. De las 65 especies identificadas 42 corresponden a Gonyaulacales, 21 a Peridinales y las dos especies restantes a Gymnodinales e *Incertae sedis*. De los 30 géneros encontrados, 21 corresponden al Orden Gonyaulacales, siete al Orden Peridinales, uno al Orden Gymnodinales y uno es *Incertae sedis*. (Tabla 2).

**Tabla 2: Distribución taxonómica de las especies de dinoflagelados identificados en las muestras del Pozo Buenaventura 1-ST-P. Las asignaciones siguen la taxonomía propuesta en Dinoflaj2 (Fensome *et al.*, 2008).**

Dinoflagelados Pozo Buenaventura 1-ST-P					
Orden	Género	especie	Orden	Género	especie
Gonyaulacales	<i>Achomosphaera</i>	<i>alcicornu</i>	Peridiniales	<i>Cristadinium</i>	<i>sp. nov</i>
		<i>spongiosa</i>		<i>Lejeunecysta</i>	<i>aff. beninensis</i>
		<i>ramulifera</i>			<i>aff. sabrina</i>
	<i>Batiacasphaera</i>	<i>minuta</i>			<i>cf. brassensis</i>
		<i>hirsuta</i>			<i>convexa</i>
		<i>micropapillata</i>			<i>diversiforma</i>
		<i>sphaerica</i>			<i>marieae</i>
	<i>Cleistosphaeridium</i>	<i>diversispinosum</i>			<i>cinctoria</i>
	<i>Dapsilidinium</i>	<i>pseudocolligerum</i>			<i>fallax</i>
	<i>Distatodinium</i>	<i>fusiforme</i>			<i>globosa</i>
		<i>cf. craterum</i>			<i>hyalina</i>
	<i>Glaphyrocysta</i>	<i>sp.</i>			<i>Palaeocystodinium</i>
	<i>Homotryblum</i>	<i>tenuispinosum</i>		<i>Selenopemphix</i>	<i>bothrion</i>
	<i>Hystrichokolpoma</i>	<i>denticulatum</i>			<i>brevispinosa</i>
		<i>truncatum</i>			<i>warriensis</i>
	<i>Hystrichosphaeropsis</i>	<i>obscura</i>			<i>crenata</i>
	<i>Hystrichostrogylon</i>	<i>membraniphorum</i>			<i>dionaeacysta</i>
	<i>Impagidinium</i>	<i>cf. paradoxum</i>			<i>minusa</i>
	<i>Impletosphaeridium</i>	<i>sp.</i>	<i>nephroides</i>		
	<i>Labyrinthodinium</i>	<i>truncatum</i>	<i>quanta</i>		
	<i>Lingulodinium</i>	<i>machaerophorum</i>	<i>"miniarmata"</i>		
	<i>Melitasphaeridium</i>	<i>choanophorum</i>	<i>Sumatradinium?</i>		<i>aff. hispidum</i>
	<i>Nematosphaeropsis</i>	<i>balcombiana</i>	<i>Trinovantedinium</i>		<i>ferugnomatum</i>
		<i>labyrinthus</i>		<i>variabile</i>	
	<i>Operculodinium</i>	<i>centrocarpum</i>	<i>xylochoporum</i>		
		<i>janduchenei</i>	<i>Xandarodinium?</i>	<i>xanthum</i>	
	<i>Operculodinium?</i>	<i>eirikianum</i>	Gymnodiniales	<i>Algidasphaeridium</i>	<i>capillatum</i>
		<i>placitum</i>	Incertae Sedis	<i>Quadrina</i>	<i>Condita</i>
	<i>Polysphaeridium</i>	<i>congregatum</i>			
		<i>zoharyi</i>			
	<i>Reticulosphaera</i>	<i>actinocoronata</i>			
	<i>Spiniferites</i>	<i>aff. adnatus</i>			
		<i>bulloideus</i>			
<i>ellipsoideus</i>					
<i>elongatus</i>					
<i>hyperacanthus</i>					
<i>membranaceus</i>					
<i>ovatus</i>					
<i>pseudofurcatus</i>					
<i>rubinus</i>					
<i>serratus</i>					
<i>mirabilis</i>					
<i>monilis</i>					
<i>pachydermus</i>					
<i>ramosus</i>					
<i>strictus</i>					
<i>Tuberculodinium</i>	<i>vancampoae</i>				

El anexo B contiene una lista de los géneros y especies de dinoflagelados identificados y cuantificados para cada muestra analizada.

### 3.1.1 Bioestratigrafía

Los resultados palinológicos indican que el intervalo estudiado del Pozo Buenaventura 1-ST-P corresponde al período Neógeno, específicamente desde el Mioceno temprano hasta el Mioceno tardío. Esta edad es asignada por los dinoflagelados observados en el pozo (Figura 7). La asociación de dinoflagelados, permite subdividir cronológicamente el intervalo de muestreo del pozo en tres segmentos principales, los cuales se describen a continuación, en orden estratigráfico. Entre paréntesis se indican los rangos estratigráficos en millones de años (Ma) reportados en la literatura para cada especie.

-El segmento S3, limitado en la cima por el registro estratigráfico superior (RES) de *A. alcornu* (66-11.63 Ma) a 2441 m de profundidad y finaliza con la última muestra analizada a 3057 m de profundidad. Este intervalo se encuentra representado por el probable registro estratigráfico inferior (REI) de *S. bulloideus* (16-0 Ma), *O. eirikianum* (16-0.012 Ma), *H. obscura* (23-5.33 Ma) y *S. brevispinosa* (23-1.81 Ma). *S. bulloideus* (16-0 Ma) está presente hasta 2697 m de profundidad, indicando que las rocas entre 2441 m y 2697 m, tienen una edad probable entre 11.63 y 16 Ma. Mientras que hasta 2984 m, donde se encuentran *H. obscura* (23-5.33 Ma) y *S. brevispinosa* (23-1.81 Ma) pueden tener una edad de hasta 23 Ma. Sin embargo, la edad de este límite inferior no está completamente definida por nuestros datos de dinoflagelados.

-El segmento S2 tiene en su base a los 2441 m el RES de *A. alcornu* (66-11.63 Ma) y en la cima el RES de *S. bothrion* (9.8-7.3 Ma) a 1472 m de profundidad, lo cual indica un intervalo de tiempo entre 11.63 y 7.3 Ma, puesto que suprayace al segmento S3. Además, este segmento tiene el REI de *S. minusa* (8.64-7.15 Ma)?, *S. quanta* (16-0 Ma), *Q. condita* (16-5.33 Ma), *T. ferugnomatum* (16-5.33 Ma), *T. xylochoporum* (23-5.33 Ma) y *T. variable* (16-1.81 Ma). Además, del RES y el REI de *S. serratus* (11.63-1.81 Ma) y *S. ovatus* (16-3.6 Ma).

-El segmento S1 abarca desde el nivel superior de muestreo (1070 m) hasta la profundidad de 1472 m, indicada por el RES de *S. bothrion* (9.8-7.3 Ma). En este segmento se encuentra los RES de *Q. condita* (16-5.33 Ma), *S. minusa* (8.64-7.15 Ma)?, *T. ferugnomatum* (16-5.33 Ma), *T. xylochoporum* (23-5.33 Ma), *L. globosa* (37.8-5.33 Ma), *L. cinctoria* (66-5.33 Ma), *L. hyalina* (56-5.33 Ma), *A. capillatum* (28-5.33 Ma),

*H. truncatum* (47.9-5.33 Ma) y *B. sphaerica* (56-5.33 Ma). La edad más joven para estas especies es de 5.33 Ma, lo que indica que este primer segmento del pozo, hasta 1070 m, se depositó entre 7.3 y 5.33 Ma.

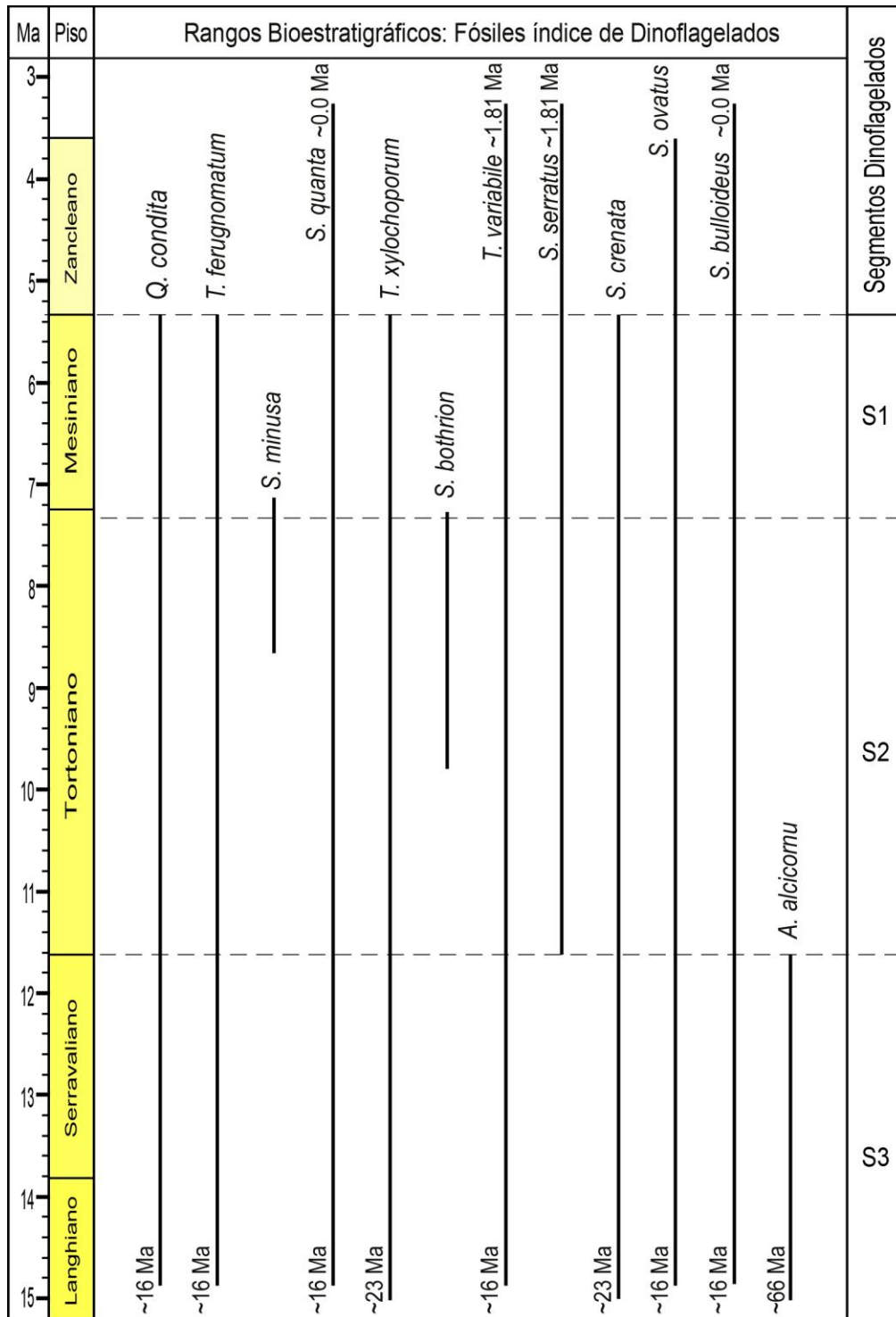


Figura 7: Rangos bioestratigráficos de algunos dinoflagelados observados en las muestras del Pozo Buenaventura 1-ST-P. Los segmentos S1, S2 y S3 son los que representan las asociaciones bioestratigráficas de dinoflagelados en el pozo.

El anexo C presenta la distribución estratigráfica de acuerdo a los RES de las especies de dinoflagelados encontrados en el pozo y la abundancia relativa de cada especie expresada en símbolos.

### **3.1.2 Abundancias de Dinoflagelados**

Se analizaron los dos grupos ecológicos más importantes de dinoflagelados (Figura 8), correspondientes a los Órdenes Peridinales (Peri) y Gonyaulacales (Gony). Los dinoflagelados Peri son principalmente heterotróficos y tienden a ser más numerosos en condiciones eutróficas con turbulencia y abundancia de diatomeas u otras algas unicelulares, las cuales son su alimentación principal. Por otro lado, las especies Gony son mayormente autotróficas y pueden encontrarse en condiciones diversas en cuanto a la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, por ser competidoras directas de las diatomeas, tienden a proliferar en aguas estratificadas.

-En el segmento S3 (3057-2527 m) se observan valores medios de abundancia de Gony y valores muy bajos, casi nulos para Peri, lo cual es similar en el segmento S2, indicando estabilidad en las condiciones paleoambientales generales en S2 y S3. No obstante, el recobro del total de dinoflagelados para este segmento es bajo y coincide con el dominio litológico de conglomerados y areniscas en S3.

-Para el segmento S2 del pozo (11.63-7.3 Ma), se aprecia un aumento en el recobro de dinoflagelados, con predominio de las formas Gony, principalmente hacia la parte más baja del segmento (11.63-9.8 Ma). Esta distribución sugiere que las condiciones paleoambientales durante ese tiempo estaban dominadas por aguas superficiales cálidas y estratificadas.

La parte superior de S2 (9.8-7.3 Ma) se caracteriza por el bajo recobro de dinoflagelados con algunos niveles de alta abundancia relativa, principalmente a los 8.8 Ma para Gony y 7.6 Ma para Peri. Sin embargo, lo que más resalta en esta fracción de S2, es la poca abundancia de dinoflagelados, lo cual se abordará más adelante en el Capítulo 4.

-En el segmento S1 (7.3-5.33 Ma) del pozo, se observa un dominio en abundancia de especies Peri, lo cual indica que las condiciones paleoambientales estaban regidas probablemente por aguas más frías, con alto aporte de nutrientes, posiblemente bajo condiciones de surgencias. Esta proliferación de formas Peri indica altos niveles de fitoplancton, sugiriendo un florecimiento (“*bloom*”) biogénico.

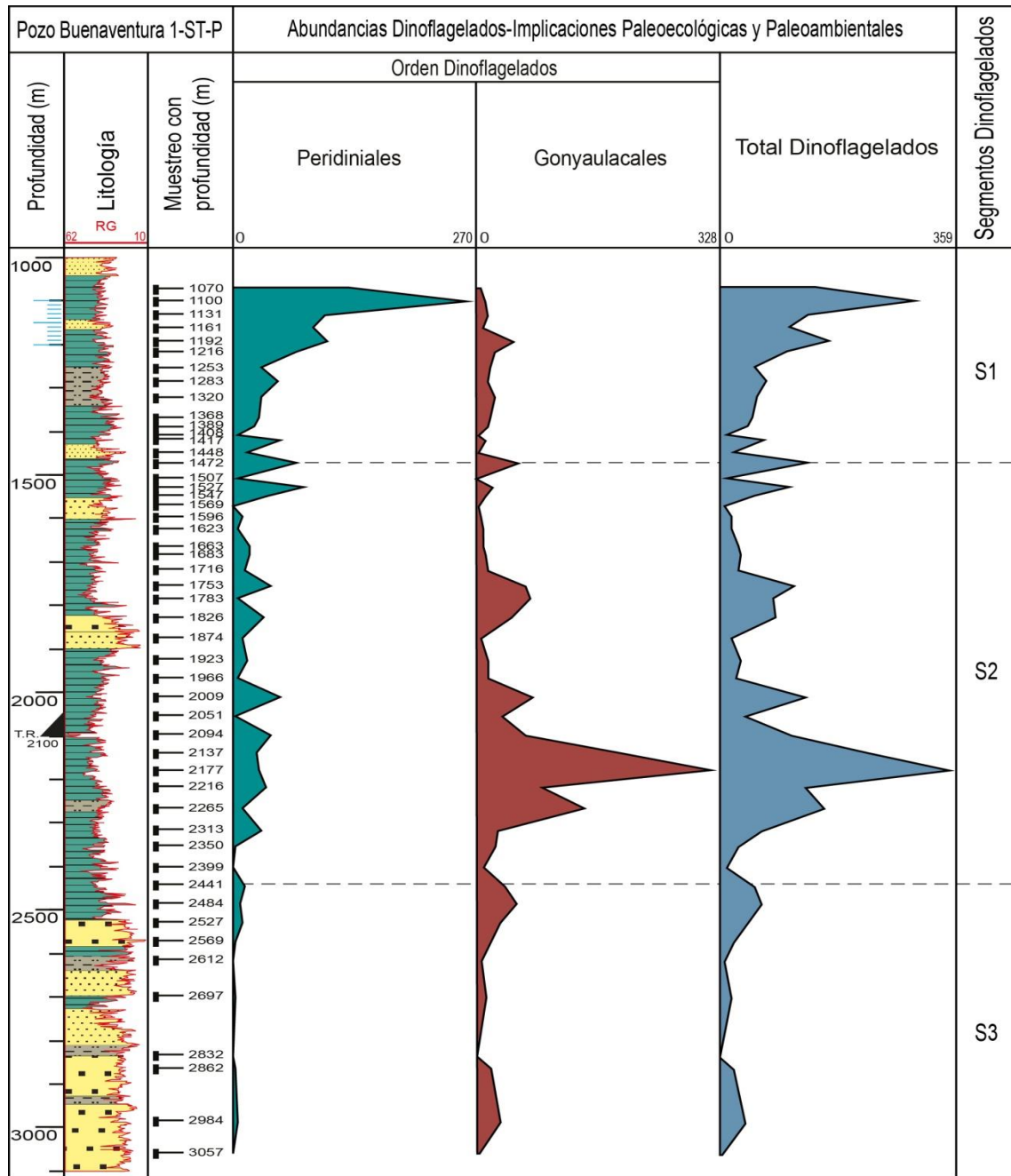


Figura 8: Abundancias de quistes de dinoflagelados totales y de los Ordenes Peridinales y Gonyaulacales del pozo Buenaventura 1-ST-P. Los segmentos S1, S2 y S3 son los que representan las asociaciones bioestratigráficas de dinoflagelados en el pozo.

### 3.2 Bioestratigrafía Integrada

Para mejorar la resolución bioestratigráfica de los segmentos cronológicos obtenidos en el pozo con dinoflagelados, se integran con datos de nanofósiles calcáreos, polen y esporas ya reportados para el pozo Buenaventura 1-ST-P (Figura 9). Esta integración también sirve para calibrar los rangos bioestratigráficos de los dinoflagelados.

Bioestratigrafía Integrada con los diferentes grupos micropaleontológicos						
Pozo Buenaventura 1-ST-P			Marcadores Bioestratigráficos			Edades Bioestratigráficas Integradas (Ma)
Profundidad (m)	Litología	Muestreo con profundidad (m)	← Registro Estratigráfico	← Registro Estratigráfico Superior	← Registro Estratigráfico Inferior	
			Nanofósiles Calcáreos	Dinoflagelados	Polen & Esporas	
1000		1070	← 1070 <i>S. neoabies</i> (10.9-3.7 Ma)	← 1070 <i>Q. condita</i> (16-5.33 Ma) <i>T. ferugnomatum</i> (16-5.33 Ma)	← 1070 <i>C. annulatus</i> (7.1-0 Ma)	5.33
		1100				7.1
		1131	← 1131 <i>H. sellii</i> (9.6-0.9 Ma)	← 1100 <i>S. minusa</i> (8.64-7.15 Ma)?	← 1161 <i>R. crotonicolumellatus</i> (13.94-3.56 Ma)	5.33
		1161				8.3
		1192	← 1167 <i>D. berggrenii</i> (8.3-5.6 Ma)	← 1131 <i>T. xylochoporum</i> (23-5.33 Ma)	← 1192 <i>P. cingulatus</i> (12.08-3.72 Ma)	
		1216				5.6
		1253	← 1192 <i>C. leptoporus</i> (23.2-5.6 Ma)			8.7
		1283				
		1320	← 1283 <i>P. multipora</i> (55-5.6 Ma)	← 1417 <i>T. variabile</i> (16-1.81 Ma)	← 1408 <i>F. spinosus</i> (12.7-0.24 Ma)	
		1368				
1500		1448		← 1472 <i>S. bothrion</i> (9.8-7.3 Ma)	← 1507 <i>E. spinosus</i> (17.41-0.14 Ma)	7.3
		1472				8.7
		1507	← 1547 <i>S. abies</i> (23.2-3.6 Ma)	← 1527 <i>Q. condita</i> (16-5.33 Ma) <i>T. ferugnomatum</i> (16-5.33 Ma)	← 1547 <i>N. fossulatus</i> (19.05-1.03 Ma)	
		1547				7.4-8.7
		1569	← 1663 <i>D. loeblichii</i> (8.7-7.4 Ma)	← 1683 <i>S. serratus</i> (11.6-1.81 Ma)		
		1596	← 1663 <i>S. neoabies</i> (10.9-3.7 Ma)	← 1826 <i>S. ovatus</i> (16-3.6 Ma)	← 1783 <i>R. crotonicolumellatus</i> (13.94-3.56 Ma)	7.4
		1623				10.9
		1883			← 1923 <i>C. microclavatus</i> (19.86-0.14 Ma)	
		1716				9.5-10.9
		1753				
2000		1826		← 2009 <i>T. variabile</i> (16-1.81 Ma)		9.5
		1874				11.6
		1923	← 1966 <i>C. coalitus</i> (10.9-9.5 Ma)	← 2094 <i>S. minusa</i> (8.64-7.15 Ma)?	← 2137 <i>C. vanraadshooveni</i> (14.18-3.4 Ma)	
		1966				10.5-12.08
		2009	← 2157 <i>C. miopelagicus</i> (29.6-10.5 Ma)	← 2137 <i>S. serratus</i> (11.6-1.81 Ma)		
		2051	← 2228 <i>H. walbersdorfensis</i> (14.8-10.8 Ma)	← 2313 <i>S. quanta</i> (16-0 Ma) <i>T. xylochoporum</i> (23-5.33 Ma)		10.8
		2094	← 2265 <i>H. stalis</i> (13.53-5.59 Ma)			12.08
		2137				
		2177				
		2216				
2500		2265		← 2441 <i>A. alcornu</i> (66-11.63 Ma)		11.63
		2313	← 2484 <i>H. vedderi</i> (22.8-9.6 Ma)	← 2484 <i>O. eirikianum</i> (16-0.012 Ma)	← 2527 <i>P. cingulatus</i> (12.08-3.72 Ma)	12.08
		2350	← 2612 <i>R. producta</i> (16-11 Ma)	← 2697 <i>S. bulloideus</i> (16-0 Ma)	← 2612 <i>C. vanraadshooveni</i> (14.18-3.4 Ma)	11.63
		2399				14.18
		2441				11.63
		2484				16
		2527				
		2569				
		2612				
		2697				
3000		2832	← 2832 ?	← 2984 <i>H. obscura</i> (23-5.33 Ma) <i>S. brevispinosa</i> (23-1.81 Ma)	← 2862 <i>C. microclavatus</i> (19.86-0.14 Ma)	11.63
		2862	← 2832 <i>D. antarcticus</i> (23-5.33 Ma)		← 2984 <i>N. fossulatus</i> (19.05-1.03 Ma)	17.9
		2984				
		3057	← 3057 <i>R. pseudumbilicus</i> (17.9-3.8 Ma)			

Figura 9: Bioestratigrafía integrada para el Pozo Buenaventura 1-ST-P a partir de nanofósiles calcáreos, dinoflagelados, polen y esporas.

### 3.2.1 Mioceno tardío (5.33-7.246 Ma; Mesiniano)

Comprende el intervalo entre 1070 m +/-3 m como límite superior y 1448 m +/- 3 m como límite inferior. Estos límites marcarían ahora, el denominado segmento S1. La posición precisa del límite temporal superior es aproximada y coincide con el nivel superior de muestreo para el análisis de dinoflagelados. Este intervalo se caracteriza por el REI de *C. annulatus* (7.1-0 Ma); el RES de *D. berggrenii* (8.3-5.6 Ma), *P. multipora* (5.5-5.6 Ma), *S. minusa* (8.64-7.15 Ma)?, *T. ferugnomatum* (16-5.33 Ma) y *Q. condita* (16-5.33 Ma) y la presencia de *C. leptoporus* (23.2-5.6 Ma), *H. sellii* (9.6-0.9 Ma) y *F. spinosus* (12.7-0.24 Ma).

### 3.2.2 Mioceno tardío (7.246-11.625 Ma; Tortoniano)

Esta edad se alcanza en su límite superior a una profundidad de 1448 m +/- 3 m y su límite inferior a una profundidad de 2370 m +/- 3 m y corresponde al segmento S2 de dinoflagelados. La integración bioestratigráfica se encuentra determinada principalmente por el RES de *S. bothrion* (9.8-7.3 Ma), *D. loeblichii* (8.7-7.4 Ma), *C. coalitus* (10.9-9.5 Ma), *C. miopelagicus* (29.6-10.5 Ma), *H. walbersdorfensis* (14.8- 10.8 Ma) y *H. stalis* (13.53-5.59 Ma); el REI de *Q. condita* (16-5.33 Ma), *S. minusa* (8.64-7.15 Ma)? y de *R. crotonicolumellatus* (13.94-3.56 Ma).

### 3.2.3 Mioceno medio (11.625-13.82 Ma; Serravaliano)

Comprende el intervalo de profundidades entre 2370 m +/- 3 m en su límite superior y 2832? m +/- 3 m en el límite inferior, dicho intervalo corresponde a la parte media y superior del segmento S3 de dinoflagelados. El último límite no se encuentra bien definido debido al bajo recobro micropaleontológico y a su vez por la falta de marcadores bioestratigráficos con mayor resolución en esta parte del pozo. Este intervalo se caracteriza por el RES de *A. alcornu* (66-11.63 Ma), *H. vedderi* (22.8-9.6 Ma) y *R. producta* (16-11 Ma), y el REI de *O. eirikianum* (16-0.012 Ma), *S. bulloideus* (16-0 Ma), *P. cingulatus* (12.08-3.72 Ma) y de *C. vanraadshooveni* (14.18-3.4 Ma).

### 3.2.4 Mioceno medio-temprano (13.82-17.9 Ma; Langhiano-Burdigaliano)

No hay certeza de este intervalo de tiempo para el pozo, ya que los límites superior e inferior no se encuentran bien definidos bioestratigráficamente. El límite superior tentativamente se encuentra a una profundidad de 2832 m y el límite inferior está



marcado por el final del muestreo para dinoflagelados (3057 m); este último intervalo atañe a la fracción final del S3. La bioestratigrafía integrada está representada por la presencia de *R. pseudoumbilicus* (17.9-3.8 Ma), *D. antarcticus* (23-5.33 Ma), *H. obscura* (23-5.33 Ma), *S. brevispinosa* (23-1.81 Ma), *C. microclavatus* (19.86-0.14 Ma) y *N. fossulatus* (19.05-1.03 Ma).

La incertidumbre de este segmento del pozo, se debe a que el recobro micropaleontológico y el control de muestreo son muy bajos, así mismo la resolución de los indicadores bioestratigráficos es relativamente baja. Ello se debe esencialmente a que la litología de este intervalo del pozo es dominada por conglomerados, algunos paquetes de areniscas y esporádicos niveles limolíticos.

El Anexo D contiene una lista de las especies de los diferentes grupos micropaleontológicos utilizados para el análisis bioestratigráfico con sus respectivos rangos temporales.

### **3.3 Paleobatimetría consenso**

Para proponer una evolución paleobatimétrica del intervalo estudiado del pozo Buenaventura 1-ST-P (Figura 10), se uso como base el registro de rayos gamma, como expresión de la litología perforada. Además, se integraron datos de los foraminíferos bentónicos (ANH y Antek s.a., 2013, informe no publicado), los cuales son considerados como una de las mejores herramientas para identificar cambios paleobatimétricos. Para realizar el perfil paleobatimétrico con base en los foraminíferos bentónicos nos apoyamos en el trabajo elaborado por Ingle (1980).

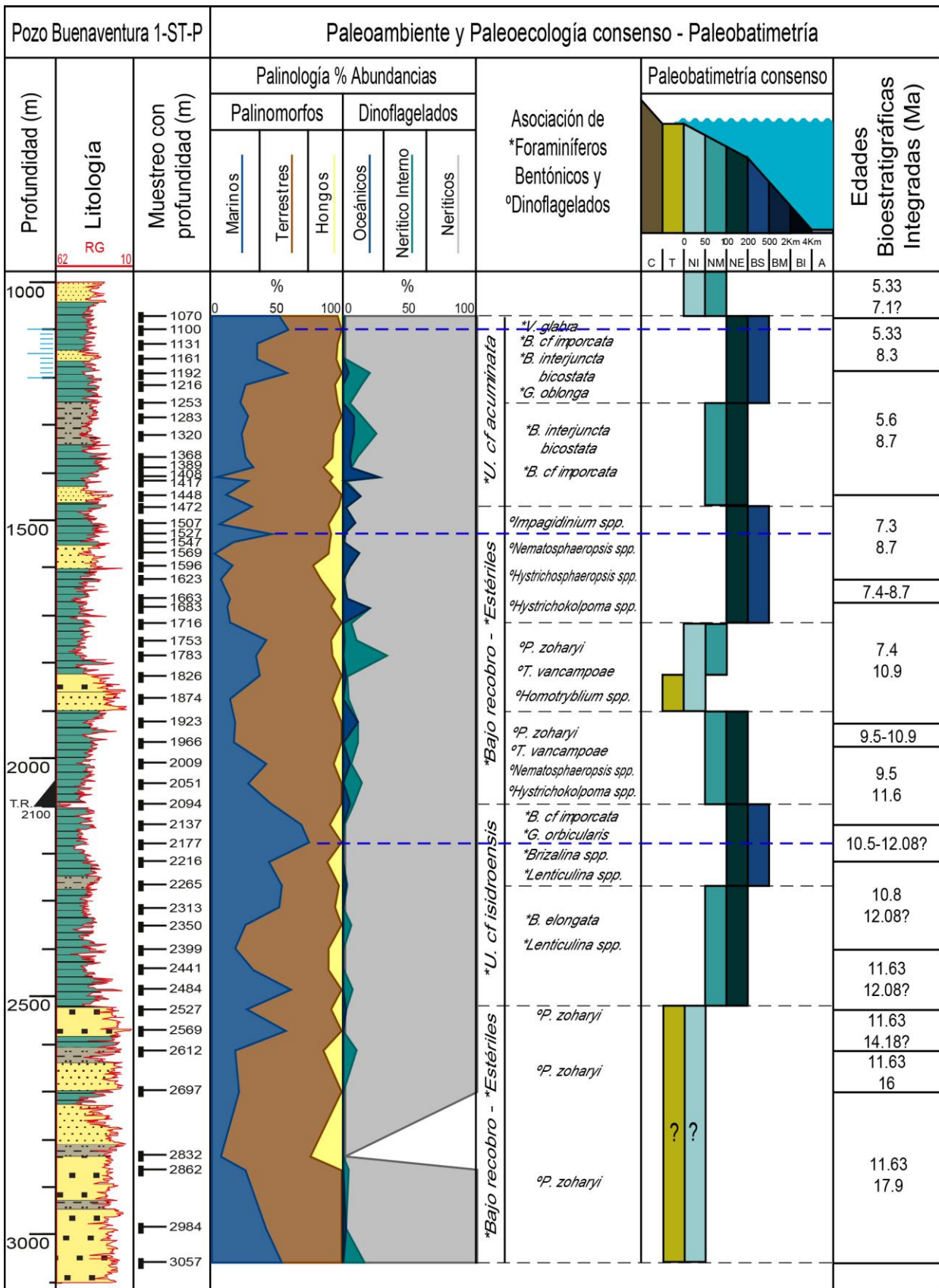


Figura 10: Paleobatimetría y Bioestratigrafía consenso para el pozo Buenaventura 1-ST-P a partir de foraminíferos bentónicos y quistes de dinoflagelados. Las líneas punteadas azules indican las

profundizaciones máximas alcanzadas durante las transgresiones. Los símbolos ° y \* indican dinoflagelados y foraminíferos bentónicos respectivamente. La nomenclatura de la Paleobatimetría consenso indica lo siguiente: Ambiente Continental (C), Transicional (T), Nerítico Interno (NI), Nerítico Medio (NM), Nerítico Externo (NE), Batial Superior (BS), medio (BM) e inferior (BI), y Abisal (A).

La curva paleobatimétrica interpretada indica tres transgresiones principales. La transgresión basal se inició entre 17.9 y 11.63 Ma en ambientes transicionales y llegó a su máxima profundización en ambiente batial superior, entre 12.08 y 10.5 Ma. La parte basal de esta primera transgresión se caracteriza por la predominancia de conglomerados y arenas, conteniendo dinoflagelados neríticos. Las partes central y alta presentan limos y arcillas con alto contenido de palinomorfos marinos y variados foraminíferos bentónicos.

La segunda transgresión se inició en ambientes transicionales entre 10.9 y 7.4 Ma y llegó a su máxima profundización de ambiente batial superior entre 8.7 y 7.3 Ma. Se caracteriza por la presencia de un horizonte conglomerático y arenoso en la base y alternancia de arcillas y arenas en la partes media y alta. Esta transgresión presenta una regresión menor entre 8.7 y 5.6 Ma, que alcanza ambientes neríticos y se encuentra representada por un niveles arenosos. A partir de este nivel comienza la tercera transgresión, que tiene su máxima profundización entre 8.3 y 5.33 Ma hasta batial superior, donde la parte media y alta contiene alternancias entre limos, arcillas y arenas; siendo uno de estos intervalos con el mejor recobro microfósil en foraminíferos bentónicos y dinoflagelados.

### **3.4 Correlación con Ciclos Eustáticos**

Con base en la evolución paleobatimétrica consenso, se identificaron ciclos transgresivos-regresivos (T-R) representados en el pozo. Estos ciclos se comparan y correlacionan con la carta de ciclos eustáticos de tercer orden propuesta por Haq *et al.*, (1988) y actualizada por Hardenbol *et al.*, (1998) y Gradstein *et al.*, (2012) para aumentar la resolución de las edades establecidas con la bioestratigrafía (Figura 11).

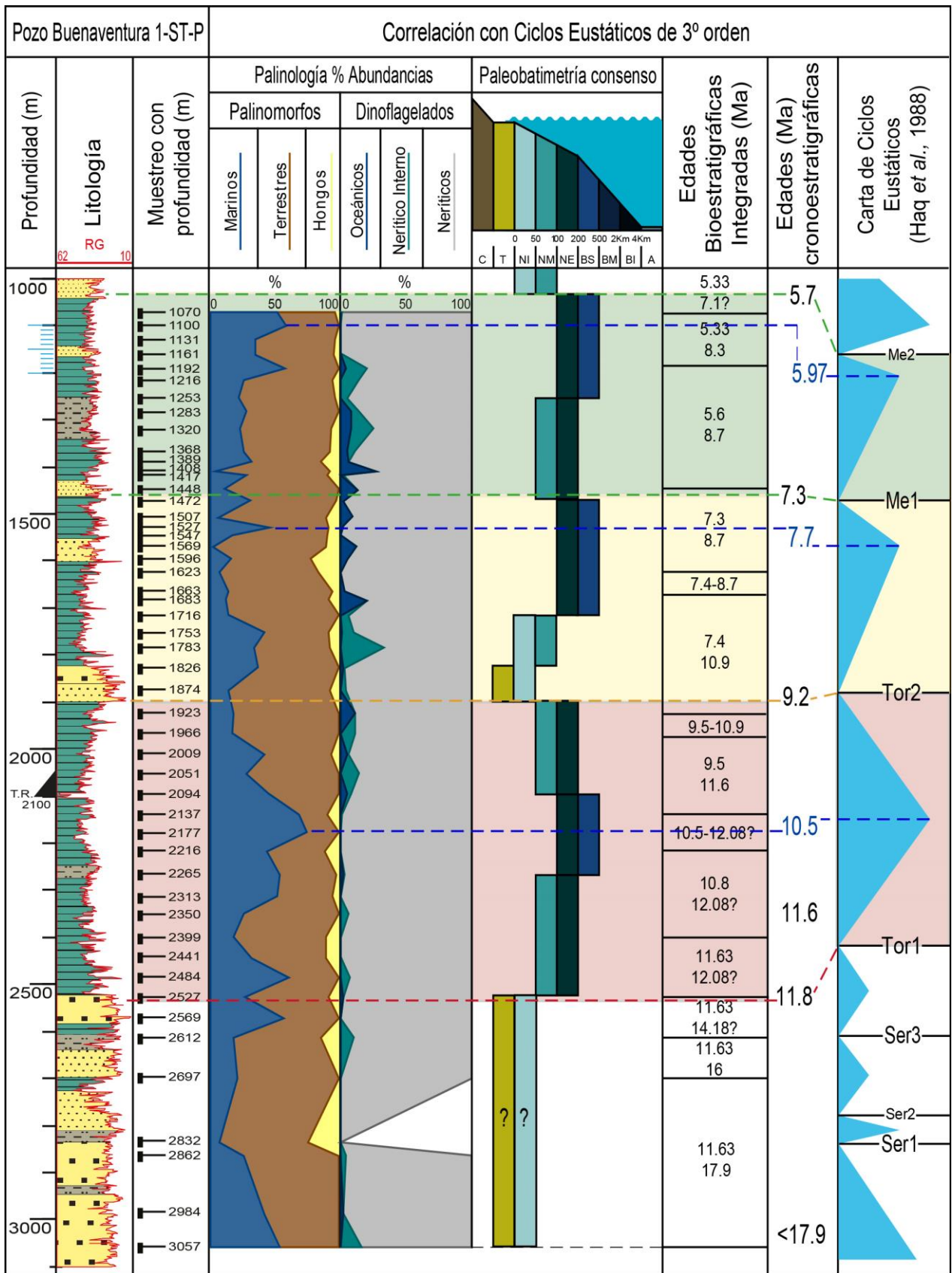


Figura 11: Correlación de la Palinología y la Bioestratigrafía Integrada del Pozo Buenaventura 1-ST-P con la carta de ciclos eustáticos de 3º orden de Haq et al., (1988). La nomenclatura de la

**Paleobatimetría consenso es la misma que en la figura 10. Los colores en degradado rojo, amarillo y verde corresponden a los ciclos sedimentarios 1, 2 y 3 respectivamente, y las líneas punteadas azules indican las profundizaciones máximas alcanzadas durante las transgresiones.**

Se describe a continuación la correlación de los tres ciclos T-R caracterizados en la sección del pozo con cambios eustáticos de tercer orden:

#### **3.4.1 Ciclo Sedimentario 1**

Comienza con una transgresión desde 11.8 hasta 10.5 Ma, representada en su base por conglomerados y en el punto máximo de la transgresión (10.5 Ma) por lutitas; el ciclo finaliza con la regresión que va desde 10.5 hasta 9.2 Ma, donde se encuentran niveles de areniscas y conglomerados.

#### **3.4.2 Ciclo Sedimentario 2**

Comienza con la transgresión desde 9.2 hasta 7.7 Ma, en donde la parte basal está representada por areniscas y conglomerados y la máxima profundización (7.7 Ma) por lutitas; finaliza el ciclo con la regresión de 7.7 hasta 7.3 Ma, donde se encuentran depósitos de areniscas.

#### **3.4.3 Ciclo Sedimentario 3**

Este ciclo comienza con la transgresión desde 7.3 Ma hasta su máxima profundización 5.97 Ma y termina con la regresión de 5.7 Ma con un nivel arenoso en el tope de la sección.

## Capítulo 4. Discusión

---

El marco cronoestratigráfico integrado permite determinar cronológicamente a la columna estudiada y a los conjuntos de dinoflagelados observados. De esta manera podemos correlacionarlos con eventos tectónicos locales y eventos paleoceanográficos regionales y globales, que pudieron haber afectado o alterado las características sedimentológicas y el contenido micropaleontológico de la sección (1070 m-3057 m).

El intervalo estudiado abarca desde el Mioceno temprano al tardío (<17.9-5.7 Ma). Por lo tanto los eventos con los cuales se discutirá las correlaciones serán con el evento de la Caída de Carbonato ("*Carbonate Crash*"), la Proliferación Biogénica Global ("*Global Biogenic Bloom*") y con la colisión del Bloque Panamá-Chocó con el noroccidente de Suramérica (Figura 13), cuyas edades citadas en la literatura se encuentran dentro del rango establecido para la sección estudiada.

### 4.1 Significado paleoecológico de los conjuntos de dinoflagelados

Para reforzar las interpretaciones paleoecológicas planteadas con base en los datos de los dos grandes grupos de dinoflagelados, se mostrará el análisis por separado de abundancias de algunas de los taxones más representativos encontrados en la sección del pozo (Figura 12). Estas formas contribuyen de manera independiente y de forma comparativa al estudio paleoambiental y paleoecológico del intervalo muestreado.

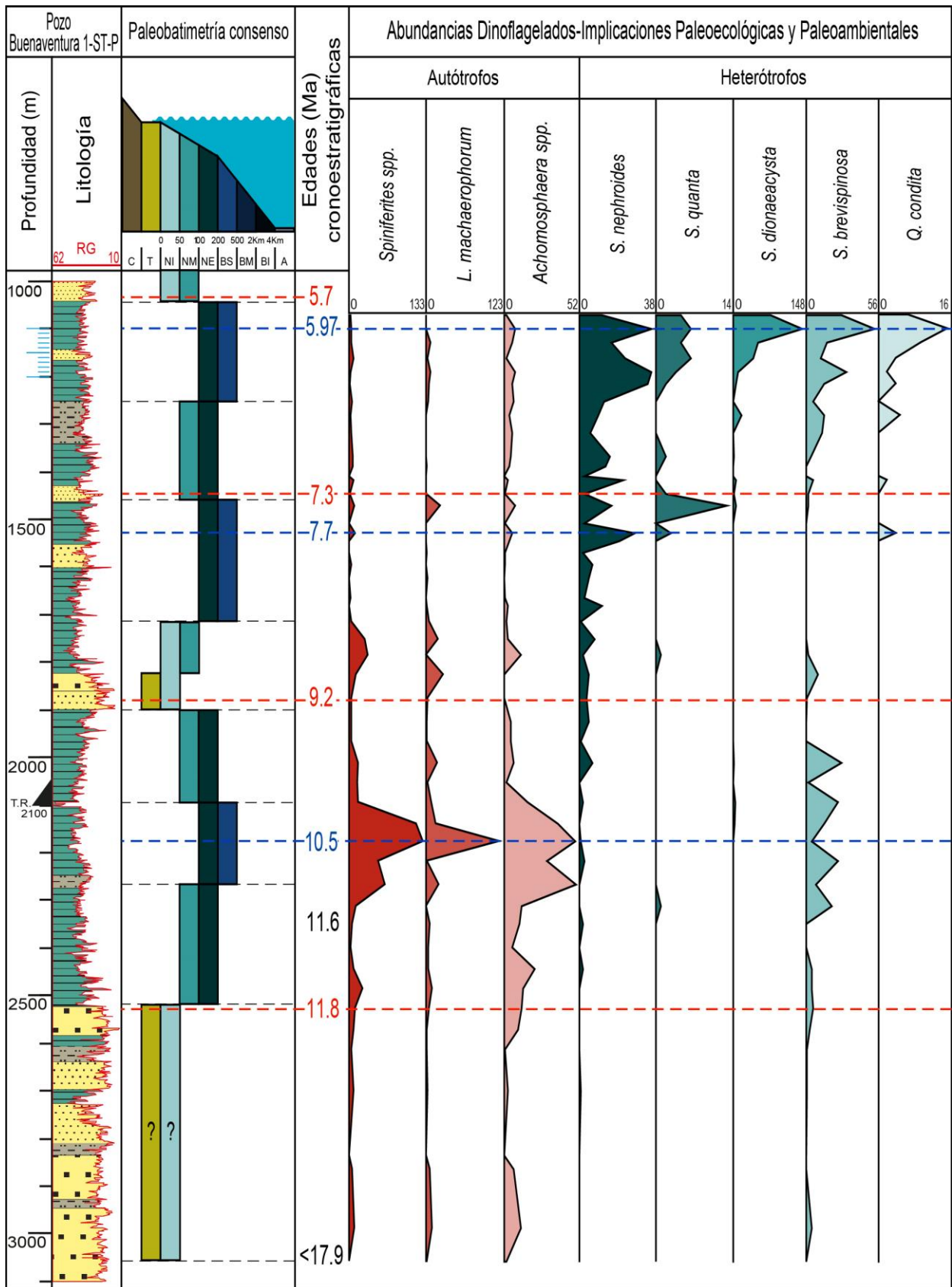


Figura 12: Abundancias de especies de dinoflagelados ecológicamente significativos, observados en el Pozo Buenaventura 1-ST-P. La nomenclatura de la Paleobatimetría consenso es la misma que en la figura 10. Las gráficas en la gama del rojo representan a las especies afines con aguas

**cálidas y las gráficas en gama de azules corresponden a las especies afines con aguas frías y alto aporte de nutrientes. Las líneas punteadas azules representan las profundizaciones máximas durante las transgresiones y las líneas punteadas rojas las regresiones.**

La parte basal del pozo (3057-2527 m), presenta valores muy bajos de abundancias de dinoflagelados (Figuras. 7 y 12), lo cual es debido en gran parte al gran tamaño de grano de las areniscas y conglomerados, que indican alta energía durante la sedimentación y remoción de material fino como los quistes. En este intervalo (<17.9 – 11.8 Ma), se observa un ligero predominio de autótrofos Gony sobre los heterótrofos Peri.

La porción más profunda de la primera transgresión detectada (~10.5 Ma) presenta un aumento considerable en las abundancias de dinoflagelados, pero también tiene la dominancia de Gony sobre Peri, indicando que las condiciones paleoceanográficas se mantuvieron estables, a pesar de los cambios en la paleobatimetría. En este intervalo se observa un predominio de géneros y especies autótrofas, entre las se encuentran gran abundancia de *L. machaerophorum* y todas las especies identificadas de los géneros *Spiniferites spp.* y *Achomosphaera spp.* (ver tabla 2), así como los especímenes de estos taxa que se identificaron a nivel genérico.

Algunos estudios (Pospelova *et al.*, 2006; 2008) sugieren que en su conjunto, el grupo de *Spiniferites*, son típicos de aguas cálidas. *L. polyedrum* (equivalente en estado móvil de *L. machaerophorum*) es una especie que ha sido relacionada con relajamiento de surgencias y aumento en la temperatura superficial del agua (Bringué *et al.*, 2013). Por lo que la abundante presencia de estos taxa en este intervalo indica condiciones de temperatura del agua superficial cálida y estratificada.

El intervalo correspondiente a la parte regresiva y la mayoría de la segunda transgresión (~9.5-7.7 Ma) presentan nuevamente valores bajos de recuperación de dinoflagelados, incluso en las facies lutíticas y limolíticas. Después de la máxima transgresión (~7.7 Ma) se observa una ligera superioridad en las abundancias de Peri sobre Gony.



En el intervalo correspondiente a la tercera transgresión (7.3-5.7 Ma) se aprecia un dominio de especies heterótrofas. Se observan principalmente *Selenopemphix nephroides*, *S. quanta*, *S. brevispinosa* y *S. dionaeacysta*, las cuales son indicadoras de aguas superficiales más frías y en zonas con alto aporte de nutrientes (Pospelova *et al.*, 2006; Devillers y de Vernal, 2000).

## **4.2 Correlación con Eventos Tectónicos Locales**

### **4.2.1 Colisión Bloque Panamá-Chocó con el NW de Suramérica**

Como se ha mencionado previamente, para la porción más antigua del intervalo muestreado del pozo, se observa un fuerte predominio de rocas con granulometría gruesa, principalmente conglomerados, areniscas y en menor proporción limolitas. Dicho intervalo comprende desde los 2527 m y los 3100 m, de los cuales aproximadamente 360 m corresponden a conglomerados, 130 m a areniscas y el restante a escasos niveles limolíticos y lutíticos (Figura 13).

La posible explicación a este dominio litológico se deba más a eventos tectónicos locales que a cambios eustáticos del nivel del mar; si bien, estos últimos pudieron haber influenciado en dichos depósitos sedimentarios, es probable que los grandes paquetes sedimentarios de conglomerados que en este segmento se manifiestan sean explicados primordialmente a partir de influencia tectónica local.

Según el modelo cronoestratigráfico propuesto, el rango de edad que dicho intervalo tiene es de Mioceno temprano a Mioceno medio entre >17.9 y 11.8 Ma. Algunos estudios sugieren que dentro de este intervalo de tiempo, existió un evento tectónico local, relacionado con la colisión del Bloque Chocó (Duque-Caro, 1990b) con el borde NW de Suramérica y el posterior cierre del Istmo de Panamá (Duque-Caro, 1990a).

Recientemente se ha propuesto que entre 13-15 Ma, por lo menos un segmento del Arco Panamá ya se encontraba posicionado y emergido en la esquina NW de Suramérica. Este evento puede denominarse colisión del Bloque Panamá-Chocó con Suramérica. Esta propuesta se basa en la presencia de circones detríticos de edad Eoceno en sedimentos del Mioceno medio en la cuenca del Valle Inferior del

Magdalena, Caribe colombiano, los cuales pudieron haber sido transportados por ríos desde el Arco de Panamá. Se ha propuesto que sólo allí se han reportado rocas con dicha afinidad temporal que pudiesen aportar estos circones en esta parte de Suramérica (Montes *et al.*, 2015).

De acuerdo con los datos obtenidos en este estudio y con base en el marco cronoestratigráfico plasmado, existe la posibilidad de una correlación del segmento basal del pozo con el evento tectónico local relacionado con la colisión del Bloque Panamá-Chocó con la esquina NW de Suramérica.

### **4.3 Correlación con Eventos Paleoc oceanográficos Globales**

#### **4.3.1 Caída de Carbonato (“*Carbonate Crash*”)**

Es un evento paleoc oceanográfico global que se caracteriza por una notable disminución en la concentración de carbonato de calcio en los sedimentos y una pobre preservación de microfósiles calcáreos en el registro sedimentológico, en las regiones tropicales del océano Pacífico (Lyle *et al.*, 1995; Farrel *et al.*, 1995), Atlántico (King *et al.*, 1997), Índico (Peterson *et al.*, 1992) y el mar Caribe (Roth *et al.*, 2000), para una edad aproximada entre 11-8 Ma.

Para la explicación de este evento, han sido propuestos principalmente dos mecanismos. El primero sugiere un incremento en la disolución de los carbonatos en aguas profundas, debido a la restricción en la circulación de estas aguas durante las primeras etapas del cierre del Istmo de Panamá (Lyle *et al.*, 1995; Farrel *et al.*, 1995). La circulación restringida originó que aguas profundas como la corriente Profunda del Atlántico Norte se intensificaran, aumentando su acción corrosiva y ocasionando la disolución de los carbonatos (Roth *et al.*, 2000).

El segundo mecanismo plantea una disminución en la productividad biogénica marina, como consecuencia del fortalecimiento de las corrientes cálidas ecuatoriales por el cierre parcial del estrecho de Indonesia, lo que ocasionó la aparición o aumento de la Subcorriente Ecuatorial desde el Pacífico Occidental. Esta masa de agua caliente fue el

origen del debilitamiento en las surgencias del Pacífico Central y Oriental (Jiang *et al.*, 2007).

En apoyo a esta última hipótesis, se reportan índices muy bajos de dinoflagelados, al igual que en los índices de nanofósiles calcáreos y diatomeas en muestras de núcleo de una localización cerca de las costas del Pacífico de Costa Rica (Zegarra y Helenes, 2011). Estos valores bajos también se presentan con valores muy bajos en el porcentaje de carbonato de calcio y en Carbono Orgánico Total (COT) durante un intervalo entre ~10.4-8 Ma, lo cual se correlaciona con la Caída de Carbonato. La disminución de los microfósiles calcáreos, silíceos y orgánicos se puede explicar más fácilmente por disminución de productividad en las aguas superficiales que por condiciones químicas tan corrosivas que terminan con todos ellos.

Este evento tectónico comenzó con el desplazamiento de Australia hacia el norte (Linhout *et al.*, 1997) y se intensificó al inicio del Mioceno tardío, después de la caída del nivel del mar en el límite Mioceno medio-tardío (~11.6 Ma). Como consecuencia de este cierre parcial se generó una gran piscina cálida en el Pacífico occidental por la falta de circulación de las aguas del Pacífico hacia el océano Índico, causando un fortalecimiento de las corrientes cálidas ecuatoriales hacia el Pacífico Oriental. Estas condiciones contribuyeron al incremento de la temperatura superficial del Pacífico Oriental y una disminución en las surgencias para el Pacífico Central y Oriental (Kennett *et al.*, 1985; Jiang *et al.*, 2007).

En la sección del pozo estudiado en Colombia, este evento paleoceanográfico se refleja como un intervalo con poca recuperación de dinoflagelados, foraminíferos bentónicos y nanofósiles calcáreos (Figura 13). Estas disminuciones se observan entre 1923 m y 1569 m de profundidad y la edad para dicho intervalo va desde ~10 hasta 7.7 Ma. En esta parte del pozo incluso hay muestras que han sido consideradas como estériles en el contenido de estos microfósiles calcáreos, lo cual apoya la interpretación de una disminución en la productividad primaria durante este tiempo y probable correlación con el evento conocido como Caída de Carbonato.

Como respuesta al calentamiento superficial del Pacífico Oriental y la disminución de las surgencias, en la sección del pozo, específicamente entre 2265 y 2094 m, se observa un incremento en las abundancias de dinoflagelados Gonyaulacales, esencialmente de *L. machaerophorum*, *Spiniferites* spp. y *Achomosphaera* spp., los cuales podrían catalogarse como oportunistas. Como se mencionó anteriormente, este conjunto puede deberse a relajamiento de surgencias, característico de aguas superficiales cálidas y estratificadas (Bringué *et al.*, 2013). De igual manera, se ha postulado que las abundancias del grupo de *Spiniferites* y *Achomosphaera* son típicas de aguas cálidas (Pospelova *et al.*, 2006; 2008).

De acuerdo con lo anterior, se sugiere una correlación de este intervalo del pozo, donde existe dicho comportamiento de oportunismo ecológico por parte de dinoflagelados Gonyaulacales, con el cierre parcial del estrecho de Indonesia y sus consecuencias paleoceanográficas.

#### **4.3.2 Proliferación (“*Bloom*”) Biogénica Global**

Este evento paleoceanográfico consta de una recuperación en la abundancia del material biogénico marino, debido posiblemente a una reactivación en la productividad primaria, que en el Pacífico Oriental se ha reportado entre 6.7-4.5 Ma. La explicación de dicho evento es planteado por pulsos en el levantamiento de los Andes y el Himalaya, ocasionando altas tasas de meteorización y un incremento en el aporte de nutrientes al océano (Farrel *et al.*, 1995; Diester-Haass *et al.*, 2004).

Uno de estos cambios pudo haber sido nuevamente una alteración en la conexión entre el océano Pacífico Occidental con el Índico. Se ha sugerido que el incremento del nivel del mar de finales del Mioceno tardío contribuyó al debilitamiento en el dominio de las corrientes cálidas ecuatoriales en el Pacífico Oriental (Jiang *et al.*, 2007). Estas condiciones favorecerían la reactivación de surgencias en el Pacífico Oriental para este tiempo, en forma similar a las condiciones La Niña de nuestros días. En esas condiciones, se presentó una “reactivación” de la productividad primaria a escala global, evidenciado por los altos valores de recobro en los diferentes conjuntos micropaleontológicos estudiados en varias partes del mundo.

En el pozo estudiado aquí, la Proliferación Biogénica Global se puede interpretar en el intervalo de 1320 m a 1070 m de profundidad, cuya edad corresponde desde ~7.3-5.7 Ma (Figura 13). En este intervalo, se encuentra el mejor recobro de foraminíferos bentónicos, uno de los mejores de nanofósiles calcáreos. En cuanto a los dinoflagelados, aquí también se encuentran los picos máximos de abundancia de los Peri. Como se mencionó anteriormente, los dinoflagelados Peridiniales proliferan bajo condiciones de alta productividad primaria, por lo que interpretamos este segmento del pozo con el evento paleoceanográfico de proliferación global.

#### **4.4 Calibración Bioestratigráfica de Dinoflagelados**

El rango bioestratigráfico de *S. minusa* se amplía según el rango propuesto por Harland y Pudsey (2002), el cual es de 8.64-7.15 Ma. En este trabajo se encontró de acuerdo a la calibración establecida con la bioestratigrafía integrada y la correlación con los ciclos eustáticos de tercer orden, que *S. minusa* está presente en muestras del pozo Buenaventura 1-ST-P desde 10.5 a 5.97 Ma.

Todos los demás dinoflagelados encontrados en las muestras analizadas para el pozo Buenaventura 1-ST-P están en concordancia con los rangos bioestratigráficos establecidos hasta el momento en la literatura.

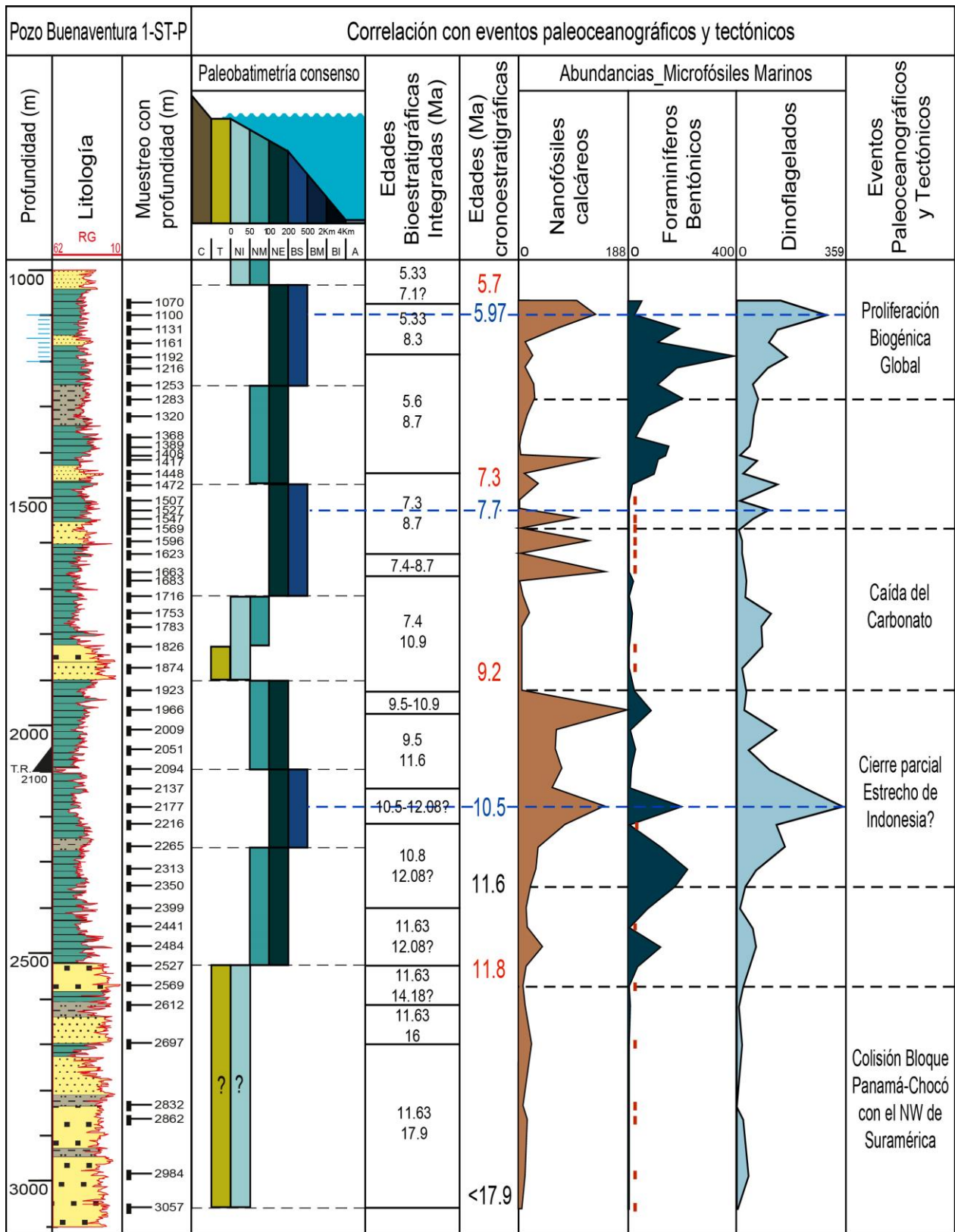


Figura 13: Correlación de la información micropaleontológica adquirida del pozo Buenaventura 1-ST-P con eventos Paleoceanográficos y Tectónicos. La nomenclatura de la Paleobatimetría consenso es la misma que en la figura 10. Las líneas punteadas azules indican la profundización máxima durante las transgresiones. Los cuadrados rojos en la columna de abundancia de los foraminíferos bentónicos indican que no hay información de éstos para las muestras respectivas.

## Capítulo 5. Conclusiones

---

Los dinoflagelados fósiles identificados en muestras del pozo Buenaventura 1-ST-P son de gran utilidad para determinar las características tanto bioestratigráficas como paleoambientales/paleoecológicas de la columna estudiada en esta región del Pacífico Oriental.

El marco bioestratigráfico integrado y la correlación con ciclos eustáticos de tercer orden indican que el intervalo de estudio del pozo Buenaventura 1-ST-P (3057 m-1070 m) se depositó entre <17.9 y 5.7 Ma.

La información litológica indica la presencia de conglomerados y arenas basales de 3057 a 2527 m (<17.9-11.8 Ma), probablemente relacionados con la colisión del bloque Panamá-Chocó con Suramérica

La evolución paleobatimétrica define 3 ciclos transgresivo-regresivos completos. Los ambientes varían desde transicional, esencialmente a nivel del mar, hasta batial superior con profundidades máximas de 500 m. Los conjuntos de dinoflagelados presentan características diferentes en las transgresiones.

En la primera transgresión, de 2527 a 1753 m (11.8-~8.05 Ma), dominan claramente las formas Gony, lo que indica aguas superficiales cálidas y estratificadas, muy parecidas a los que se han propuesto para explicar la Caída de Carbonato por baja producción primaria marina. La segunda transgresión incluye al intervalo entre 1716 y 1569 m (8.05-7.7 Ma), que presenta la más baja recuperación de dinoflagelados en litologías de grano medio a fino. Este intervalo corto se interpreta como el intervalo de mínima productividad primaria regional.

Por último, la tercera transgresión es dominada por dinoflagelados Peri entre 1320 y 1070 m (7.3-5.7 Ma), indicando aguas superficiales frías, ricas en nutrientes, similares a las propuestas para el evento de Proliferación ("*Bloom*") Biogénica Global.

Si el uso de la palinología nos sirve para elaborar reconstrucciones paleogeográficas y contribuir al conocimiento de la evolución geológica de un área determinada ¿sería necesario realizar más estudios en el NW de Suramérica, específicamente en el noroccidente colombiano, en los cuales se integre los palinomorfos tanto terrestres como marinos e intentar correlacionar las diferentes facies sedimentarias de las secciones estratigráficas resultantes y elaborar marcos cronoestratigráficos más confiables y más resolutivos en esta área tropical?

En este estudio, se comprobó que el uso de dinoflagelados fósiles en combinación con otros grupos micropaleontológicos, se convierten en una herramienta viable y poderosa para construir marcos cronoestratigráficos y modelos paleoambientales confiables y con mayor resolución en el trópico durante el Neógeno.



## Lista de referencias bibliográficas

- Artzner, D., Davies, E., Dörhöfer, G., Fasola, A., Norris, G and Poplawski, S. (1979). Marine biotechnology: a new vision and strategy for Europe *Life Sciences Miscellaneous Publications*. Royal Ontario Museum, 1- 119.
- Bedoya, G., Cediél, F., Restrepo-Correa, I., Cuartas, C., Montenegro, G., Marín, M. I., Mojica, Jairo y Cerón, R. (2009). Aportes al conocimiento de la evolución geológica de las cuencas Atrato y San Juan dentro del arco Panamá-Chocó. *Boletín de Geología*, 31(2), 69–81.
- 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.
- Bujak, J. (1984). Cenozoic dinoflagellate cyst and acritarchs from the Bering Sea and northern North Pacific, DSDP Leg 19. *Micropaleontology*, 30(2), 180-212.
- Bujak, J. and Matsuoka, K. (1986). Taxonomic reallocation of Cenozoic dinoflagellate cyst from Japan and Bering Sea. *Palynology*, 10(1), 235-241.
- 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.
- Catuneanu, O. (2002). Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits, and pitfalls. *Journal of African Earth Sciences*, 35: 1–43.
- Cediél, F., Shaw, R., and Caceres, C. (2003). Tectonic assembly of the northern Andean Block. In Bartolini, C., Buffler, R., and Blickwede, J. (eds.), *The Circum-gulf of Mexico and Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation and Plate Tectonics*. AAPG, 79 (pp. 815-848).
- Cediél F., Restrepo I., Marín-Cerón M.I., Duque-Caro H., Cuartas C., Mora C., Montenegro G., García E., Tovar D., and Muñoz G., (2009), Geology and Hydrocarbon Potential, Atrato and San Juan Basins, Chocó (Panamá) Arc. Tumaco Basin (Pacific Realm), Colombia. *Fondo Editorial Universidad EAFIT*. Medellín, Colombia, 172p.
- De Vernal, A., Henry, M., Matthiessen, J., Mudie, P.J., Rochon, A., Boessenkool, K.P., Eynaud, F., Grosfjeld, K., Guiot, J., Hamel, D., Harland, R., Head, M.J., Kunz-Pirring, M., Levac, E., Loucheur, V., Peyron, O., Pospelova, V., Radi, T., Turon,

- J.L., Voronina, E. (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., Eynaud, F., Henry, M., Hillaire-Marcel, C., Londeix, L., Mangin, S., Matthiessen, J., Marret, F., Radi, T., Rochon, A., Solignac, S., Turon, J.–L. (2005). Reconstruction of sea-surface conditions at middle to high latitudes of the Northern Hemisphere during the Last Glacial Maximum (LGM) based on dinoflagellate cyst assemblages. *Quat. Sci. Rev.* 24(7), 897–924.
- De Verteuil, L. and Norris, G. (1996). Miocene dinoflagellate stratigraphy and systematics of Maryland and Virginia. *Micropaleontology*, 42, 172.
- Devillers, R. and de Vernal, A. (2000). Distribution of dinocysts in surface sediments of the northern North Atlantic in relation with nutrients and productivity in surface waters. *Marine Geology*, 166(1), 103–124.
- Diester-Haass, L., Meyers, P.A., and Bickert, T. (2004). Carbonate crash and biogenic bloom in the late Miocene: evidence from ODP Sites 1085, 1086, and 1087 in the Cape Basin, southeast Atlantic Ocean. *Paleoceanography*, 19(1):PA1007.
- Drugg, W.S. and Stover, L.E. (1975). Stratigraphic range charts of selected fossil dinoflagellates – Selected Cenozoic Dinoflagellates. In: Evitt, W.R.E (ed.) *Proceeding of a Forum on Dinoflagellates*. AASP. Contribution Series No. 4 (pp. 73-90).
- Duque-Caro, H. (1990a). Neogene stratigraphy, paleoceanography and paleobiogeography in northwest South America and the evolution of the Panama Seaway. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 77(3), 203-234.
- Duque-Caro, H. (1990b). The Choco Block in the northwestern corner of South America: Structural, tectonostratigraphic, and paleogeographic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 3(1), 71-84.
- Edwards L.E. and V. Andrieu. (1992). Distribution of selected dinoflagellate cysts in modern marine sediments. In: Head, M.J., y J.H. Wrenn (eds.). Neogene and Quaternary Dinoflagellate cysts and Acritarchs. American Association of Stratigraphic Palynologists. pp. 59-288.
- Eisenack, A. (1964). Katalog der fossilen Dinoflagellaten, Hystrichosphären und verwandten Mikrofossilien : Bd. 1 Dinoflagellaten. E. Schweizerbart. Stuttgart, pp. 1–241.

- Etayo, F., Barrero, D., Lozano, H., Espinosa, A., González, H., Orrego, A., Ballesteros, I., Forero, H., Ramírez, C., Zambrano, F., Duque, H., Vargas, R., Nuñez, A., Álvarez, J., Ropaín, C., Cardozo, E., Galvis N. y Galvis, L. (1983): Mapa de terrenos geológicos de Colombia, Ingeominas: Publicaciones Geológicas. Especiales, No. 14-1, pp. 1-235.
- Evitt, W.R. (1985). Sporopollenin dinoflagellate cysts: their morphology and interpretation. Dallas, Texas, AASP Foundation, 333p.
- Farrell, J.W., Raffi, I., Janecek, T.R., Murray, D.W., Levitan, M., Dadey, K.A., Emeis, K.-C., Lyle, M., Flores, J.-A., and Hovan, S. (1995). Late Neogene sedimentation patterns in the eastern equatorial Pacific Ocean. In Pisias, N.G., Mayer, L.A., Janecek, T.R., Palmer-Julson, A., and van Andel, T.H. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific Results*. ODP, 138: 717–756.
- Fensome, R., Gocht, H., Stover, L. and Williams, G. (1991). The Eisenack Catalog of Fossil Dinoflagellate. New Series. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 828 p.
- Fensome, R., Taylor, F., Norris, G., Sarjeant, W., Wharton, D., and Williams, G. (1993). A classification of living and fossil dinoflagellates. *Micropaleontology Special Publication Number 7.*, pp. 1–351.
- Fensome, R.A., R.A MacRae and G.L. Williams. (2008). DINOFLAJ2, Version 1. American Association of Stratigraphic Palynologists, Data Series 1.
- Figuroa, Y. y Nuñez, A. (1990). *Cartografía geológica de un área en las cabeceras del Río San Juan (Chocó)*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, 105p.
- Galovic, I. and Young, J. R. (2012). Revised taxonomy and stratigraphy of Middle Miocene calcareous nannofossils of the Paratethys, *Micropaleontology*, 58, 305–334.
- Germeraad, J., Hopping, C., and Muller, J. (1968). Palynology of Tertiary sediments from tropical areas. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 6: 189–348.
- Gómez, F. (2005). A list of free-living dinoflagellate species in the world's oceans. *Acta Bot. Croat.*, 64(1), 129-212.
- Gradstein, F., Ogg, J., Schmitz, M., and Ogg, G. (2012). The Geologic Time Scale 2012, Vol. 2. Elsevier Science. pp. 1–1176.

- Haq, B. U., Hardenbol, J., Vail, P. R., Stover, L., Colin, J., Ioannides, N., Wright, R., Baum, G., Gombos, A., Pflum, C., Loutit, T., Chêne, R. J. d., Romine, K., Sarg, J., Posamentier, H., and Morgan, B. (1988). Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and Cycles of Sea-Level Change. In: Wilgus C., Hastings B., Posamentier H., Van Wagoner J., Ross C., and Kendall C. (Eds.). *Sea-Level Changes*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. pp. 71–108.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M., Jacquin, T., De Graciansky, P., and Vail, P. (1998). Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic framework of European basins., Vol. 60. In: De Graciansky, P.-C., Hardenbol, J., Jacquin, T., and Vail, P.R. (Eds.). *Mesozoic and Cenozoic Sequence stratigraphy of European basins*. SEPM Special Publication.
- Harland, R. (1979). Dinoflagellate biostratigraphy of Neogene and Quaternary sediments at holes 400/400A in the Bay of Biscay (Deep Sea Drilling Project Leg 48). In: Montadert, L., D.G. Roberts, G.A. Auffret, W.D. Bock, P.A. Dupeuble, E.A. Hailwood, W.E. Harrison, H. Kagami, D.N. Lumsden, C.M. Muller, D. Schnitker, R.W. Thompson, T.L. Thompson, P.P. Timofeev y J.L. Usher (Eds.). *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. 48: 531-545 p.
- Harland, R. and Pudsey, C. (2002). Protoperidiniacean dinoflagellate cyst taxa from the Upper Miocene of ODP Leg 178, Antarctic Peninsula. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 120, 263-284.
- Head, M.J., Norris, G. and Mudie, P. (1989). Palynology and dinocyst stratigraphic of the Miocene in ODP Leg 105, Hole 645E, Baffin Bay. In: Srivastava, S.P., M. Arthur, B. Clement, B., et al. (Eds.). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. 105: 467-514 p.
- Helby, R., Morgan, R., and Partridge, A. (1987). A palynological zonation of the Australian Mesozoic., Vol. 4. In: Jell, P.A. (Ed.). *Studies in Australian Mesozoic palynology. Memoir of the Association of Australasian Palaeontologists*. pp. 1–94.
- Helenes J., De Guerra, C. and Vásquez, J. (1998). Palynology and chronostratigraphy of the Upper Cretaceous in the subsurface of the Barinas Area, western Venezuela. *AAPG Bulletin*, 82(7), 1308-1328.
- Helenes, J. and Somoza, D. (1999). Palynology and sequences stratigraphy from the Cretaceous of eastern Venezuela. *Cretaceous Research*, 20, 447-463.
- Helenes, J. and Cabrera, D. (2003). Oligocene-Miocene palynomorph assemblages from eastern Venezuela. *Palynology*, 27, 5-25.

- Helenes J., Carreño, A. and Carriño, R. (2009). Middle to late Miocene chronostratigraphy and development of the northern Gulf of California. *Marine Micropaleontology*, 72, 10-25.
- Hoppenrath, M., Elbrachter, M. and Drebes, G. (2009). Marine Phytoplankton. Selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller). Stuttgart, p. 114.
- Ingle, J. C. (1980). Cenozoic paleobathymetry and depositional history of selected sequences within the Southern California continental borderland, in w. v. sliter, ed., studies in marine micropaleontology and paleoecology: A memorial volume to Orville L. Bandy. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research*. Special Publication, 19: 163–195.
- Jan Du Chene, R., Masure, E., Becheler, I., Biffi, U., De Vains, G., Fauconnier, D., Ferrario, R., Foucher, J.-C., Gaillard, M., Hochuli, P., Lachkar, G., Michoux, D., Monteil, E., Moron, J.-M., Rauscher, R., Raynaud, J.-F., Taugourdeau, J., and Turon, J.-L. (1986). Guide pratique pour la détermination de kystes de Dinoflagellés fossiles: le complexe Gonyaulacysta. Bulletin des centres de recherches Exploration-production Elf-Aquitaine. Elf Aquitaine. pp. 1–479.
- Jansonius, J. and McGregor, D.C. (1996). Palynology: Principles and applications. *AASP Foundation*, 3, 1330.
- Jaramillo, C., Rueda, M. and Torres, V. (2011). A palynological zonation for the Cenozoic of the Llanos and Llanos Foothills of Colombia. *Palynology*, 35(1), 46-84.
- Jiang, S., Wise, S., and Wang, Y. (2007). Cause of the Middle/Late Miocene Carbonate Crash: Dissolution or Low Productivity?, Vol. 206. In: Teagle, D.A.H., Wilson, D.S., Acton, G.D., Vanko, D.A. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific Results*. ODP, 206: 1–24.
- Kennett, J.P., Keller, G., and Srinivasan, M.S. (1985). Miocene planktonic foraminiferal biogeography and paleoceanographic development of the Indo-Pacific region. In Kennett, J.P. (Ed.), *The Miocene Ocean: Paleoceanography and Biogeography*. Mem.— Geol. Soc. Am., 163: 197–236.
- Kerr, A. C. and Tarney, J. (2005) Tectonic evolution of the Caribbean and northwestern South America: the case for Accretion of two Late Cretaceous oceanic plateaus. *Geology*, 33(4), 269-272.
- King, T.A., Ellis, W.G., Jr., Murray, D.W., Shackleton, N.J., and Harris, S. (1997). Miocene evolution of carbonate sedimentation at the Ceara Rise: a multivariate

- data/proxy approach. In Shackleton, N.J., Curry, W.B., Richter, C., and Bralower, T.J. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific Results*. ODP, 154: 349–365.
- Linthout, K., Helmers, H., and Sopaheluwakan, J. (1997). Late Miocene obduction and microplate migration around the southern Banda Sea and the closure of the Indonesian Seaway. *Tectonophysics*, 281: 17–30.
- Lorente, M. (1986). Palynology and palynofacies of the Upper Tertiary of Venezuela. *Dissertationes botanicae. Cramer*. pp. 1–222.
- Lyle, M., Dadey, K., and Farrell, J. (1995). The Late Miocene (11–8 Ma) eastern Pacific carbonate crash: evidence for reorganization of deep water circulation by the closure of the Panama Gateway. In Pisias, N.G., Mayer, L.A., Janecek, T.R., Palmer-Julson, A., and van Andel, T.H. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific Results*. ODP, 138: 821–837.
- Marret, F., Zonneveld, K.A.F. (2003). Atlas of modern organic-walled dinoflagellate cyst distribution. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 125, 1–200.
- Matsuoka, K. (1992). Species diversity of modern dinoflagellate cysts in surface sediments around the Japanese islands. In: Head, M.J. and J.H. Wrenn (eds.). Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts and acritarchs. (pp. 33-53). AASP Foundation.
- Matsuoka, K. and Bujak, J.P. (1988). Cenozoic dinoflagellate cysts from Navarin Basin, Norton Sound and St. George Basin, Bering Sea. *Nagasaki University, Faculty of Liberal Arts, Natural Science, Bulletin*, 29, 1-147.
- Mitchum, R. M., Vail, P. R. and Thompson, S. (1977). Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 2, The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis., Vol. 26. In: Payton, C. E., (Ed.). Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration. *American Association of Petroleum Geologists*. pp. 53–62.
- Montes, C., Cardona, A., Jaramillo, C., Pardo, A., Silva, J. C., Valencia, V., Ayala, C., Pérez-Angel, L. C., Rodríguez-Parra, L. A., Ramirez, V., and Niño, H. (2015). Middle Miocene closure of the Central American Seaway. *Science*, 348: 226–229.
- Moreno-Sanchez, M. and Pardo-Trujillo, A. Q. (2003). Stratigraphical and sedimentological Constraints on Western Colombia: implications on the evolution on the Caribbean Plate: *AAPG Memories*, 79, 891-924.

- Mudie, P. (1992). Circum-Arctic Quaternary and Neogene marine palynofloras: paleoecology and statistical analysis. In: Head, M.J. and J.H. Wrenn (eds.). Neogene and Quaternary Dinoflagellate cysts and Acritarchs. American Association of Stratigraphic Palynologists, Dallas, TX: 347–390.
- Muller, J., de Di Giacomo, E., and Van Erve, A. (1987). A palynological zonation for the Cretaceous, Tertiary, and Quaternary of Northern South America. *American Association of Stratigraphic Palynologists-Contributions series-*.
- Nivia, A., Marriner, G. F., Kerr, C. K. and Tarney, J. (2006). The Quebradagrande Complex: A Lower Cretaceous ensialic marginal basin in the Central Cordillera of the Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 21, 423-436.
- Palynodata, I. and White, J. (2008). Geological Survey of Canada Open File 5793 1 CD-ROM.
- Pares-Regali, M. and Uesugui, N. y Santos, A. (1974). Palinologia dos sedimentos Meso- Cenozoicos do Brazil (II), Vol. 17. *Boletim Tecnico da Petrobras*. pp. 263–301.
- Perch-Nielsen, K. (1985). Cenozoic calcareous nannofossils. In: Bolli, H. M., Saunders, J. B. and Perch-Nielsen, K., (Eds.). *Plankton Stratigraphy*. Cambridge Earth Sciences Series. pp. 427–554.
- Peterson, L.C., Murray, D.W., Ehrmann, W.U., and Hempel, P. (1992). Cenozoic carbonate accumulation and compensation depth changes in the Indian Ocean. In Duncan, R.A., Rea, D.K., Kidd, R.B., von Rad, U., and Weissel, J.K. (Eds.), *Synthesis of Results from Scientific Drilling in the Indian Ocean*. *Geophys. Monogr.* 70: 311–333.
- Pindell, L. J. and Kennan, L. (2009). Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: an update. *Geological Society, London, Special Publications*, 328, 1-55.
- Posamentier H.W., Jervey M.T. and Vail, P.R. (1988). Eustatic controls on clastic deposition I- conceptual framework. In: Wilgus, C.K.; Hastings B. S., Posamentier, H.; Ross, C.A., Van Wagoner J. C. y Kendall, C.G. (Eds.). *Sea-level changes: An integrated approach*. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*. Special Publication, 42: 109- 124 p.
- Pospelova, V., Pedersen, T.F. and de Vernal, A. (2006). Dinoflagellate cysts as indicators of climatic and oceanographic changes during the past 40 kyr in the Santa Barbara Basin, southern California. *Paleoceanography*, 21.

- 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, 21–48.
- Powell, A.J. (1992). *A stratigraphic index of dinoflagellates cysts*. (290) London, Chapman y Hall.
- Pross, J. and Brinkhuis, H. (2005). Organic-walled dinoflagellate cysts as paleoenvironmental indicators in the Paleogene; a synopsis of concepts. *Paläontologische Zeitschrift*, 79: 53–59.
- Restrepo, J. J. and Toussaint, J. F. (1988). Terranes and continental accretion in the colombian Andes.- Episodes 11(3): 189-193.
- Rochon, A., de Vernal, A., 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 Foundation. Contribution series no. 35, Dallas, TX, p. 152.
- Roth, J.M., Droxler, A.W. and Kameo, K. (2000). The Caribbean carbonate crash at the middle to late Miocene transition: linkage to the establishment of the modern global ocean conveyor. In Leckie, R.M., Sigurdsson, H., Acton, G.D., and Draper, G. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific Results*. ODP, 165: 249–273.
- Sherwood, W., Covington, M., Ladner, B. and Wei, W. (2002). Electronic calcareous Nannofossils, International Association. Nanno-Ware, CD-Rom 1.
- Stover, L.E. and Evitt, W.R. (1978). *Analyses of Pre-Pleistocene Organic-walled dinoflagellates*. (299 pp.) Stanford University Publications.
- Stover, L.E. and Williams, G.L. (1987). Analyses of Mesozoic and Cenozoic organic-walled dinoflagellates 1977-1985. AASP Contribution Series No. 18: 243.
- Suárez-Rodríguez, M. (2007). Geological Framework of The Pacific Coast Sedimentary Basins, Western Colombia. *Geología Colombiana*, 32, 47-62.
- Taylor, F.J.R. (1987). *The Biology of Dinoflagellates*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 785.



- Traverse, A. (1988). Paleopalynology. UnwinHyman. pp. 1–600.
- Vail, P. R., Mitchum, R. M., Todd, R. G., Widmier, J. M., Thompson, S., Sangree, J. B., Bubb, J. N. and Hatlelid, W. G. (1977). Seismic stratigraphy and global changes of sea-level.. In: Payton, C. E. (Ed.). *Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration. American Association of Petroleum Geologists Memoir 26*. pp. 49–212.
- Vail, P.R., Audemard, F., Bowman, S.A., Eisner, P.N. and Perez-Cruz, C. (1991). The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology—an overview. In: Einsele, G., Ricken, W., Seilacher, A. (Eds.), *Cycles and Events in Stratigraphy*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 617–659.
- Van Hinte, J. E. (1978). Geohistory analysis; application of micropaleontology in exploration geology. *American Association of Petroleum Geologists (AAPG)*, 62: 201–222.
- Van Wagoner, J.C., Posamentier, H.W., Mitchum, R.M., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S. and Hardenbol, J. (1988). An overview of sequence stratigraphy and key definitions. In: Wilgus, C.K.; Hastings B. S., Posamentier, H.; Ross, C.A., Van Wagoner J. C. y Kendall, C.G. (Eds.). *Sea-level changes: An integrated approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication*, 42: 39–45.
- Victorio C., G.I. (2003). *Sistema de procesamiento y graficación de datos estratigráficos*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California, 122 p.
- Wall, D., Dale, B., Lohmann, G. and Smith, W. K. (1977). The environmental and climatic distribution of dinoflagellate cysts in modern marine sediments from regions in the North and South Atlantic Oceans and adjacent seas. *Marine Micropaleontology*, 2, 121–200.
- Williams, G.L. and Bujak, J.P. (1985). Mesozoic and Cenozoic dinoflagellates. In: Bolli, H.M.; Saunders, J.B. y Perch-Nielsen, K. *Plankton stratigraphy*. (pp. 847-964) Cambridge Earth Science Series.
- Williams, G.L., Stover, L.E. and Kidson, E.J. (1993). Morphology and stratigraphic ranges of selected Mesozoic-Cenozoic dinoflagellate taxa in the northern hemisphere. *Geological Survey of Canada*, 10, 1-137.
- Williams, G., Brinkhuis, H., Pearce, M., Fensome, R., and Weegink, J. (2004). Southern Ocean and global dinoflagellate cyst events compared: index events for the Late

Cretaceous-Neogene, Vol. 189. In: Exon, N.F., Kennett, J.P., and Malone, M.J. (Eds.). *Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific Results*. ODP, pp. 1–98.

Wrenn, J. and Kokinos, J. (1986). Preliminary comments on Miocene through Pleistocene dinoflagellate cysts from De Soto Canyon, Gulf of Mexico. *AASP Contributions series*, 17: 169–225.

Young, J., Bown, P. and Lees, J. (2014). Nannotax3. Acceso electrónico en: <http://ina.tmsoc.org/Nannotax3>.

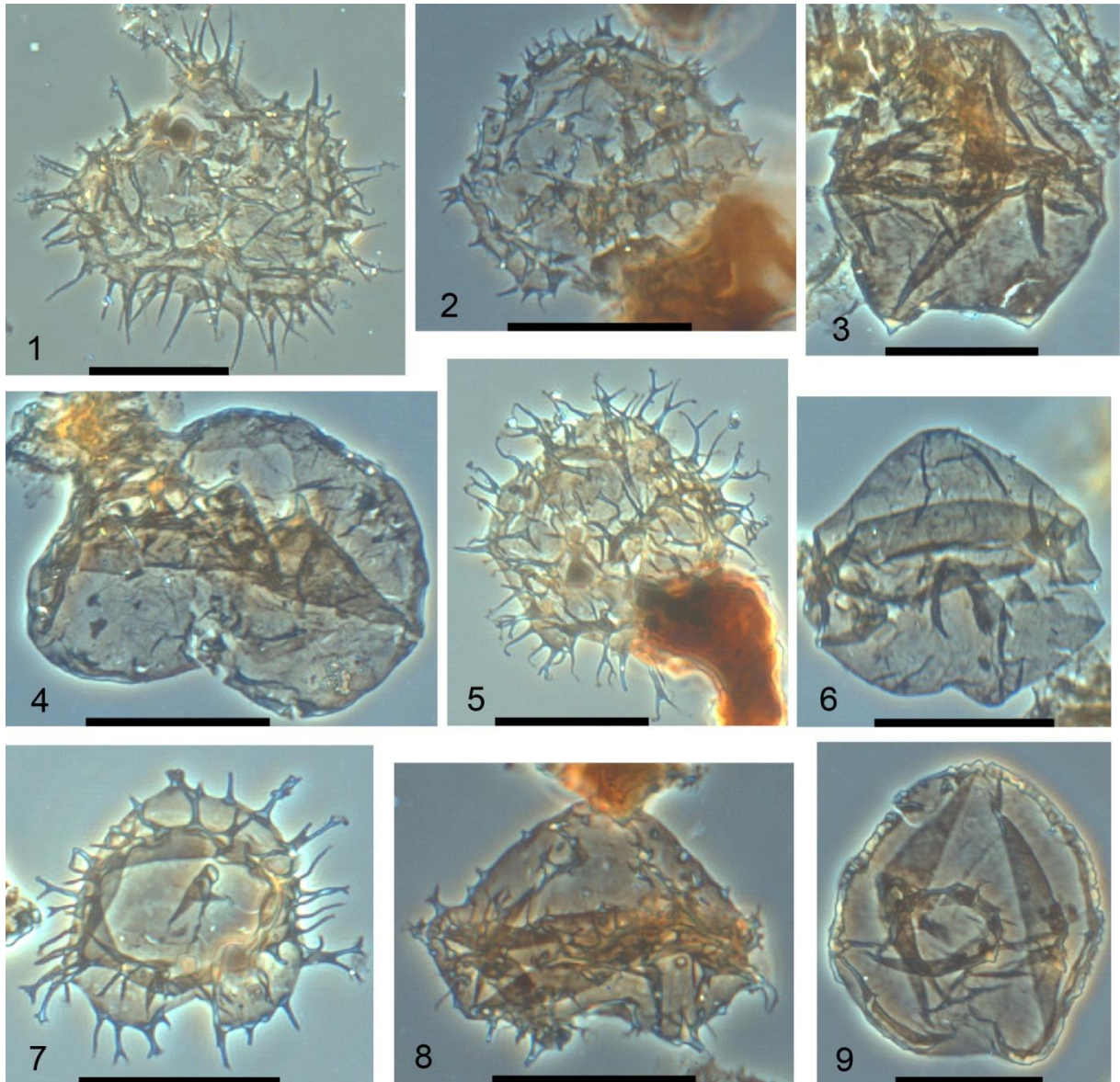
Zegarra, M. and Helenes, J. (2011). Changes in Miocene through Pleistocene dinoflagellates from the Eastern Equatorial Pacific (ODP site 1039), in relation to primary productivity. *Marine Micropaleontology*, 81,107-12.

Zonneveld, K. A., Marret, F., Versteegh, G. J., Bogus, K., Bonnet, S., Bouimetarhan, I., Crouch, E., de Vernal, A., Elshanawany, R., Edwards, L., Esper, O., Forke, S., Grøsfjeld, K., Henry, M., Holzwarth, U., Kieft, J.-F., Kim, S.-Y., Ladouceur, S., Ledu, D., Chen, L., Limoges, A., Londeix, L., Lu, S.-H., Mahmoud, M. S., Marino, G., Matsouka, K., Matthiessen, J., Mildenhall, D., Mudie, P., Neil, H., Pospelova, V., Qi, Y., Radi, T., Richerol, T., Rochon, A., Sangiorgi, F., Solignac, S., Turon, J.-L., Verleye, T., Wang, Y., Wang, Z. and Young, M. (2013). Atlas of modern dinoflagellate cyst distribution based on 2405 data points. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 191: 1–197.

## Anexo A.

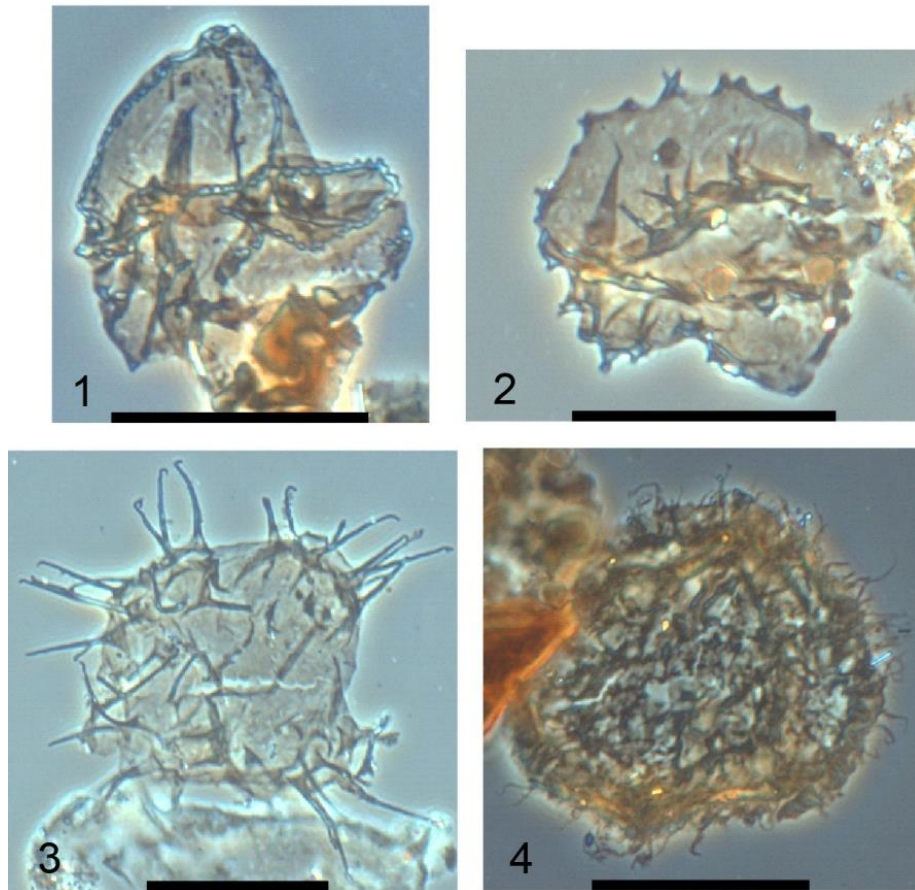
Registro fotográfico de las especies de dinoflagelados más representativas encontradas en las muestras del pozo Buenaventura 1-ST-P.

### Plancha No. 1: Orden Peridinales.



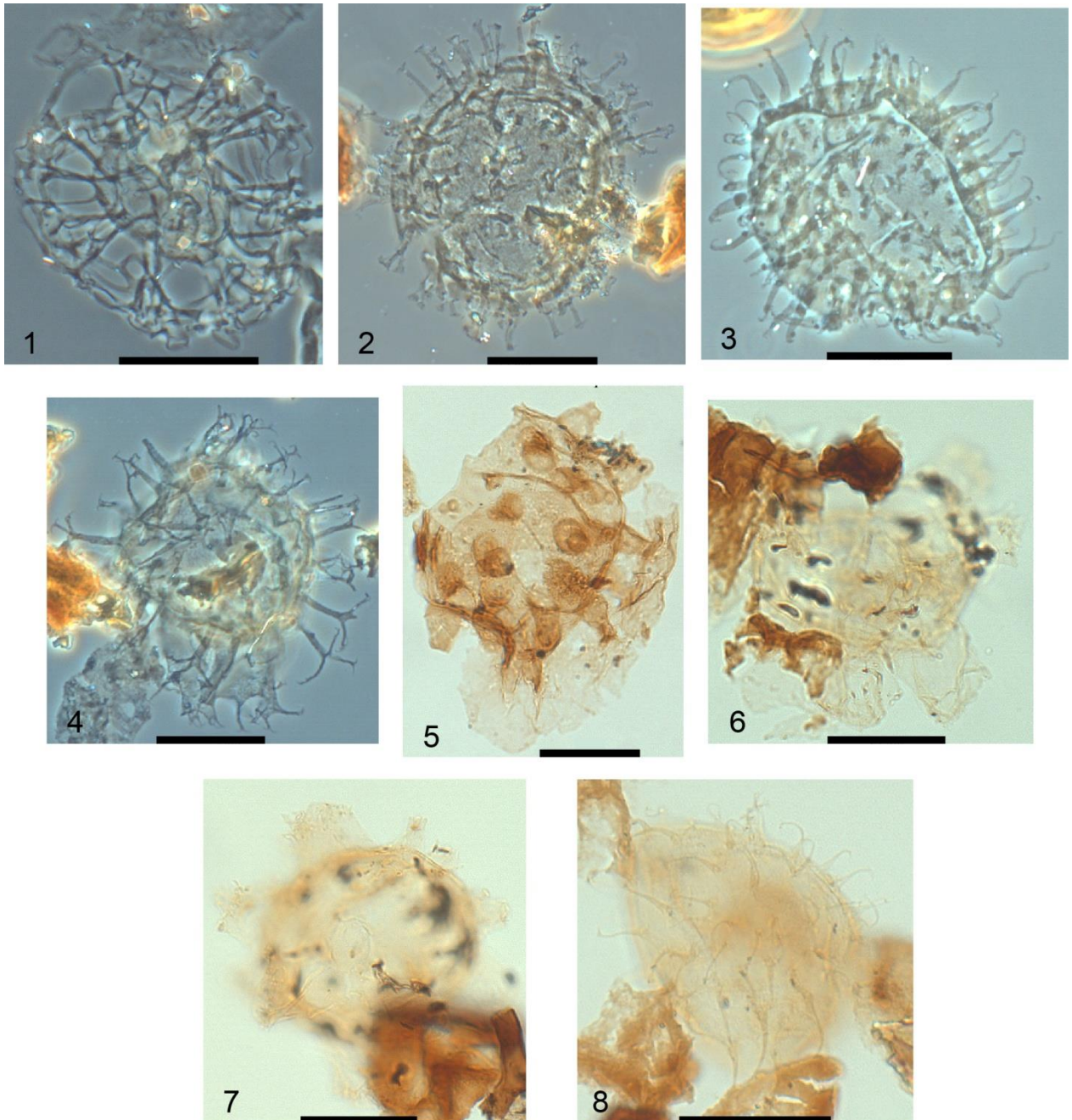
**Plancha No.1:** Las fotografías fueron tomadas con contraste de fases en un objetivo de 60x, la barra negra representa una escala de 25  $\mu\text{m}$ . 1: *S. quanta*. 2: *T. ferugnomatum*. 3: *L. hyalina*. 4: *S. nephroides*. 5: *T. xylochoporum*. 6: *L. globosa*. 7: *S. dionaeacysta*. 8: *Cristadinium sp. nov.* 9: *S. minusa*.

**Plancha No. 2:** Orden Peridinales (parte superior), *Incertae sedis* (inferior izquierda) y Orden Gymnodinales (inferior derecha).



**Plancha No. 2:** Las fotografías fueron tomadas con contraste de fases en un objetivo de 60x, la barra negra representa una escala de 25  $\mu\text{m}$ . 1: *L. cinctoria*. 2: *S. brevispinosa*. 3: *Q. condita*. 4: *A. capillatum*.

**Plancha No. 3: Orden Gonyaulacales**



**Plancha No. 3:** Las fotografías fueron tomadas en un objetivo de 60x, la barra negra representa una escala de 25  $\mu$ m. Las primeras cuatro fotografías fueron tomadas con contraste de fases. 1: *N. labyrinthus*. 2: *P. zoharyi*. 3: *L. machaerophorum*. 4: *S. mirabilis*. 5: *T. vancampoeae*. 6: *H. denticulatum*. 7: *H. truncatum*. 8: *O. centrocarpum*.

## Anexo B.

Se enlista los géneros y especies de dinoflagelados identificados y cuantificados para cada muestra analizada del pozo Buenaventura 1-ST-P. Organizadas según la profundidad (Prof.) de cada muestra de la más somera a la más profunda.

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1070 m</b>	
<b>Especies</b>	<b>Conteo</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	2
<i>Cristadinium sp. nov.</i>	2
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	1
<i>Lejeunecysta sp.</i>	2
<i>L. hyalina</i>	1
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	2
<i>Quadrina condita</i>	7
<i>Selenopemphix dionaeacysta</i>	80
<i>S. nephroides</i>	12
<i>S. brevispinosa</i>	29
<i>S. quanta</i>	5
<i>Spiniferites sp.</i>	3
<i>Trinovantedinium sp.</i>	1
<i>T. ferugnomatum</i>	1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1100 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>		2
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	3	3
<i>Algidasphaeridium capillatum</i>		1
<i>Cleistosphaeridium diversispinosum</i>		1
<i>Cristadinium sp. nov.</i>		2
<i>Lejeunecysta sp.</i>	4	6
<i>L. cinctoria</i>	1	3
<i>L. globosa</i>	1	
<i>L. cf hyalina</i>		1
<i>Nematosphaeropsis labyrinthus</i>		1
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>		1
<i>Quadrina condita</i>	7	9
<i>Selenopemphix sp.</i>	1	
<i>S. dionaeacysta</i>	45	103
<i>S. cf nephroides</i>	4	3
<i>S. nephroides</i>	6	25
<i>S. brevispinosa</i>	16	40
<i>S. quanta</i>		7
<i>S. minusa</i>		2
<i>Spiniferites sp.</i>	2	2

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1131 m</b>	
<b>Especies</b>	<b>Conteo</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	2
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	4
<i>Algidasphaeridium capillatum</i>	1
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	4
<i>Lejeunecysta sp.</i>	5
<i>L. hyalina</i>	1
<i>Lingulodinium sp.</i>	1
<i>L. machaerophorum</i>	8
<i>Quadrina condita</i>	10
<i>Selenopemphix sp.</i>	2
<i>S. dionaeacysta</i>	54
<i>S. nephroides</i>	17
<i>S. brevispinosa</i>	17
<i>S. quanta</i>	5
<i>Spiniferites sp.</i>	3
<i>S. mirabilis</i>	1
<i>T. xylochoporum</i>	3

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1161 m</b>	
<b>Especies</b>	<b>Conteo</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	1
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	1
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	1
<i>Lejeunecysta sp.</i>	3
<i>Lingulodinium macaerophorum</i>	3
<i>Quadrina condita</i>	4
<i>Selenopemphix sp.</i>	1
<i>S. dionaeacysta</i>	43
<i>S. nephroides</i>	24
<i>S. brevispinosa</i>	12
<i>S. quanta</i>	7
<i>S. minusa</i>	2
<i>Spiniferites sp.</i>	2
<i>S. ramosus</i>	1
<i>S. mirabilis</i>	3
<i>S. hyperacanthus</i>	2

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1192 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	3	1
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	2	2
<i>Algidasphaeridium capillatum</i>	4	2
<i>Hystrichokolpoma sp.</i>	2	2
<i>H. denticulatum</i>	3	
<i>H. truncatum</i>		1
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	3	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	5	4
<i>L. globosa</i>	2	2
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	3	5
<i>Operculodinium centrocarpum</i>	1	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	11	13
<i>Quadrina condita</i>		2
<i>Selenopemphix sp.</i>	3	3
<i>S. dionaeacysta</i>	5	6
<i>S. nephroides</i>	24	14
<i>S. brevispinosa</i>	9	24
<i>S. quanta</i>	2	2
<i>S. minusa</i>		1
<i>Spiniferites sp.</i>	1	
<i>S. mirabilis</i>	1	1
<i>Tuberculodinium vancampoae</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1216 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	1	2
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	2	1
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	2	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	4	2
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	3	3
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	10	5
<i>Quadrina condita</i>	1	3
<i>Selenopemphix sp.</i>	1	1
<i>S. dionaeacysta</i>	3	4
<i>S. nephroides</i>	19	17
<i>S. brevispinosa</i>	7	8
<i>S. quanta</i>	2	
<i>S. minusa</i>	3	1
<i>Spiniferites mirabilis</i>	1	1



<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1253 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	3	
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	3	1
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	2	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	4	2
<i>L. globosa</i>	2	1
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	4	
<i>Operculodinium sp.</i>	1	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	2	1
<i>Selenopemphix sp.</i>	2	
<i>S. nephroides</i>	4	9
<i>S. brevispinosa</i>	2	4
<i>Spiniferites sp.</i>	3	1
<i>S. mirabilis</i>	1	1
<i>Trinovantedinium sp.</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1283 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	2	
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	1	1
<i>Batiacasphaera sphaerica</i>	1	
<i>Hystrichokolpoma sp.</i>	1	
<i>H. denticulatum</i>	4	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	4	1
<i>Polysphaeridium congregatum</i>	1	
<i>P. zoharyi</i>	3	1
<i>Quadrina condita</i>	1	4
<i>Selenopemphix cf dionaeacysta</i>	1	
<i>S. dionaeacysta</i>	8	9
<i>S. nephroides</i>	5	5
<i>S. brevispinosa</i>	5	10
<i>S. minusa</i>		2
<i>Spiniferites sp.</i>	2	
<i>S. mirabilis</i>	1	
<i>Trinovantedinium xylochoporum</i>		1
<i>Sumatradinium? aff hispidum</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1320 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	2	1
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	2	1
<i>Hystrichokolpoma sp.</i>	2	1
<i>H. truncatum</i>		1
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	2	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	3	1
<i>L. globosa</i>		2
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>		1
<i>Nematosphaeropsis labyrinthus</i>	1	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	5	3
<i>Selenopemphix dionaeacysta</i>		1
<i>S. nephroides</i>	6	
<i>S. brevispinosa</i>	8	5
<i>S. minusa</i>	3	
<i>Spiniferites sp.</i>	1	
<i>S. mirabilis</i>	2	1
<i>S. monilis</i>	1	
<i>Trinovantedinium xylochoporum</i>	1	
<i>Tuberculodinium vancampoae</i>	1	1
<i>Sumatradinium? aff hispidum</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1368 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	1	4
<i>Batiacasphaera sp.</i>	1	1
<i>Hystrichokolpoma sp.</i>	1	
<i>Impletosphaeridium sp.</i>		3
<i>Lejeunecysta sp.</i>	2	1
<i>Operculodinium centrocarpum</i>		1
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>		3
<i>Selenopemphix sp.</i>		1
<i>S. dionaeacysta</i>	1	1
<i>S. nephroides</i>	8	8
<i>S. brevispinosa</i>	1	3
<i>S. quanta</i>		2
<i>S. minusa</i>		2
<i>Spiniferites sp.</i>	1	1
<i>S. ramosus</i>		2
<i>S. membranaceus</i>		1
<i>S. mirabilis</i>		1
<i>S. hyperacanthus</i>		1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1389 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	1	
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	2	1
<i>Batiacasphaera sp.</i>	2	1
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>		1
<i>Lejeunecysta sp.</i>		1
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	1	1
<i>Operculodinium sp.</i>	1	
<i>O. centrocarpum</i>		1
<i>Selenopemphix sp.</i>	3	
<i>S. nephroides</i>	9	5
<i>S. quanta</i>		1
<i>S. minusa</i>	2	2
<i>Spiniferites sp.</i>	3	
<i>S. bulloideus</i>	2	
<i>S. ramosus</i>	1	
<i>S. strictus</i>	1	
<i>Trinovantedinium sp.</i>	2	
<i>T. ferugnomatum</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1408 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Batiacasphaera sp.</i>	1	2
<i>Lejeunecysta sp.</i>	1	
<i>Operculodinium centrocarpum</i>	1	
<i>Selenopemphix nephroides</i>	2	1
<i>S. minusa</i>	1	
<i>Spiniferites sp.</i>		1
<i>Trinovantedinium ferugnomatum</i>		1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1417 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	2	1
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	1	
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	1	1
<i>Lejeunecysta sp.</i>	3	3
<i>L. hyalina</i>	1	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	2	
<i>Quadrina condita</i>	2	
<i>Selenopemphix sp.</i>	1	1
<i>S. "miniarmata"</i>	1	
<i>S. dionaeacysta</i>	5	1
<i>S. nephroides</i>	15	8
<i>S. brevispinosa</i>	4	2
<i>Spiniferites sp.</i>	2	1
<i>S. ramosus</i>	1	2
<i>S. mirabilis</i>	2	
<i>Trinovantedinium sp.</i>	3	1
<i>T. variabile</i>	3	
<i>Sumatradinium? aff hispidum</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1448 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	1	
<i>Batiacasphaera sp.</i>		2
<i>Hystriochokolpoma denticulatum</i>	1	
<i>Selenopemphix sp.</i>	2	2
<i>S. dionaeacysta</i>	1	1
<i>S. nephroides</i>	3	
<i>S. brevispinosa</i>	2	
<i>S. quanta</i>	1	1
<i>S. minusa</i>	1	
<i>Spiniferites sp.</i>		1
<i>S. ramosus</i>	1	
<i>Trinovantedinium sp.</i>		2
<i>Sumatradinium? aff hispidum</i>		1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1472 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>		3
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	1	4
<i>Algidasphaeridium capillatum</i>	2	1
<i>Batiacasphaera sp.</i>		1
<i>B. hirsuta</i>		1
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	4	
<i>Lejeunecysta cf cinctoria</i>		1
<i>Lejeunecysta sp.</i>	5	6
<i>L. cf. brassensis</i>	1	
<i>L. hyalina</i>	1	
<i>L. globosa</i>	2	1
<i>Lingulodinium sp.</i>	1	
<i>L. machaerophorum</i>	12	12
<i>Melitasphaeridium choanophorum</i>		2
<i>Nematosphaeropsis sp.</i>		1
<i>Operculodinium centrocarpum</i>	4	4
<i>O? eirikianum</i>		1
<i>Selenopemphix sp.</i>		3
<i>Selenopemphix "miniarmata"</i>	2	2
<i>S. bothrion</i>		2
<i>S. dionaeacysta</i>	3	3
<i>S. nephroides</i>	11	6
<i>S. brevispinosa</i>	1	1
<i>S. quanta</i>	6	8
<i>S. minusa</i>	3	1
<i>Spiniferites sp.</i>	6	1
<i>S. ramosus</i>	3	
<i>Trinovantedinium sp.</i>	3	1
<i>T. xylochoporum</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1507 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>		1
<i>Batiacasphaera sp.</i>	1	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	1	2
<i>Selenopemphix sp.</i>	1	1
<i>S. nephroides</i>	2	1
<i>Spiniferites sp.</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1527 m</b>	
<b>Especies</b>	<b>Conteo</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	6
<i>Batiacasphaera sp.</i>	1
<i>Impagidinium cf. paradoxum</i>	2
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	3
<i>Lejeunecysta sp.</i>	5
<i>L. hyalina</i>	1
<i>L. globosa</i>	3
<i>Quadrina condita</i>	4
<i>Reticulosphaera actinocoronata</i>	4
<i>Selenopemphix sp.</i>	3
<i>S. nephroides</i>	29
<i>S. quanta</i>	3
<i>S. minusa</i>	7
<i>Spiniferites sp.</i>	5
<i>S. bulloideus</i>	1
<i>S. ramosus</i>	5
<i>Trinovantedinium sp.</i>	4
<i>T. ferugnomatum</i>	15
<i>T. variabile</i>	9

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1547 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	1	
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	2	1
<i>Cleistosphaeridium sp.</i>	1	
<i>C. diversispinosum</i>	1	
<i>Hystrichostrogylon membraniphorum</i>	2	
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	2	
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	3	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	6	4
<i>L. fallax</i>		1
<i>L. globosa</i>		1
<i>Operculodinium centrocarpum</i>		2
<i>O? eirikianum</i>	1	
<i>O? placitum</i>		1
<i>Selenopemphix nephroides</i>	12	9
<i>S. minusa</i>		2
<i>Spiniferites sp.</i>	1	
<i>Trinovantedinium sp.</i>		1
<i>T. variabile</i>		2

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1569 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	1	
<i>Hystriochokolpoma sp.</i>	1	
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	1	1
<i>Operculodinium centrocarpum</i>	1	
<i>Selenopemphix nephroides</i>	2	
<i>Spiniferites sp.</i>		1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1596 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>		1
<i>Batiacasphaera sp.</i>	1	
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	1	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	1	1
<i>L. globosa</i>	1	
<i>Selenopemphix nephroides</i>	4	3
<i>S. minusa</i>	1	1
<i>Spiniferites sp.</i>	2	
<i>S. mirabilis</i>		2
<i>Trinovantedinium xylochoporum</i>		1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1623 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Cleistosphaeridium diversispinosum</i>		1
<i>Distatodinium cf craterum</i>	1	
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	3	
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	1	
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	2	1
<i>Operculodinium sp.</i>		1
<i>O. janduchenei</i>		1
<i>Palaecystodinium cf. golzowense</i>	1	
<i>Selenopemphix nephroides</i>	3	2
<i>S. minusa</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1663 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	1	
<i>Glaphyrocysta sp.</i>		1
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	1	2
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	1	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	1	1
<i>L. aff. beninensis</i>	1	
<i>L. cf. brassensis</i>	1	
<i>L. fallax</i>		1
<i>L. globosa</i>	1	
<i>Nematosphaeropsis labyrinthus</i>		1
<i>Operculodinium centrocarpum</i>	1	
<i>Selenopemphix nephroides</i>	2	1
<i>S. minusa</i>	3	3
<i>Spiniferites sp.</i>	2	1
<i>Sumatradinium? aff hispidum</i>	3	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1683 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	2	1
<i>Batiacasphaera sp.</i>	2	2
<i>B. minuta</i>		1
<i>Cristadinium sp. nov.</i>		1
<i>Hystrichosphaeropsis sp.</i>	1	
<i>Hystrichosphaeropsis obscura</i>	1	
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	1	1
<i>Lejeunecysta sp.</i>		1
<i>L. globosa</i>		1
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	2	
<i>Melitasphaeridium choanophorum</i>	1	
<i>Operculodinium centrocarpum</i>	1	
<i>Selenopemphix minusa</i>		2
<i>S. nephroides</i>	8	4
<i>Spiniferites serratus</i>	1	



<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1716 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	1	1
<i>Lejeunecysta sp.</i>	3	1
<i>L. globosa</i>	1	
<i>Lingulodinium sp.</i>		1
<i>L. machaerophorum</i>	1	5
<i>Operculodinium centrocarpum</i>	1	
<i>Polysphaeridium congregatum</i>		1
<i>P. zoharyi</i>		1
<i>Selenopemphix sp.</i>	1	1
<i>S. nephroides</i>	1	
<i>S. crenata</i>	1	
<i>Spiniferites sp.</i>	2	1
<i>S. mirabilis</i>	1	
<i>Trinovantedinium xylochoporum</i>		3
<i>Tuberculodinium sp.</i>	1	
<i>Xandarodinium? xanthum</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1753 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	1	2
<i>Algidasphaeridium capillatum</i>		2
<i>Homotryblium tenuispinosum</i>	2	3
<i>Hystrihokolpoma sp.</i>		1
<i>H. denticulatum</i>		1
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	1	2
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	3	3
<i>Lejeunecysta sp.</i>	6	3
<i>L. convexa</i>	1	
<i>L. hyalina</i>	2	2
<i>L. globosa</i>	1	1
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	12	8
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	1	1
<i>Reticulatosphaera actinocoronata</i>	3	
<i>Selenopemphix sp.</i>	2	1
<i>S. nephroides</i>	5	3
<i>S. minusa</i>	2	2
<i>S. crenata</i>	1	
<i>Spiniferites sp.</i>	6	8
<i>S. elongatus</i>	1	
<i>S. rubinus</i>		1
<i>S. mirabilis</i>	4	6
<i>S. pseudofurcatus</i>	1	
<i>S. serratus</i>	1	
<i>Trinovantedinium sp.</i>	1	1
<i>T. variable</i>	2	
<i>T. xylochoporum</i>	1	
<i>Tuberculodinium vancampoae</i>		1
<i>T. sp.</i>	1	1
<i>Xandarodinium? xanthum</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1783 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	1	
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	5	6
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	1	
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	1	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	15	14
<i>Reticulosphaera actinocoronata</i>	1	
<i>Selenopemphix sp.</i>		2
<i>S. nephroides</i>	2	
<i>S. brevispinosa</i>	1	1
<i>S. quanta</i>	1	
<i>S. minusa</i>	1	
<i>Spiniferites sp.</i>	10	14
<i>S. ramosus</i>	1	1
<i>S. membranaceus</i>	1	1
<i>S. mirabilis</i>	2	4

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1826 m</b>	
<b>Especies</b>	<b>Conteo</b>
<i>Homotryblium sp.</i>	1
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	1
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	2
<i>Lejeunecysta sp.</i>	10
<i>L. aff. beninensis</i>	1
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	29
<i>Nematosphaeropsis balcombiana</i>	1
<i>N. labyrinthus</i>	1
<i>Operculodinium centrocarpum</i>	2
<i>Reticulosphaera actinocoronata</i>	3
<i>Selenopemphix sp.</i>	4
<i>S. nephroides</i>	5
<i>S. brevispinosa</i>	10
<i>S. minusa</i>	3
<i>Spiniferites sp.</i>	7
<i>S. pachydermus</i>	2
<i>S. mirabilis</i>	1
<i>S. ovatus</i>	2
<i>Trinovantedinium sp.</i>	2

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1874 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Lejeunecysta sp.</i>	1	
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>		3
<i>Selenopemphix sp.</i>	2	1
<i>Selenopemphix "miniarmata"</i>	1	
<i>S. dionaeacysta</i>	1	
<i>S. nephroides</i>	2	2
<i>S. brevispinosa</i>	1	
<i>S. minusa</i>	1	
<i>Spiniferites sp.</i>	2	1
<i>S. mirabilis</i>	1	
<i>Tuberculodinium vancampoae</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1923 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	1	2
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	2	
<i>Cristadinium sp. nov.</i>	1	
<i>Distatodinium fusiforme</i>		1
<i>Hystrichokolpoma sp.</i>		1
<i>H. denticulatum</i>	3	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	1	
<i>L. marieae</i>		1
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	2	
<i>Reticulatosphaera actinocoronata</i>		1
<i>Selenopemphix sp.</i>	2	2
<i>S. nephroides</i>	3	2
<i>S. minusa</i>	4	
<i>Spiniferites sp.</i>	4	
<i>Trinovantedinium sp.</i>	1	
<i>T. xylochoporum</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 1966 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	3	2
<i>Cristadinium sp. nov.</i>	1	
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	3	1
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	1	1
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	3	
<i>Selenopemphix sp.</i>	2	
<i>S. nephroides</i>	1	
<i>Spiniferites sp.</i>	1	1
<i>S. mirabilis</i>	2	
<i>Trinovantedinium sp.</i>		1
<i>T. variable</i>	1	
<i>Sumatradinium? aff hispidum</i>	1	1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2009 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera spongiosa</i>		1
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	3	3
<i>Cleistosphaeridium sp.</i>	2	2
<i>Dapsilidinium pseudocolligerum</i>	1	
<i>Distatodinium sp.</i>		1
<i>Hystrichokolpoma sp.</i>		1
<i>H. denticulatum</i>		1
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	7	5
<i>Lejeunecysta sp.</i>	3	2
<i>L. diversiforma subsp. muscatensis</i>	1	
<i>Lingulodinium sp.</i>	2	2
<i>L. machaerophorum</i>	10	9
<i>Nematosphaeropsis sp.</i>	2	1
<i>N. labyrinthus</i>	2	
<i>Operculodinium sp.</i>	3	1
<i>O. centrocarpum</i>	1	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	1	
<i>Selenopemphix sp.</i>	5	2
<i>S. dionaeacysta</i>	1	1
<i>S. nephroides</i>	4	3
<i>S. brevispinosa</i>	19	10
<i>S. minusa</i>	1	
<i>Spiniferites sp.</i>	8	7
<i>S. ellipsoideus</i>	1	
<i>S. mirabilis</i>	1	
<i>Trinovantedinium sp.</i>	1	1
<i>T. variable</i>	1	
<i>Tuberculodinium vancampoae</i>		1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2051 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	1	1
<i>Cleistosphaeridium sp.</i>	2	1
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	4	5
<i>Labyrinthodinium truncatum</i>		1
<i>Lejeunecysta sp.</i>	1	
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	1	2
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	3	2
<i>Selenopemphix brevispinosa</i>	1	1
<i>Spiniferites sp.</i>	7	4
<i>S. monilis</i>	1	
<i>S. ellipsoideus</i>	2	
<i>S. mirabilis</i>		1
<i>Tuberculodinium vancampoeae</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2094 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	2	4
<i>A. spongiosa</i>	1	
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	5	5
<i>Batiacasphaera micropapillata</i>	1	
<i>Hystrichokolpoma sp.</i>	3	
<i>H. denticulatum</i>		1
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	7	4
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	1	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	3	2
<i>Lingulodinium sp.</i>	5	1
<i>L. machaerophorum</i>	6	3
<i>Nematosphaeropsis labyrinthus</i>	1	
<i>Operculodinium sp.</i>	1	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	1	2
<i>Selenopemphix sp.</i>	1	
<i>S. dionaeacysta</i>	4	1
<i>S. nephroides</i>		2
<i>S. brevispinosa</i>	15	11
<i>S. minusa</i>	3	1
<i>Spiniferites sp.</i>	8	5
<i>S. ramosus</i>		1
<i>S. membranaceus</i>	2	
<i>Tuberculodinium sp.</i>		1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2137 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	10	3
<i>A. spongiosa</i>	1	
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	17	8
<i>Cleistosphaeridium sp.</i>	7	5
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	1	
<i>Labyrinthodinium truncatum</i>	1	1
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	1	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	3	1
<i>L. diversiforma</i>		1
<i>Lingulodinium sp.</i>	3	2
<i>L. machaerophorum</i>	9	7
<i>Nematospharopsis balcombiana</i>	1	
<i>Operculodinium sp.</i>	2	
<i>O. centrocarpum</i>		1
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	2	1
<i>Selenopemphix sp.</i>	3	
<i>S. dionaeacysta</i>	3	1
<i>S. brevispinosa</i>	9	6
<i>S. warriensis</i>	1	
<i>Spiniferites sp.</i>	43	33
<i>S. bulloides</i>	4	1
<i>S. ellipsoideus</i>	1	1
<i>S. ramosus</i>	8	3
<i>S. ovatus</i>	1	2
<i>S. membranaceus</i>	4	3
<i>S. mirabilis</i>	5	7
<i>S. serratus</i>	1	3

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2177 m</b>	
<b>Especies</b>	<b>Conteo</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	12
<i>A. spongiosa</i>	1
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	38
<i>Cleistosphaeridium sp.</i>	7
<i>Hystrihostrogylon sp.</i>	3
<i>H. membraniphorum</i>	8
<i>Labyrinthodinium truncatum</i>	3
<i>Lejeunecysta cinctoria</i>	1
<i>Lejeunecysta sp.</i>	16
<i>L. aff. sabrina</i>	1
<i>L. convexa</i>	1
<i>L. globosa</i>	4
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	123
<i>Selenopemphix sp.</i>	2
<i>S. nephroides</i>	1
<i>S. brevispinosa</i>	5
<i>Spiniferites sp.</i>	81
<i>S. aff. adnatus</i>	1
<i>S. bulloideus</i>	11
<i>S. ellipsoideus</i>	4
<i>S. ramosus</i>	13
<i>S. membranaceus</i>	5
<i>S. mirabilis</i>	8
<i>S. monilis</i>	1
<i>S. pseudofurcatus</i>	9

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2216 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	6	5
<i>A. spongiosa</i>		1
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	12	9
<i>Cleistosphaeridium sp.</i>	2	2
<i>C. diversispinosum</i>		1
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	3	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	3	1
<i>L. hyalina</i>	1	
<i>L. globosa</i>	1	
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	1	1
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	1	
<i>Selenopemphix sp.</i>	3	1
<i>S. nephroides</i>	2	1
<i>S. brevispinosa</i>	17	9
<i>Spiniferites sp.</i>	16	16
<i>S. bulloideus</i>	2	
<i>S. ellipsoideus</i>	1	1
<i>S. ramosus</i>	3	2
<i>S. membranaceus</i>		1
<i>S. mirabilis</i>	2	3
<i>S. monilis</i>		1
<i>S. pseudofurcatus</i>	3	2

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2265 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	11	4
<i>A. ramulifera</i>	9	2
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	21	5
<i>Cleistosphaeridium sp.</i>	3	
<i>C. diversispinosum</i>	1	
<i>Hystriochosphaeropsis obscura</i>	1	3
<i>Impletosphaeridium sp.</i>	1	1
<i>Labyrinthodinium truncatum</i>	1	
<i>Lejeunecysta sp.</i>	2	
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	16	5
<i>Operculodinium sp.</i>	1	
<i>O. centrocarpum</i>	3	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	2	
<i>Selenopemphix sp.</i>	1	
<i>S. brevispinosa</i>	5	3
<i>Spiniferites sp.</i>	33	13
<i>S. ellipsoideus</i>		1
<i>S. ramosus</i>	4	1
<i>S. membranaceus</i>	2	1
<i>S. mirabilis</i>	5	3
<i>S. pseudofurcatus</i>	1	



<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2313 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>		2
<i>A. ramulifera</i>		1
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	6	4
<i>Lejeunecysta sp.</i>	2	2
<i>L. fallax</i>		1
<i>Operculodinium sp.</i>	1	1
<i>O. centrocarpum</i>		2
<i>Selenopemphix sp.</i>	3	2
<i>S. dionaeacysta</i>		1
<i>S. brevispinosa</i>	9	12
<i>S. quanta</i>		1
<i>S. warriensis</i>		1
<i>Spiniferites sp.</i>	2	7
<i>S. ellipsoideus</i>		1
<i>S. ramosus</i>		1
<i>S. mirabilis</i>		2
<i>T. xylochoporum</i>		1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2350 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	2	
<i>A. ramulifera</i>	1	
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	5	3
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	4	3
<i>Operculodinium sp.</i>	1	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	2	
<i>Selenopemphix sp.</i>		3
<i>S. nephroides</i>	2	
<i>Spiniferites sp.</i>	4	1
<i>S. mirabilis</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2399 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	4	2
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	3	1
<i>Spiniferites sp.</i>	1	2
<i>Trinovantedinium variabile</i>		1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2441 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	1	1
<i>A. alcornu</i>	1	
<i>A. spongiosa</i>		2
<i>A. ramulifera</i>	1	
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	7	8
<i>Dapsilidium pseudocolligerum</i>		1
<i>Hystrihostrogylon membraniphorum</i>		1
<i>Lejeunecysta sp.</i>	2	1
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	3	1
<i>Operculodinium sp.</i>	1	
<i>O. centrocarpum</i>	2	
<i>Selenopemphix sp.</i>	3	2
<i>S. nephroides</i>	2	
<i>S. brevispinosa</i>	3	2
<i>Spiniferites sp.</i>	3	4
<i>S. membranaceus</i>		1
<i>S. mirabilis</i>		1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2484 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	2	2
<i>A. ramulifera</i>		2
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	5	3
<i>Lejeunecysta sp.</i>	2	
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	3	8
<i>Operculodinium centrocarpum</i>	1	1
<i>O? eirikianum</i>	1	
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>		5
<i>Selenopemphix sp.</i>	2	
<i>S. brevispinosa</i>	3	2
<i>Spiniferites sp.</i>	9	7
<i>S. bulloideus</i>	1	1
<i>S. ellipsoideus</i>	2	1
<i>S. mirabilis</i>	1	2
<i>S. pseudofurcatus</i>		1
<i>Sumatradinium? aff hispidum</i>		1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2527 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>		1
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	4	8
<i>Cleistosphaeridium sp.</i>	1	
<i>Hystrichokolpoma sp.</i>		1
<i>Lejeunecysta sp.</i>	1	
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	2	3
<i>Melitasphaeridium choanophorum</i>		1
<i>Operculodinium centrocarpum</i>		1
<i>Selenopemphix sp.</i>	2	2
<i>S. brevispinosa</i>	2	4
<i>S. crenata</i>		1
<i>Spiniferites sp.</i>	3	5
<i>S. membranaceus</i>		1
<i>S. mirabilis</i>	1	1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2569 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	1	1
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	6	2
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	1	1
<i>Selenopemphix sp.</i>	1	
<i>S. dionaeacysta</i>		1
<i>S. brevispinosa</i>	2	1
<i>Spiniferites sp.</i>	2	2
<i>S. aff. adnatus</i>	1	
<i>S. bulloideus</i>		1
<i>S. mirabilis</i>		2

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2612 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>		1
<i>Lejeunecysta sp.</i>		1
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>		2
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	1	
<i>Selenopemphix brevispinosa</i>	1	
<i>Spiniferites sp.</i>	3	
<i>S. bulloideus</i>	1	

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2697 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	1	2
<i>Lejeunecysta sp.</i>		1
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	1	2
<i>Operculodinium centrocarpum</i>	1	1
<i>Selenopemphix nephroides</i>		1
<i>S. brevispinosa</i>	1	
<i>Spiniferites sp.</i>		5
<i>S. bulloides</i>		1
<i>S. mirabilis</i>		2

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2832 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
Esteril		

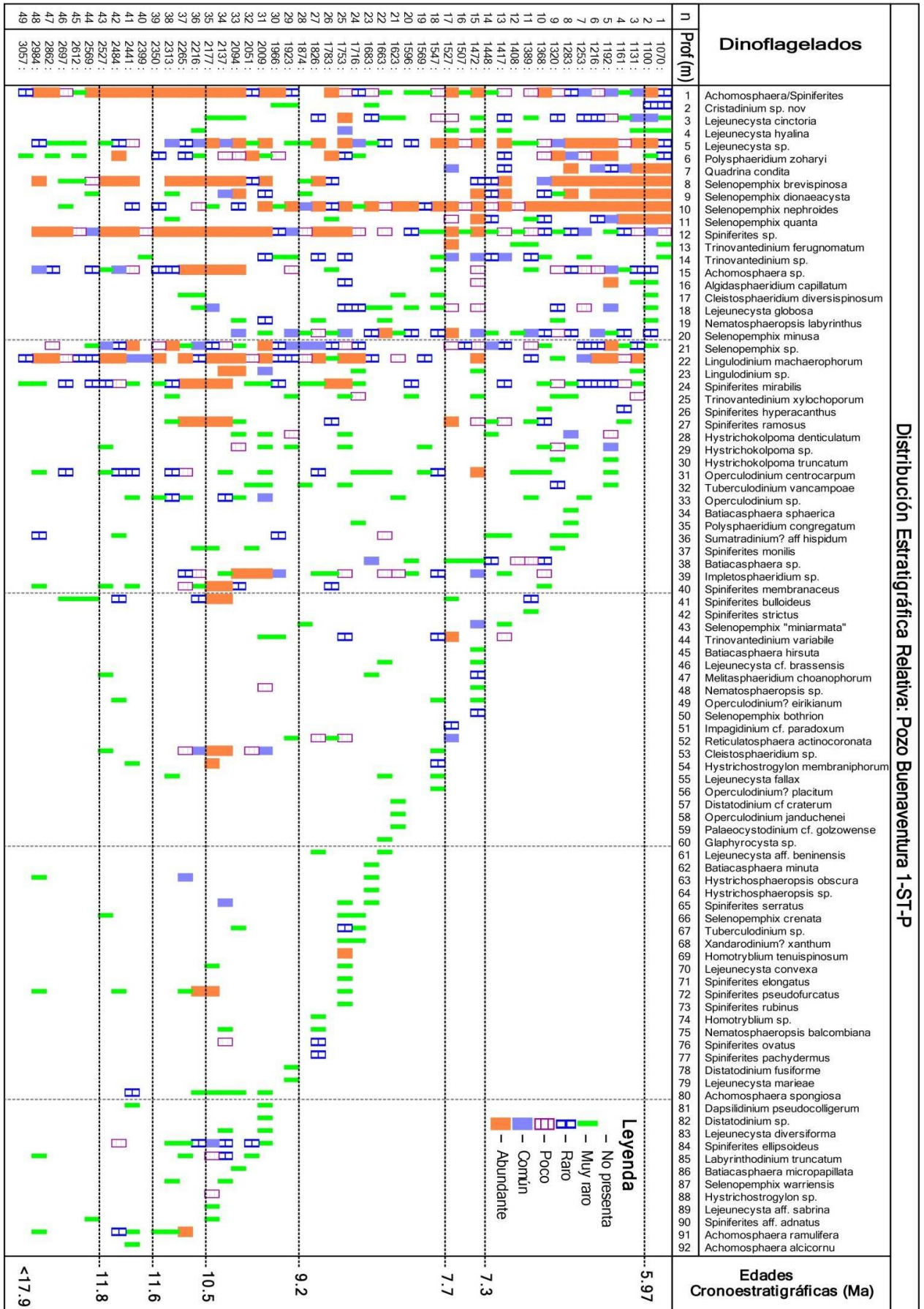
<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2862 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	1	1
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	2	3
<i>Lejeunecysta sp.</i>		1
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>		7
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	1	
<i>Selenopemphix sp.</i>	2	1
<i>Spiniferites sp.</i>	1	5

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 2984 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera sp.</i>	2	2
<i>A. ramulifera</i>		1
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	4	3
<i>Hystrichosphaeropsis obscura</i>	1	
<i>Labyrinthodinium truncatum</i>	1	
<i>Lejeunecysta sp.</i>		2
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	5	5
<i>Operculodinium centrocarpum</i>		1
<i>Selenopemphix brevispinosa</i>	2	3
<i>Spiniferites sp.</i>	2	5
<i>S. membranaceus</i>	1	
<i>S. mirabilis</i>		1
<i>S. pseudofurcatus</i>		1
<i>Sumatradinium? aff hispidum</i>		1

<b>Dinoflagelados / Muestra Prof. 3057 m</b>		
<b>Especies</b>	<b>Conteo (No oxidado)</b>	<b>Conteo (lado oxidado)</b>
<i>Achomosphaera/Spiniferites</i>	1	1
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	1	1
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>		1
<i>Spiniferites mirabilis</i>	1	

## **Anexo C.**

Distribución estratigráfica relativa de los dinoflagelados observados en las muestras analizadas para el pozo Buenaventura 1-ST-P, de acuerdo al Registro Estratigráfico Superior (RES) de cada especie; se evidencia igualmente las líneas de tiempo calibradas a partir de las edades cronoestratigráficas definidas. El eje horizontal del gráfico representa la abundancia relativa de los dinoflagelados expresada en barras de diferentes colores, mientras que el eje vertical presenta la profundidad de las muestras en el pozo.



## **Anexo D.**

Asociación de los fósiles índice de los diferentes grupos micropaleontológicos utilizados para el análisis bioestratigráfico del pozo Buenaventura 1-ST-P con la edad respectiva de cada especie. Se indica la edad por muestra analizada y la edad del límite inferior y superior de cada intervalo interpretado, de acuerdo al análisis bioestratigráfico integrado.

Bioestratigrafía Integrada_Pozo Buenaventura 1-ST-P (Intervalo muestreado 1070-3057 m)					
Profundidad muestra (m)	Asociación de fósiles índice (*Dinoflagelados; +Nanofósiles calcáreos; "Polen y esporas). En paréntesis el rango de edad (Ma)	Edad (Ma)			
		Por muestra	Límite inferior	Límite superior	Por intervalo
1070	*Q. condita (16-5.33); *T. ferugnomatum (16-5.33); +S.neoabies (10.9-3.7); +S. abies (23.2-3.6); "C. microclavatus (19.86-0.14); "C. annulatus (7.1?-0)	7.1-5.33	7.1	5.33	7.1-5.33
1100	*Q. condita (16-5.33); *S. quanta (16-0); *S. minusa (8.64-7.15)?; +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); +S.neoabies (10.9-3.7); "C. microclavatus (19.86-0.14)	10.9-5.33			8.3-5.33
1131	*Q. condita (16-5.33); *S. quanta (16-0); +H. sellii (9.6-0.9); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	9.6-5.33			
1161	*Q. condita (16-5.33); *S. quanta (16-0); *S. minusa (8.64-7.15)?; +H. sellii (9.6-0.9); +S.neoabies (10.9-3.7); "R. crotonicolumellatus (13.94-3.56)	9.6-5.33			
1167	+D. berggrenii (8.3-5.6)	8.3-5.6	8.3	5.6	8.3-5.6
1192	*Q. condita (16-5.33); *S. quanta (16-0); *S. minusa (8.64-7.15)?; +H. sellii(9.6-0.9); +S.neoabies (10.9-3.7); +C. leptoporus (23.2-5.6); "C. microclavatus (19.86-0.14); "P. cingulatus (12.08?-3.72)	9.6-5.6			8.7-5.6
1216	*Q. condita (16-5.33); *S. quanta (16-0); *S. minusa (8.64-7.15)?; +S.neoabies (10.9-3.7); +S. abies (23.2-3.6); "C. microclavatus (19.86-0.14)	10.9-5.33			
1253	*S. brevispinosa (23-1.81); *L. globosa (37.8-5.33); +S.neoabies (10.9-3.7); +S. abies (23.2-3.6); "C. microclavatus (19.86-0.14)	10.9-5.33			
1283	*Q. condita (16-5.33); *S. minusa(8.64-7.15)?; +P. multipora (55-5.6); +S.neoabies (10.9-3.7); +S. abies (23.2-3.6); "C. microclavatus (19.86-0.14)	10.9-5.6			
1320	*S. minusa (8.64-7.15)?; *T. xylochoporum (23-5.33); +S.neoabies (10.9-3.7); +S. abies (23.2-3.6); "R. crotonicolumellatus (13.94-3.56)	10.9-5.33			
1368	*S. quanta (16-0); *S. minusa (8.64-7.15)?; +C. leptoporus (23.2-5.6); "C. microclavatus (19.86-0.14)	16-5.6			
1389	*S. quanta (16-0); *S. minusa (8.64-7.15)?; *T. ferugnomatum (16-5.33); *S. bulloideus (16-0); +R. minuta (34.2-0.2); "C. microclavatus (19.86-0.14)	16-5.33			
1408	*S. minusa (8.64-7.15)?; *T. ferugnomatum (16-5.33); +C. leptoporus (23.2-5.6); +H. carteri (22.8-0); "F. spinosus (12.7-0.24)	12.7-5.6			
1417	*Q. condita (16-5.33); *T. variable (16-1.81); +S.neoabies (10.9-3.7); +S. abies (23.2-3.6); "C. microclavatus (19.86-0.14)	10.9-5.33			
1448	*S. quanta (16-0); *S. minusa (8.64-7.15)?; +H. carteri (22.8-0); +R. minuta (34.2-0.2); "C. microclavatus (19.86-0.14)	16-0.2			
1472	*S. minusa (8.64-7.15)?; *S. bothrion (9.8-7.3); +S.neoabies (10.9-3.7); +S. abies (23.2-3.6); "R. crotonicolumellatus (13.94-3.56)	9.8-7.3		7.3	
1507	*S. nephroides (56-0); +Esteril; "R. crotonicolumellatus (13.94-3.56)	13.94-3.56			
1527	*Q. condita (16-5.33); *S. minusa (8.64-7.15)?; *T. ferugnomatum (16-5.33); +Esteril; "C. microclavatus (19.86-0.14)	16-5.33			
1547	*S. minusa (8.64-7.15)?; *T. variable (16-1.81); +C. leptoporus (23.2-5.6); +S.neoabies (10.9-3.7); +S. abies (23.2-3.6); "P. cingulatus (12.08?-3.72)	10.9-5.6			
1569	*S. nephroides (56-0); +Esteril; "C. microclavatus (19.86-0.14)	19.86-0.14			
1596	*S. minusa (8.64-7.15)?; *T. xylochoporum (23-5.33); +C. leptoporus (23.2-5.6); +S. abies (23.2-3.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "F. ornatus (30.89-0.08)	17.9-5.6			
1623	*S. minusa (8.64-7.15)?; +Esteril; "C. microclavatus (19.86-0.14)	19.86-0.14			
1663	*S. minusa (8.64-7.15)?; +D. loeblichii (8.7-7.4); +S.neoabies (10.9-3.7); "C. microclavatus (19.86-0.14)	8.7-7.4	8.7	7.4	
1683	*H. obscura (23-5.33); *S. minusa (8.64-7.15)?; *S. serratus (11.6-1.81); +Esteril; "C. microclavatus (19.86-0.14)	11.6-5.33			
1716	*S. crenata (23-5.33); *T. xylochoporum (23-5.33); +P. multipora (55-5.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	17.9-5.6			
1753	*S. minusa (8.64-7.15)?; *S. serratus (11.6-1.81); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); +S. abies (23.2-3.6); "R. crotonicolumellatus (13.94-3.56)	11.6-3.8			
1783	*S. quanta (16-0); *S. minusa (8.64-7.15)?; +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); +C. leptoporus (23.2-5.6); "R. crotonicolumellatus (13.94-3.56)	13.94-5.6			
1826	*S. minusa (8.64-7.15)?; *S. ovatus (16-3.6); +S. abies (23.2-3.6); "P. cingulatus (12.08-3.72)	12.08-3.72			
1874	*S. minusa (8.64-7.15)?; +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); +S. abies (23.2-3.6); "P. cingulatus (12.08-3.72)	12.08-3.8			
1923	*S. minusa (8.64-7.15)?; +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	17.9-3.8			
1966	*T. variable (16-1.81); +C. coalitus (10.9-9.5); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	10.9-9.5	10.9	9.5	
2009	*S. minusa (8.64-7.15)?; *T. variable (16-1.81); +C. leptoporus (23.2-5.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14); "P. cingulatus (12.08-3.72)	12.08-5.6			
2051	*S. brevispinosa (23-1.81); +C. leptoporus (23.2-5.6); +S. abies (23.2-3.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	17.9-5.6			
2094	*S. minusa (8.64-7.15)?; +C. leptoporus (23.2-5.6); +S. abies (23.2-3.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	17.9-5.6			
2137	*S. ovatus (16-3.6); *S. serratus (11.6-1.81); +C. leptoporus (23.2-5.6); +S. abies (23.2-3.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. vanraadshooveni (14.18-3.4)	11.6-5.6	11.6		



Bioestratigrafía Integrada_Pozo Buenaventura 1-ST-P (Intervalo muestreado 1070-3057 m)					
Profundidad muestra (m)	Asociación de fósiles índice (*Dinoflagelados; +Nanofósiles calcáreos; "Polen y esporas). En paréntesis el rango de edad (Ma)	Edad (Ma)			
		Por muestra	Límite inferior	Límite superior	Por intervalo
2157	+C. miopelagicus (29.6-10.5)	29.6-10.5		10.5	
2177	*S. bulloideus (16-0); +C. miopelagicus (29.6-10.5); +S. abies (23.2-3.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	16-10.5			12.08-10.5
2216	*S. bulloideus (16-0); +C. miopelagicus (29.6-10.5); +S. abies (23.2-3.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	16-10.5			
2228	+H. walbersdorfensis (14.8-10.8)	14.8-10.8			
2265	*H. obscura (23-5.33); +C. leptoporus (23.2-5.6); +H. stalis (13.53-5.59); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (16-5.33)	13.53-5.6		10.8	
2313	*S. quanta (16-0); *T. xylochoporum (23-5.33); +C. leptoporus (23.2-5.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	16-5.6			12.08-10.8
2350	*L. machaerophorum (56-0); +C. leptoporus (23.2-5.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	17.9-5.6			
2399	*T. variabile (16-1.81); +S. abies (23.2-3.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	16-3.8			
2441	*S. brevispinosa (23-1.81); *A. alcornu (66-11.63); +D. antarcticus (23-5.33); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	17.9-11.63		11.63	
2484	*O? eirikianum (16-0.0118); *S. bulloideus (16-0); +H. vedderi (22.8-9.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8)	16-9.6			12.08-11.63
2527	*S. crenata (23-5.33); +C. leptoporus (23.2-5.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "P. cingulatus (12.08-3.72); "C. microclavatus (19.86-0.14)	12.08-5.6	12.08		
2569	*S. bulloideus (16-0); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8)	16-3.8			
2612	*S. bulloideus (16-0); +R. producta (16-11); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. vanraadshooveni (14.18-3.4)	14.18-11	14.18		14.18-11.63
2697	*S. bulloideus (16-0); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8)	16-3.8	16		16-11.63
2832	+D. antarcticus (23-5.33); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8)	17.9-5.33			
2862	*L. machaerophorum (56-0); +C. leptoporus (23.2-5.6); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	17.9-5.6			
2984	*H. obscura (23-5.33); +D. antarcticus (23-5.33); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8); "C. microclavatus (19.86-0.14)	17.9-5.33			17.9-11.63
3057	*L. machaerophorum (56-0); +D. antarcticus (23-5.33); +R. pseudoumbilicus (17.9-3.8)	17.9-5.33	17.9		