



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**  
ESCUELA DE POSGRADO

**BIOESTRATIGRAFÍA E IMPLICANCIAS  
PALEOCEANOGRÁFICAS DE LAS  
DIATOMEAS DE LA SECCIÓN CERRO  
CAUCATO, FORMACIÓN PISCO, ICA,  
PERÚ**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
EN CIENCIAS DEL MAR

FLAVIO ALEJANDRO SOLÍS MUNDACA

Lima - Perú

2018



**ASESOR DE TESIS**

*Dr. Pedro Miguel Tapia Ormeño*

**CO-ASESOR DE TESIS**

*Dr. Thomas J. DeVries*

*Este trabajo está dedicado a mi hijo  
Santiago Giuseppe, mi motor de vida y  
motivación más grande para  
concluir esta tesis*

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sentido agradecimiento a FONDECYT – CONCYTEC, por haber financiado al Programa de Maestría Ciencias del Mar de la UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA, con becas integrales para mis estudios de posgrado en esta prestigiosa institución. Un agradecimiento muy especial a mi mentor, profesor y amigo Dr. Pedro Tapia Ormeño, por la contribución a mi crecimiento profesional, a través de sus enseñanzas, asesoría y paciencia en este trabajo de Tesis. Del mismo modo a mi Co-Asesor Dr. Thomas DeVries, quien a pesar de la distancia tomó interés en mi trabajo y apoyó en cuanto a literatura y apreciación en base a su larga experiencia en la Cuenca Pisco. Un agradecimiento especial y profunda admiración al Dr. John A. Barron, por los aportes constantes en la interpretación y sugerencias innovadoras para este trabajo de Tesis. A mi jurado calificador, a mis profesores y en especial al coordinador del programa de maestría Dr. Dimitri Gutierrez.

## RESUMEN

Un estudio bioestratigráfico y paleocenográfico fue llevado a cabo en rocas biogénicas del área de Cerro Caucato (Fm. Pisco) expuestas cerca al Río Pisco, Ica. La columna estratigráfica compuesta medida se construye a partir de 14 subsecciones (A-N), conteniendo principalmente estratos de diatomitas y limolitas diatomáceas intercaladas con capas de areniscas, tobas volcánicas, porcelanita, conglomerados, e incrustaciones de limolitas ferruginosas y/o materia orgánica, que suman un espesor de 71.4 m. Se colectaron 49 muestras en intervalos discretos de alrededor de 1.5 m, realizando análisis cualitativos y cuantitativos de diatomeas en un microscopio de luz transmitida a 1000X. Las diatomeas presentan abundancias relativas de Poco Común a Abundante y una preservación de Moderada a Buena. La estratigrafía de diatomeas en la Sección Cerro Caucato muestra claramente un cambio entre una asociación inferior con dominancia de la especie *Thalassionema nitzschioides*, indicadora de aguas frías de afloramiento costero junto a esporas de resistencia de *Chaetoceros* spp, durante el Mioceno tardío; a otra asociación superior donde *T. nitzschioides* disminuye considerablemente mientras que las esporas de resistencia de *Chaetoceros* spp co-dominan en intervalos discretos con especies de aguas cálidas como *Azpeitia* spp., las especies extintas *Delphineis ischaboensis* var. *linguiformis*, *D. cf. kippae* y *Fragilariopsis reinholdii* durante el Plioceno temprano. De otro lado, las especies ticoplanctónicas *Actinoptychus cf. senarius*, *Actinocyclus octonarius* y variedades, así como *Coscinodiscus obscurus* y *C. oculus-iridis*, *Thalassiosira eccentrica*, que se encuentran a lo largo de toda la columna, indican un ambiente nerítico y/o plataforma continental. Se propone un esquema bioestratigráfico en base a las diatomeas de la Sección Cerro Caucato, determinando 4 biozonas locales: 1) Zona

de *Fragilariopsis* aff. *cylindrica* – *F. pliocena* (7.94 Ma a 7.7 Ma), 2) Zona de *Fragilariopsis reinholdii* (7.7 Ma a 5.6 Ma), 3) Zona de *Shionodiscus oestrupi* (5.6 Ma a 4.19 Ma) y 4) Zona de *Actinocyclus ehrenbergii* var. *asteriscus* (4.19 Ma a 3.21 Ma). Por lo tanto, basado en la bioestratigrafía de diatomeas de la Sección Cerro Caucato, se indica un rango de edad desde el Mioceno tardío (~8.01 Ma) al Plioceno temprano (2.19 Ma). La tasa de sedimentación (TS), concentración de diatomeas y tasa de acumulación de diatomeas (TAD) es relativamente alta en estos sedimentos. De otro lado, los proxys de paleoproduktividad primaria basado en diatomeas (TAD) y carbón orgánico (PaP) responden a 3 eventos paleoclimáticos: (1) PaCE-1, que ocurre en el mioceno tardío (~8.01 Ma), en la base de la zona local de *F. aff. cylindrica* - *F. pliocena*, (2) El “*bloom*” biogénico, al final del mioceno tardío (5.6 - 6.2 Ma), en el tope de la zona local de *F. reinholdii*, y (3) PaCE-2, que ocurre en el Plioceno temprano (3.88 Ma), en la base de la zona local de *Actinocyclus ehrenbergii* var. *asteriscus*. Finalmente, se presenta un catálogo iconográfico con las diatomeas más representativas e importantes de la Sección Cerro Caucato.

*Palabras Claves:* Diatomeas marinas, bioestratigrafía de diatomeas, paleoproduktividad primaria, Fm. Pisco, Mioceno tardío, Plioceno temprano.

## ABSTRACT

A paleoceanographic and diatom biostratigraphic study were carried out in biogenic rocks from the Caucato Hill area (Pisco Fm.) outcropping near the Pisco River, Ica, Southern Peru. The measured composed stratigraphic column is built out of 14 sub-sections (A-N) made of diatomite and diatomaceous siltstone strata interbedded with sandstone, tuffs, porcelanite, conglomerate, and ferruginous siltstone beds, totaling a thickness of 71.4 m. Forty-nine samples were collected in discrete intervals of ~1.5 m, where qualitative and quantitative analyses were made in a transmitted light microscope of a final magnification of 1000X. The diatom associations have both Few to Abundant relative abundance and Moderate to Good preservation. The diatom stratigraphy at the Caucato Hill Section clearly shows a change from a lower association dominated by *Thalassionema nitzschioides* and *Chaetoceros* resting spores, indicators of coastal upwelling and cold-water in the late Miocene, towards another upper association where *T. nitzschioides* diminished considerably and the *Chaetoceros* resting spores co-dominated with a series of warm-water diatoms species such as *Azpeitia* spp, the extinct species *Delphineis ischaboensis* var. *linguiformis*, *D. cf. kippae* and *Fragilariopsis reinholdii* in the early Pliocene. On the other hand, the tytoplanktonic species *Actinoptychus* cf. *senarius*, *Actinocyclus octonarius* and varieties, as well as *Coscinodiscus obscurus*, *C. oculus-iridis*, and *Thalassiosira eccentrica*, which occur along the entire column, indicate a neritic and/or continental shelf environment. We proposed a local biostratigraphic scheme here as follow: 1) Zone of *Fragilariopsis* aff. *cylindrica* – *F. pliocena* (~7.94 Ma to 7.7 Ma), 2) Zone of *Fragilariopsis reinholdii* (7.7 Ma to 5.6 Ma), 3) Zone of *Shionodiscus oestrupi* (5.6 Ma to 4.19 Ma), and 4) Zone of *Actinocyclus*

*ehrenbergii* var. *asteriscus* (4.19 Ma to 3.21 Ma). Therefore, based on the diatom biostratigraphy, the Cerro Caucato Hill Section suggest an age range from late Miocene (~8.01 Ma) to early Pliocene (2.19 Ma). The sedimentation rate (SR), diatom concentration, and diatom accumulation rate (DAR) are relatively high in these sediments. Moreover, primary paleoproductivity proxies, based on diatoms (DAR) and organic carbon (PaP) respond to 3 paleoclimatic events: (1) PaCE-1, which occurs in the late Miocene (8.01 Ma), at the base of the local zone of *F. aff. cylindrica* - *F. pliocena*; (2) the biogenic bloom at the end of the late Miocene (5.6 - 6.2 Ma), at the top of the local zone of *F. reinholdii*, and (3) PaCE-2, which occurs in the early Pliocene (3.88 Ma ) at the base of the local zone of *Actinocyclus ehrenbergii* var. *asteriscus*. Finally, an iconographic catalog with the most representative and important diatoms of the Cerro Caucato Section is presented.

*Key words:* marine diatoms, diatom biostratigraphy, primary paleoproductivity, Pisco Fm., late Miocene, early Pliocene.

# ÍNDICE

<b>I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	2
	3.1. <i>Marco Paleocceanográfico y Paleoclimático</i> .....	5
	3.2. <i>Marco Geológico</i> .....	7
	3.3. <i>Diatomeas como herramienta bioestratigráfica</i> .....	15
<b>III</b>	<b>JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</b> .....	17
<b>IV</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	18
<b>V</b>	<b>HIPÓTESIS</b> .....	19
<b>VI</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	19
	6.1. <i>Diseño de muestreo</i> .....	19
	6.2. <i>Zona de estudio</i> .....	20
	6.3. <i>Material geológico y micropaleontológico</i> .....	20
	6.4. <i>Variables</i> .....	21
	6.5. <i>Método de Estudio</i> .....	21
	6.5.1. <i>Análisis Cualitativo (Preparación de Smear Slide)</i> .....	22
	6.5.2. <i>Destrucción de Materia orgánica y compuestos carbonatados según Schrader &amp; Gersonde (1978)</i> .....	24
	6.5.3. <i>Análisis cuantitativos (Sócola, 2011)</i> .....	24
	6.5.4. <i>Montaje de Muestras</i> .....	25
	6.5.5. <i>Identificación de la flora de diatomeas</i> .....	26
	6.5.6. <i>Humedad, Densidad Relativa y % Carbono Orgánico</i> .....	26
	6.5.7. • <i>Análisis estadísticos Multivariados</i> .....	28
	6.5.8. • <i>Cálculo de Índices de Diversidad</i> .....	29
<b>VII</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	33
	<b>7.1. Descripción de la columna estratigráfica</b> .....	33
	<b>7.2. Estructura comunitaria de las diatomeas de la Sección Cerro Caucato</b> .....	38
	7.2.1. <i>Análisis cualitativo (smear slide)</i> .....	38
	7.2.2. <i>Análisis cuantitativo</i> .....	46
	<b>7.3. Índices comunitarios de las diatomeas en la Sección Cerro Caucato</b> .....	57
	<b>7.4. Determinación de las zonas bioestratigráficas</b> .....	59
	A) <i>Zona de Nitzschia porteri (Burckle, 1972)</i> .....	59
	B) <i>Zona de Nitzschia miocenica (=Fragilariopsis miocenica) (Burckle, 1972)</i> .....	60
	C) <i>Zona de Thalassiosira convexa (Burckle, 1972)</i> .....	61
	D) <i>Zona de Nitzschia jouseae (Burckle, 1972)</i> .....	61

E)	Zona de <i>Fragilariopsis</i> aff. <i>cylindrica</i> - <i>F. pliocena</i> .....	62
F)	Zona de <i>Fragilariopsis reinholdii</i> .....	63
G)	Zona de <i>Shionodiscus oestrupii</i> .....	64
H)	Zona de <i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var <i>asteriscus</i> .....	65
7.5.	Cálculo de Tasa de Sedimentación.....	67
7.6.	Proxys de paleoproduktividad.....	70
7.7.1.	Densidad aparente seca (DBD), % de Humedad.....	70
7.7.2.	% Carbono orgánico.....	70
7.7.3.	Concentración de Diatomeas.....	71
7.7.4.	Tasa de Acumulación de Diatomeas.....	71
7.7.5.	Paleoproduktividad Primaria.....	72
7.7.	Catálogo iconográfico.....	75
	LAMINA I.....	75
	LAMINA II.....	77
	LAMINA III.....	79
VIII	DISCUSIÓN.....	81
8.1.	Sobre la mejora en la Metodología de recuperación de especies guías.....	81
8.2.	Sobre la elaboración de una biozonación local de diatomeas en la Cuenca Pisco. 82	
8.3.	Inferencia en el tipo de masas de agua.....	86
8.4.	Implicancias Paleoceanográficas en la Paleoproduktividad.....	88
IX	CONCLUSIONES.....	92
X	RECOMENDACIONES.....	94
XI	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
XII	ANEXOS;Error! Marcador no definido.	

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica del Cerro Caucato (estrella roja), en relación al Río Pisco y otras secciones como Puente Huamaní, Cerro Tiza y Cerro Tupac Amaru (puntos de amarillo) (Google Earth) .....	4
<b>Figura 2.</b> Tendencia de enfriamiento en el Mioceno tardío – Plioceno temprano y “Bloom” Biogénico, (Cortese, 2004) .....	6
<b>Figura 3.</b> Ilustración del ciclo de sílice, su deposición en el océano como tierra de diatomeas; los procesos de intensificación (flechas rojas) y con la contribución de las diatomeas a la red trófica (Pellegrino, 2018).....	7
<b>Figura 4.</b> Composición estatigráfica generalizada (no a escala) de los sedimentos Cenozoicos de la Cuenca Pisco (Modificada de Dumbar <i>et al.</i> , 1990).....	9
<b>Figura 5.</b> Esquema estratigráfico de la Cuenca Pisco (Modificado de DeVries, 1998). .....	10
<b>Figura 6.</b> Ubicación de la zona de estudio: Cerro Caucato, Formación Pisco .....	20
<b>Figura 7.</b> Esquema Estratigráfico de la Sección Cerro Caucato, Fm Pisco.....	37
<b>Figura 8.</b> Distribución bioestratigráfica total de las diatomeas seleccionadas de la sección Cerro Caucato. Abundancia Relativa en porcentaje (%) El sombreado denota la asociación basal dominada por <i>T. nitzschoides</i> & <i>Chaetoceros</i> r.s. Note diferente escalas.....	49
<b>Figura 9.</b> Análisis de componentes principales (PCA), utilizando todos los datos de la matriz de especies de diatomeas. A = Escalamiento enfocado en datos de especies ( $\ln x+1$ ). B = Escalamiento enfocado en datos de niveles estratigráficos en edad (Ma).....	50
<b>Figura 10.</b> Agrupamiento (CONNIS), de las diatomeas de la sección Cerro Caucato mayores al 10% de abundancia relativa. ....	51
<b>Figura 11.</b> Distribución estratigráfica de diatomeas seleccionadas >10% en la sección Cerro Caucato para el análisis CONISS. Abundancia de diatomeas en flujo (106 valvas /m <sup>2</sup> x Ma)....	53

<b>Figura 12.</b> Distribución estratigráfica de diatomeas seleccionadas de la sección Cerro Caucato sin <i>Chaetoceros</i> spp ni <i>T. nitzschioides</i> . Abundancia relativa en porcentaje (%). Note diferente escalas.....	54
<b>Figura 13.</b> Distribución estratigráfica de diatomeas diatomeas seleccionadas >10% sin <i>Chaetoceros</i> spp ni <i>T. nitzschioides</i> , en la sección Cerro Caucato para el análisis CONISS. Abundancia de diatomeas en flujo ( $10^6$ valvas /m <sup>2</sup> x Ma). Note diferente escalas. ....	55
<b>Figura 14.</b> Análisis de componentes principales (PCA), de los datos excluyendo <i>T. nitzschioides</i> y <i>Chaetoceros</i> spp. (R.S.). A = Escalamiento enfocado en datos de especies (ln x+1). B = Escalamiento enfocado en datos de niveles estratigráficos en edad (Ma).....	56
<b>Figura 15.</b> Curva de índices comunitarios comparado con la concentración de diatomeas en ( $10^6$ valvas / g. sed. seco) en la sección Cerro Caucato. ....	58
<b>Figura 16.</b> Grafico Rangos bioestratigráficos de las diatomeas utilizadas en la zonación local. .	67
<b>Figura 17.</b> Gráfico altura – edad, para la sección Cerro Caucato, indicando los bioeventos y las zonas bioestratigráficas locales.....	69
<b>Figura 18.</b> Curvas de variables (DBD, Tasa de Sedimentación, Concentración de diatomeas, Carbono Orgánico) y Proxys de Paleoproduktividad: Concentración de diatomeas, Tasa de acumulación de diatomea (DAR), Carbono orgánico y Paleoproduktividad primaria (PaP) .....	72
<b>Figura 19.</b> Comparación de los Proxys de Paleoproduktividad de la Sección Cerro Caucato mostrando los eventos globales y regionales.....	73

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Diagrama de ocurrencia de Diatomeas comunes y estratigráficamente importantes, para la Sección Cerro Caucato, Fm Pisco, Ica, Perú. Abundancia relativa de grupos de diatomeas vs sedimento restante: A = abundant, C = common, F = few, R = rare, T = trace y B = barren. Abundancia relativa de cada taxón de diatomeas: D = dominant, A = abundant, C = common, F = few, R = rare, T = trace y P = present. Preservación de diatomeas: VG = very good, G = good, M = moderate y P = poor. ....	40
<b>Tabla 2.</b> Datos para cálculo de Tasa de Sedimentación (TS): Biozonas, Ocurrencias de Diatomeas marcadoras, Altura compuesta (m), Edad (Ma). ....	68

## I INTRODUCCIÓN

La Cuenca Pisco, es una cuenca de antearco del Cenozoico cuya porción oriental aflora en la costa Centro-Sur del Perú donde se exponen rocas sedimentarias marinas de cientos de metros de espesor expuestas a lo largo de 300 km de longitud desde Pisco hasta Yauca (Thornburg & Kulm, 1981).

Petersen (1954) y Newell (1956) realizan los primeros estudios estratigráficos en esta Cuenca identificando 2 unidades sedimentarias, una del Eoceno y otra del Mioceno – Plioceno, edades basadas en asociaciones de lamelibranquios, gasterópodos y foraminíferos. Posteriores investigaciones estratigráficas en distintas localidades de la Cuenca Pisco (y Camaná) utilizaron diatomeas (microalgas silíceas, Bacillariophyceae) como marcadores de edad por ser buenos fósiles índices (Mertz, 1966; Macharé & Fourtanier, 1987; Fourtanier & Macharé, 1988; Macharé *et al.*, 1988; Tsuchi *et al.*, 1988, 1990; DeVries & Schrader, 1997; DeVries 1998).

El crecimiento y desarrollo de las diatomeas marinas planctónicas está controlada por diversos factores como luz, temperatura, salinidad y nutrientes (e.g. nitrógeno, fósforo, sílice y hierro), cuyos cambios influyen en la sucesión temporal de las especies de diatomeas planctónicas dominantes, muchas son endémicas de una determinada región o masa de agua (Werner, 1977). Como microfósiles silíceos, las diatomeas son buenos índices ya que se encuentran bien preservadas en los sedimentos debajo de aguas con alta productividad (altas latitudes del Pacífico Noroeste, cinturón circumpolar antártico y ecuatorial, zonas polares y de surgencias costeras) ricas en nutrientes. En los sedimentos, las valvas de diatomeas representan del 1% al 5% de las asociaciones vivientes, y puede ser mayor en regiones de alta productividad con alta tasa de acumulación de sedimentos (Shreder *et al.*, 2007). La respuesta a los cambios ambientales, así como su relativamente

rápida evolución hacen de las diatomeas una herramienta muy importante en la bioestratigrafía del Cenozoico (Shreder *et al.*, 2007; Barron, 2003).

En la Cuenca Pisco Norte, al norte de la ciudad de Pisco, Ica, se exponen afloramientos de secuencias sedimentarias del Neógeno (Cerro Caucato, Cerro Tiza, Puente Huamaní), los cuales pertenecen a la Formación Pisco, caracterizada por presentar abundantes sedimentos de grano fino y biogénicos. Sin embargo, existen diferencias tanto en la potencia de las Secciones como en la edad asignadas a las mismas. Por ejemplo, la potencia de la Sección Cerro Caucato es de 74 m y tiene una edad asignada entre el Mioceno medio al Plioceno temprano basado en radiolarios (Marty, 1989), mientras que a pocos cientos de metros de separación, la Sección Puente Huamaní tiene una potencia de 430 m con una edad entre el Mioceno tardío - Plioceno temprano basada en diatomeas y radiolarios (Mertz 1966, Dunbar & Baker 1988). Por lo tanto, esta disparidad en potencia y tiempo será investigada caracterizando la composición de especies de diatomeas en el Cerro Caucato, desarrollando una bioestratigrafía de alta resolución, datando estos afloramientos, para luego inferir algunas condiciones paleoceanográficas (e.g. tipos de masas de aguas, paleoproduktividad), en este periodo de tiempo.

## **II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El afloramiento del Cerro Caucato pertenece a la Formación Pisco la cual está constituida por sedimentos de grano fino expuestos junto a la Hacienda Caucato y cerca de la desembocadura del río Pisco, Ica (Figura 1). El Cerro Caucato tiene una potencia de 72 m de sedimentos con más del 50% en peso promedio de sílice biogénico. Los sedimentos diatomáceos son interrumpidos por capas diferenciadas de areniscas tobáceas de grano medio y por amplias laminaciones fosfáticas. La edad basada en radiolarios indica que estos estratos pertenecen a las biozonas *Didymocyrtis alata* y *D. pettersoni* (Mioceno medio), *D. antepenultima*, *D. penultima* y *Stichocorys peregrina* (Mioceno tardío) y *S.*

*pentas* (Plioceno temprano). La abundancia de sedimentos biogénicos muestran claramente que ésta área se encontraba por debajo de aguas altamente productivas (Dunbar & Baker, 1988).

Sin embargo, el afloramiento en Puente Huamaní que representa la sección tipo de la parte superior de la Fm. Pisco, tiene una potencia que varía entre 365 m (Dunbar & Baker, 1988) y 477 m (Mertz, 1966), conteniendo capas de diatomitas, tobas, limolitas y lodolitas diatomáceas y areniscas finas. Basado en el contenido de diatomeas y radiolarios, esta sección tiene una edad de Mioceno tardío a Plioceno temprano y representa una zona activa de afloramiento marino costero (Dunbar & Baker, 1988). La cercanía entre estos 2 afloramientos con rangos de edades diferentes, nos hace pensar que es necesaria una investigación de los organismos más abundantes en estos sedimentos, es decir las diatomeas, para poder resolver esta discrepancia en edades.

Igualmente, hay otros afloramientos cercanos a Puente Huamaní, como el Cerro La Tiza (SurOeste de Puente Huamaní, AAHH Ciudad Grau) y Cerro Tupac Amaru (SurEste de Puente Huamaní, AAHH Tupac Amaru), aunque estos afloramientos ahora están invadidos por casas de asentamientos humanos alrededor y sobre ellos.

Ya que los estudios de diatomeas fósiles y bioestratigrafía de diatomeas en el Perú son muy escasos en estratos del Cenozoico, y específicamente se carece de una secuencia bioestratigráfica que permita caracterizar la Sección Cerro Caucato de la Fm. Pisco, el presente estudio tiene como meta el responder las siguientes preguntas científicas:

1. ¿Cuál es la composición de especies de diatomeas del Cerro Caucato?
2. ¿Cuál es la edad basada en diatomeas de esta secuencia estratigráfica?
3. ¿Qué condiciones paleoceanográficas de surgencia y tipo de masas de aguas se infieren de la secuencia en Cerro Caucato?



**Figura 1.** Ubicación geográfica del Cerro Caucato (estrella roja), en relación al Río Pisco y otras secciones como Puente Huamaní, Cerro Tiza y Cerro Tupac Amaru (puntos de amarillo) (Google Earth)

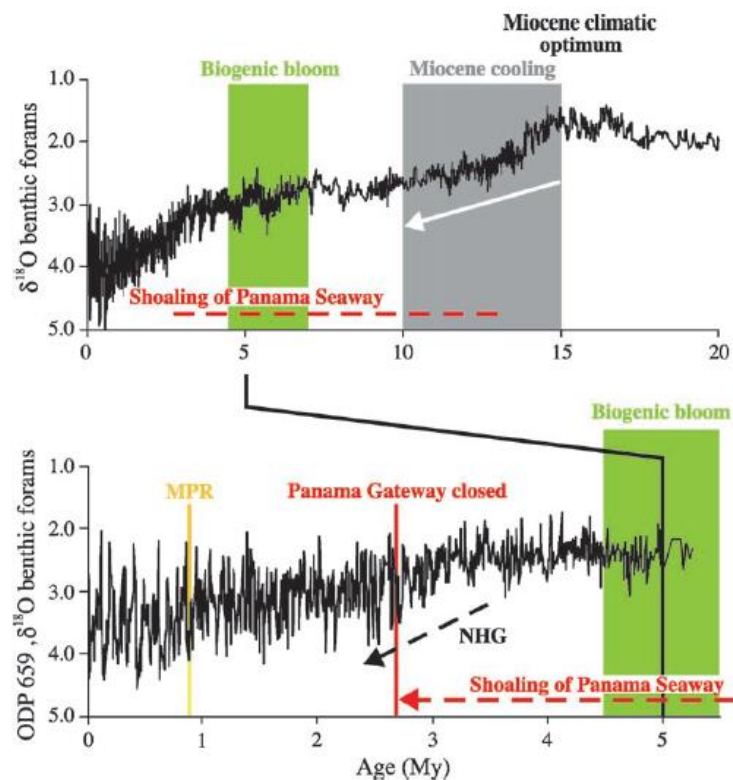
## MARCO TEÓRICO

### 3.1. Marco Paleoceanográfico y Paleoclimático.

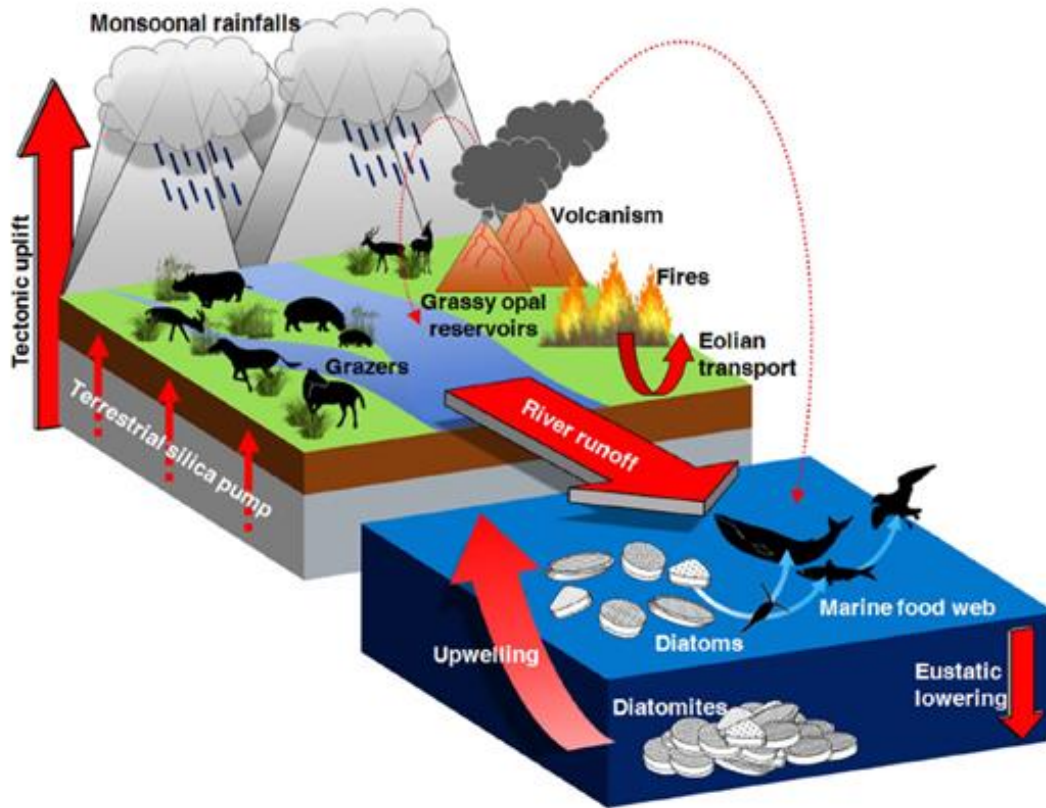
Los procesos tectónicos fueron particularmente intensos durante el mioceno medio y tardío (Petter & Szatmari, 2009). Durante el Neógeno dos eventos geológicos en el mioceno tardío: 1) elevación Tibetano-Himalaya, ~8.5 Ma (Harrison *et al.*, 1992; Yang *et al.*, 2016) y 2) el contemporáneo levantamiento de la cordillera de los Andes, ésta última asociada con el vulcanismo generalizado (Garziona, *et al.*, 2008). Otros procesos tectónicos responsables del cierre y apertura de canales oceánicos (e. g. canal de Panamá), son responsables de los cambios en la circulación oceánica, dando paso a la formación de aguas profundas y la evolución climática global (tendencia de enfriamiento del Cenozoico, Antártida y glaciación del hemisferio norte (Cortese, 2004). Estos procesos afectaron en gran medida los patrones de circulación atmosférica global, resultando en el reforzamiento de regímenes de vientos, escorrentía fluvial, erosión continental y ciclo de nutrientes; afectando directamente la productividad oceánica (Pellegrino, 2018, Raymo *et al.*, 1988, Burckle, 1989, Garziona *et al.*, 2008).

El aumento de la producción biosilicea global tuvo lugar en general entre 7 y 4,5 Ma y se conoce comúnmente como “bloom biogénico” del Mioceno tardío - Plioceno temprano, este evento se registró originalmente en la región indo-pacífico ecuatorial, informado como un producto de la redistribución de nutrientes entre cuencas (Farrell *et al.*, 1995). Sin embargo, el concepto de “bloom biogénico” se extiende al océano global, lo que sugiere que este evento está relacionado con un aumento general del suministro de nutrientes del continente a los océanos (Fig. 2, Filippelli y Delaney, 1994; Filippelli, 1997). Este estallido (Bloom) biogénico en el Neógeno tardío se asocia a la mejora mundial de las tasas de acumulación de carbonatos, fosfatos y bario, a la extensión vertical de las zonas mínimas de oxígeno (Diester-Haass *et al.*, 2002, 2004), y a la

considerable abundancia, biodiversidad y aumento en el tamaño corporal de muchos grupos de grandes vertebrados depredadores marinos (Fig. 3; Santini *et al.*, 2013; Santini y Sorenson, 2013), mamíferos marinos (e.g. Pyenson y Vermeij, 2016) y aves marinas (Norris *et al.*, 2013). Estos datos respaldan un escenario de impulso dramático de la productividad oceánica dominada por las diatomeas, alimentando toda la red trófica (Berger, 2007).



**Figura 2.** Tendencia de enfriamiento en el Mioceno tardío – Plioceno temprano y “Bloom” Biogénico, (Cortese, 2004)



**Figura 3.** Ilustración del ciclo de sílice, su deposición en el océano como tierra de diatomeas; los procesos de intensificación (flechas rojas) y con la contribución de las diatomeas a la red trófica (Pellegrino, 2018)

### 3.2. Marco Geológico

La Cuenca Pisco es parte del sistema de cuencas de antearco de la margen continental peruana, donde se han diferenciado hasta diez cuencas separadas por altos estructurales. Estas cuencas están gobernadas por una relativa estabilidad, las discordancias son sutiles y las capas inferiores indican progradación de las fuentes del continente hacia el mar (Thornburg & Kulm, 1981).

Al menos tres importantes transgresiones inundaron la Cuenca Pisco durante el Cenozoico, formando tres secuencias sedimentarias que presentan progresiones de facies

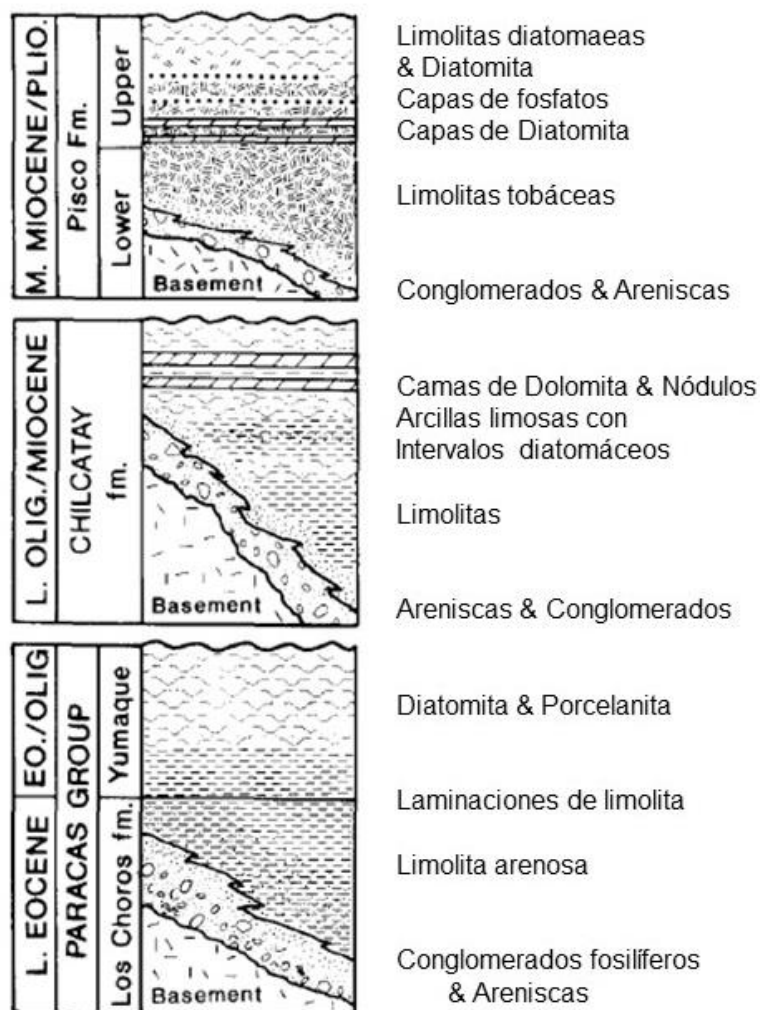
similares (Figura 2, Dunbar *et al.*, 1990), ésta se extiende por más de 300 km desde Pisco hasta Yauca (Muizon & Bellon, 1986; Muizon & DeVries, 1985).

La Cuenca Pisco contiene sedimentos de edades desde el Eoceno tardío hasta el Plioceno; según el control de edad determinado por radioisótopos de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  y K/Ar (Dunbar *et al.*, 1990), y biomarcadores estratigráficos de moluscos (DeVries, 1987; 1988a), diatomeas (Fourtanier & Macharé, 1988; Schrader & Ronning, 1988; Tsuchi *et al.*, 1988a), radiolarios (Marty, 1989; Dunbar *et al.*, 1990), foraminíferos y nanofósiles (Tsuchi *et al.*, 1988a, 1990, 1992, DeVries *et al.*, 2006).

Entre los variados esquemas estratigráficos de la Cuenca Pisco (Dávila 1989; Dunbar *et al.* 1990; León *et al.* 2008; Macharé 1987), DeVries (1998) presenta una sucesión sedimentaria que incluye, de mayor a menor antigüedad, a varias unidades litoestratigráficas denominados Formaciones Los Choros y Yumaque (Eoceno medio a superior), Formación Otuma (Eoceno superior – Oligoceno-inferior), Formación Chilcatay (Oligoceno superior – Mioceno inferior) y Formación Pisco (Mioceno medio – Plioceno); el cual se usará como base para el presente estudio por ser el más completo (Figura 3).

### 3.2.1. *Litoestratigrafía y asociaciones de diatomeas*

Los sedimentos del Cenozoico de la Cuenca Pisco se depositaron durante al menos 3 ciclos transgresivos. Cada secuencia está conservada como una progresión similar vertical de facies incluyendo gruesos conglomerados bioclásticos cerca de la línea de la costa y areniscas que gradualmente cambian a limolita arenosa y lodolitas, y cubierto por depósitos biogénicos incluyendo diatomitas, lodolitas diatomáceas, horizontes dolomíticos y depósitos de fosfatos (Dunbar *et al.*, 1990).

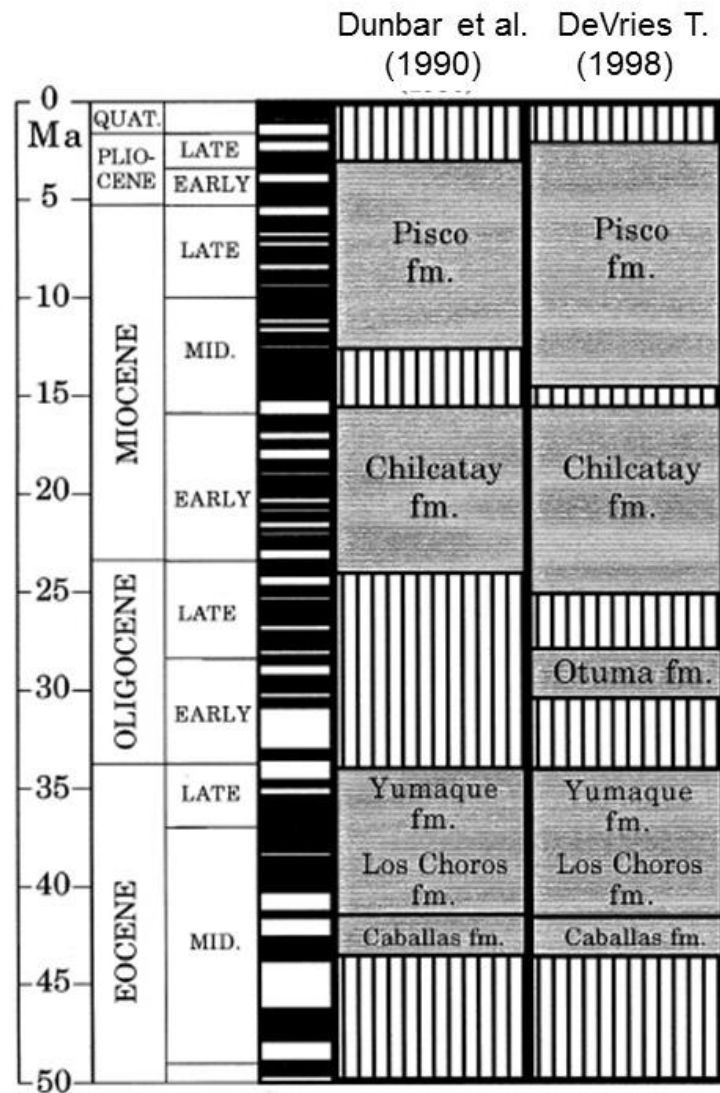


**Figura 4.** Composición estatigráfica generalizada (no a escala) de los sedimentos Cenozoicos de la Cuenca Pisco (Modificada de Dumbar *et al.*, 1990)

### 3.2.1.1. Formación Los Choros

Descrita previamente como el miembro inferior de la Formación Paracas, (Petersen, 1954; Newell, 1956 y Balarezo *et al.*, 1980), comprende hasta 700 m de conglomerados bioclásticos, areniscas y en menores cantidad de limolitas y lodolitas de facies de línea de costa y plataforma interna. La edad de la Fm. Los Choros en la Península de Paracas está delimitada entre el Eoceno medio al Eoceno tardío temprano basado en el control de edad con abundantes moluscos (Lisson 1925; Rivera 1957) y foraminíferos (Tsuchi, 1988a). En la parte sur de la

cuenca se tienen conglomerados de brechia lobulada dentro de areniscas marinas fosilíferas, donde el control de edad está bien delimitada para el Eoceno temprano por el nautiloideo *Aturia alabamensis* y en la parte superior de la arenisca marina los gasterópodos *Turritella lagunillasensis* (Rivera, 1957) y *Turritella gilbertharrisi* (DeVries, 1998).



**Figura 5.** Esquema estratigráfico de la Cuenca Pisco (Modificado de DeVries, 1998).

### 3.2.1.2. *Formación Yumaque*

El contacto con la Formación Los Choros no está bien definido, pero parece ser gradacional. En la sección Yumaque se encuentra la transición de depósito de grano grueso a fino ocurrido durante el Eoceno medio a tardío, con la Zona del radiolario *Calocyclus azyx*. Las unidades más diatomáceas fueron depositadas durante la biozona *Calocyclus bandyca* del Eoceno tardío y están mejor expuestas en Fundo Desbarrancado (Marty *et al.*, 1988). La sección Fundo Desbarrancado consta de unos 40 m de diatomita laminada y maciza con horizontes de sílex nodulares. El alcance regional de la formación Yumaque es actualmente desconocido, sin embargo, los sedimentos biogénicos de grano fino del Eoceno tardío afloran en grandes áreas de las zonas costeras del norte y centro de la Cuenca Pisco. Fourtanier y Macharé (1988) reportan asociaciones de diatomeas del Eoceno tardío / Oligoceno temprano para afloramientos de la Formación Paracas cerca de Salinas de Otuma y Punta Lomitas. La sección en Playa El Erizal consta de casi 200 m de porcelanita calcárea y lutita porcelánica, localmente con abundantes nódulos de fosfato y restos de peces. El contenido de carbono orgánico en muestras de afloramiento de las lutitas laminadas porcelánicas es en promedio alrededor de 1,5%, mucho mayor que en los sedimentos no laminados en la base de la sección (0.2%). La potencia estratigráfica de la Fm. Yumaque es mayor a 150 m (Dunbar *et al.*, 1990).

La asociación de diatomeas más comunes está compuesta por las especies *Distephanosira architecturalis*, *Skeletonema barbadense*, *Coscinodiscus oligocenicus*, *Hemiaulus polycistinorum*, *Pseudotriceratium radiosoreticulatum*, y *Rylandsia inaequiradiata* (Fourtanier & Macharé, 1988).

La Fm. Yumaque infrayace la Fm. Otuma de edad Eoceno tardío – Oligoceno temprano, datada con radiolarios y nanoplancton calcáreo (DeVries *et al.*, 2006), por lo que la edad de la Fm. Yumaque queda restringida al Eoceno tardío tardío.

### 3.2.1.3. *Formación Otuma*

Ubicada en la Península de Paracas, cerca de Salinas de Otuma, contiene capas de arenisca con abundantes especímenes de *Ostrea*, y está cubierta por más areniscas con abundantes especímenes de *Turritela woodsi*, un marcador estratigráfico del comienzo de la transgresión del Oligoceno temprano tardío (DeVries, 1998).

Inicialmente, se asignó la edad de la Formación Otuma al Oligoceno temprano tardío, basado en la ocurrencia de foraminíferos de la Pampa Las Salinas (alrededor de 30 a 29 Ma; Ibaraki, 1993), mientras que las asociaciones de diatomeas de Macharé & Fourtanier (1987) en dos muestras (86023, 83060) pertenecientes a las localidades de Salinas de Otuma y Quebrada Huaricangana, contienen *Coscinodiscus superbus*, *Coscinodiscus reticulatus*, *Coscinodiscus oligocenicus*, *Thalassiosira mediaconvexa*, *Sceptroneis humuncia* y *Rouxia obesa*, cuya edad corresponde al Oligoceno temprano, (alrededor de 31 – 32 Ma) y representaría el inicio de la transgresión de Otuma. DeVries (1998) encuentra diatomeas pobremente preservadas, en Pampa Las Salinas y al norte del Cerro Las Salinas, tales como *Paralia sulcata*, *Coscinodiscus marginatus*, *Xanthiopyxis panduraeormis*, *Pseudoporosira* sp., *Azpeitia* sp. y el silicoflagelado *Naviculopsis eobiapiculata*(?), correspondiendo al Eoceno tardío. Posteriormente, DeVries (2006) descubre nuevos afloramientos de la Fm. Otuma en Quebrada Perdida, Cerros Colorado y Ullujaya mediante los moluscos *Peruchilus culberti* Olsson, (1931), *Xenophora carditigera* Nielsen & DeVries (2002), como fósiles índices, además utilizó datos de radiolarios (Nigrini *et al.*, 2005), nanofósiles (INA

database, 2004) y re-analizó datos de años anteriores, datando la edad de la Fm. Otuma para el Eoceno tardío al Oligoceno temprano.

#### 3.2.1.4. *Formación Chilcatay*

Inicialmente descrita como Fm. Caballas (Macharé *et al.*, 1988), la Fm. Chilcatay consiste de limolitas y areniscas endurecidas, intercaladas con intervalos de loditas diatomáceas (Dunbar *et al.*, 1990). La mejor exposición de esta unidad litoestratigráfica se encuentra en las Pampas Chilcatay, aproximadamente 100 Km al NW de Puerto Caballas, en Playa Carhuas en la bahía independencia. DeVries (1988) define 3 ciclos transgresivos dentro de esta formación, comenzando aproximadamente a 24 Ma (Zona de *Rocella gelida*), luego a 20 Ma (Zona de *Craspedodiscus elegans*), y finalmente a 18.7 Ma (Zona de *Triceratium pileus*). Entre otras zonas en esta formación Schrader (en DeVries, 1998) determina la Zona de *Crucidentricula nicobarica* (Akiba, 1985) debido a la co-ocurrencia de *Denticulopsis hustedtii* y *D. hialina* var. *hustedtii*, además de la Zona de *Denticulopsis lauta-hustedtii*, (Akiba, 1985), con presencia importante de *Actinocyclus ingens* y *D. hustedtii*. Las diatomeas más comunes en esta formación corresponde a las especies *Bogorovia veniamini*, *Triceratus pileus*, *Thalassiosira spinosa*, y *Thalassiosira fraga*, teniendo afinidad al Pacífico tropical y ecuatorial. La potencia de esta formación es alrededor de 250 m (Fourtanier & Macharé, 1988).

#### 3.2.1.5. *Formación Pisco*

La formación Chilcatay está discordantemente cubierta por la Formación Pisco del Mioceno medio – Plioceno. Esta formación ha sido estudiada por muchos investigadores incluyendo a Adams (1908), Petersen (1954), Ruegg (1956), Mertz (1966) y Balarezo *et al.* (1980). La Formación Pisco se compone de una amplia

variedad de litologías incluyendo conglomerados bioclásticos y areniscas cerca del basamento, limolitas tobáceas, areniscas y horizontes de cenizas volcánicas, limolitas diatomáceas, diatomitas, fosforitas, dolomitas y pocas calizas (Dunbar *et al.*, 1990). La unidad más gruesa de la Fm. Pisco es un miembro tobáceo que típicamente se encuentra cerca de la base de las secciones a lo largo de los valles de Río Grande y Río Ica en la parte central y sur de la cuenca. Aunque las capas de grava y arenisca se intercalan a lo largo de la sección, la litología dominante es una limolita arenosa tobácea. Estos sedimentos muestran abundantes pruebas de retrabajo por corrientes y ondas, incluyendo estratificación cruzada de gran y fina escala. Grandes estructuras de deformación-sedimentos blandos dan fe de derrumbes y deshidrataciones rápidas en algunos intervalos (Dunbar *et al.*, 1990).

La sección media de la Formación Pisco contiene capas cementadas de dolomitas regularmente espaciadas o nódulos horizontales. Sedimentos fosfáticos en la Formación Pisco ocurren en una amplia variedad de formas que incluyen pellets, ooides, nódulos esféricos endurecidos (1-5 cm), conglomerados de nódulos, revestidos en conchas y superficies duras (Allen *et al.*, 1987).

En la parte central y sur de la Cuenca Pisco, la mayoría de las secciones se vuelven más diatomáceas cerca al tope de la Formación Pisco; el contenido de ópalo normalmente en el rango de 25 a 50 % en peso. La sección más gruesa de sedimentos de diatomeas se produce en el límite norte de la parte terrestre de la cuenca a lo largo del Río Pisco. Aquí, aproximadamente unos 500 m de diatomita y lodolita diatomáceas, promediando > 30% de ópalo en peso, se ha acumulado entre el Mioceno medio tardío y el Plioceno temprano. El inicio de la sedimentación biosilíceas significativa en la Cuenca de Pisco es tiempo

transgresivo, comenzando alrededor de los 11-12 Ma en el norte, de 6-7 Ma en la cuenca central, y 4-5,5 Ma en el sur (Dunbar *et al.*, 1990).

Las diatomeas de la Fm. Pisco presentan una alta diversidad y han sido las más estudiadas hasta el momento (Mertz, 1966; Fourtanier & Macharé 1988; Garibaldi *et al.*, 2015, 2016). Las asociaciones reportadas en la Fm. Pisco comprenden especies que están en la Zona de *Cestodiscus peplum*, Zona de *Coscinodiscus lewisianus* (aprox. 15-14 Ma, Mioceno Medio), Zona de *Coscinodiscus gigas* var. *diorama* y Zona de *Craspedodiscus coscinodiscus* (aprox. 14-12 Ma, Mioceno medio tardío); la Zona de *Thalassiosira yabei* (aprox. 11- 9 Ma) y Zona de *Nitzschia* (= *Fragilariopsis*) *miocenica* (6.8 – 7.1, del Mioceno tardío), y una asociación con especies de la Zona *Fragilariopsis reinholdii* (aprox. 2 Ma, Plioceno tardío) (Fourtanier & Macharé, 1988; Dunbar *et al.*, 1990; DeVries & Schrader, 1997; Garibaldi *et al.*, 2017). Una edad de  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  indica una fecha de 9.22 Ma para sedimentos en Yesera de Amara. (DeVries & Schrader, 1997) y también fechas radiométricas en DiCelma, 2015.

### 3.3. *Diatomeas como herramienta bioestratigráfica*

Las Diatomeas son algas unicelulares, solitarias o coloniales con pigmentos fotosintéticos pardo-dorados, son abundantes, diversas y con amplia distribución. Se encuentran en diversos ambientes desde el plancton hasta parte del bentos. Se caracterizan por tener un esqueleto con dos valvas de sílice hidratada amorfa, llamado frústulo, el cual presenta diferentes formas y tamaños, desde pocos micrometros ( $\mu\text{m}$ ) hasta más de 1000  $\mu\text{m}$ , pero la mayoría varía entre 10 a 40  $\mu\text{m}$ . (Shreder *et al.*, 2007)

La bioestratigrafía de diatomeas se basa en la evolución y extinción de taxones, y se complementa con las asociaciones de las diferentes taxones en determinados

rangos estratigráficos. A pesar de no haber sufrido periodos de extinción masiva durante el Cenozoico, los periodos de relativamente rápido reemplazo de las especies globales cerca de los límites Eoceno temprano – Eoceno medio, Oligoceno – Mioceno, así como durante el Oligoceno más temprano, Mioceno medio temprano, Mioceno tardío, y Plioceno tardío (Strelnikova, 1990, 1991; Barron, 1992; Barron, 2003; Baldauf, 1993), representa los eventos con extinción gradual de un número de especies de diatomeas cuya asociación ha caracterizado un conjunto de millones de años y su sustitución gradual por especies recientemente evolucionadas (Barron, 2003). Estos periodos de rápida evolución de las especies de diatomeas coinciden con importantes periodos de enfriamiento en altas latitudes, así como reorganizaciones en la circulación oceánica asociada al cierre de los canales de enlace entre océanos (Barron & Baldauf, 1995). Sucesivas etapas de enfriamiento era parte de la tendencia al enfriamiento global del Cenozoico, que se interrumpía por periodos más estables de breve calentamiento. (Barron, 2003). La intensificación de la glaciación del hemisferio norte alrededor de los 2.5 Ma tuvo un efecto importante en la Paleoceanografía global y varias extinciones de diatomeas tanto en altas como bajas latitudes concentradas en los 2.5 y 2.0 Ma (Barron, 1992, 2003).

Las zonaciones bioestratigráficas de diatomeas se definen en su mayoría basadas en puntos eventos evolutivos específicos, como especiación (aparición de un nuevo taxón) global o regional, y la extinción (desaparición estratigráfica) definida como “datums” o punto de referencia. El datum puede ser la primera aparición - FAD por sus siglas en inglés de First Appearance Datum, llamada también Primera ocurrencia (First occurrence - FO) que representa el desarrollo y la radiación de una nueva especie, o la última aparición – LAD por sus siglas en

inglés Last Appearance Datum, llamada también última ocurrencia (Last occurrence - LO), que representa la desaparición local o extinción de una especie. Las zonaciones de diatomeas se basan en FADs y LADs, pero también se incluyen otros tipos de datums como Primera aparición abundante - FAAD (First abundant appearance datum) y última aparición abundante LAAD (Last abundant appearance datum). Las biozonas reciben el nombre del taxón relevante, pero es mejor caracterizada por las asociaciones de las taxones (Barron, 2003).

Resumiendo, las zonas bioestratigráficas descritas para la Cuenca Pisco al momento son: *Rocella gelida*, *Rossiella paleacea*, *Craspedodiscus elegans*, *Triceratium pileus*, *Crucidentricula nicobarica*, *Denticulopsis lauta-hustedti*, *Cestodiscus peplum*, *Coscinodiscus lewisianus*, *Coscinodiscus gigas* var. *diorama*, *Craspedodiscus coscinodiscus*, *Coscinodiscus yabei*, *Fragilariopsis miocenica*, *Thalassiosira convexa*, *Rhizosolenia praebergonii*, (Schrader & Ronning, 1988, DeVries & Schrader, 1997, DeVries, 1998 y Gariboldi, 2017) y será la base para nuestro esquema bioestratigráfico en la Sección Cerro Caucato.

### III JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Las diatomeas son usadas como herramienta bioestratigráfica durante el Cenozoico porque estos microfósiles tienen características de ser buenos fósiles índices o guías, es decir, tienen una buena preservación, presentan una amplia distribución independiente a las facies, son abundantes, resistentes, cosmopolitas y factibles de prepararlos, que los hacen tener un alto poder de resolución, permitiendo subdividirlos en intervalos de tiempo relativamente cortos. Durante el Cenozoico no se han observado extinciones masivas de diatomeas como en otros grupos fósiles, sin embargo la sensibilidad de las diatomeas a los cambios ambientales y la relativamente rápida evolución de las asociaciones de

diatomeas, determinan su utilidad en reconstrucciones paleoclimáticas y paleoceanográficas (Scherer *et al.*, 2007).

Por lo tanto, el uso de diatomeas en el desarrollo de una zonación bioestratigráfica en la Cuenca Pisco, es lógico como herramienta eficiente y precisa para la datación de estratos de capas ricas en diatomeas.

El Cerro Caucato (Fm. Pisco), al Norte de la Cuenca Pisco, Ica, contiene estratos de diatomitas y limolitas diatomáceas bien definidos que pueden muestrearse para bioestratigrafía de diatomeas de alta resolución. El afloramiento es de fácil accesibilidad, se encuentra parcialmente urbanizado, y con material de esta sección se puede confirmar o rechazar la datación basada en radiolarios que va desde el Mioceno medio al Plioceno temprano (Dunbar *et al.*, 1989). Asimismo, los resultados obtenidos en esta investigación servirán a futuros estudios en otras secciones de la Fm. Pisco; además de generar nuevos conocimientos a la geología, paleontología, paleoclimatología y paleoceanografía de la Cuenca Pisco Norte, y al Neógeno del Perú y Sudamérica.

#### **IV OBJETIVOS**

##### *5.1. Objetivo general*

- Caracterizar la bioestratigrafía de diatomeas y paleoproduktividad primaria de la Sección Cerro Caucato de la Formación Pisco.

##### *5.2. Objetivos específicos*

1. Determinar la composición de especies, abundancia, diversidad, concentración y variación temporal de las diatomeas, así como las variables de densidad relativa, Carbono Orgánico Total y humedad en la Sección Cerro Caucato de la Formación Pisco.

2. Elaborar la secuencia bioestratigráfica (biozonas) para la Sección Cerro Caucato de la Formación Pisco, a partir de las especies guías.
3. Establecer la productividad primaria de la Sección Cerro Caucato basado en la concentración de diatomeas y Carbono Orgánico Total.
4. Relacionar las asociaciones de diatomeas presentes en la Sección del Cerro Caucato con los cambios paleoceanográficos durante el final del Cenozoico.
5. Realizar un Catálogo iconográfico de las diatomeas marcadoras de edad como también las especies más abundantes y de difícil determinación.

## **V HIPÓTESIS**

Las asociaciones de diatomeas, de la Sección Cerro Caucato (Fm Pisco), responden a los cambios climáticos y oceanográficos (local, regional, mundial) que ocurrieron durante el Neógeno superior. Así mismo, la paleoproduktividad en la Sección Cerro Caucato reflejan estos cambios.

## **VI METODOLOGÍA**

### *6.1. Diseño de muestreo*

Para evaluar la hipótesis planteada se diseñó un muestreo sistemático y continuo a lo largo de la potencia de la Sección Cerro Caucato (71.4 m) de la Fm. Pisco, donde se colectarán muestras ricas en diatomeas a intervalos de aproximadamente 1.5 m, con la finalidad de determinar la secuencia bioestratigráfica de esta sección.

## 6.2. Zona de estudio

El material a estudiar pertenece a la Sección Cerro Caucato de la Formación. Pisco, ubicado en el departamento de Ica, alrededor de las coordenadas 13°39' S y 76°10' O, en Pisco (Figura 6).



**Figura 6.** Ubicación de la zona de estudio: Cerro Caucato, Formación Pisco (Tomado del Cuadrángulo de Pisco por Fernández Dávila, 1970).

## 6.3. Material geológico y micropaleontológico

Las muestra de rocas a coleccionar, se extraerán a intervalos aproximados de 1.5 m desde la base hasta la cima de la Sección del Cerro Caucato, colectándose un total de 49 muestras. Durante la colecta se evaluó el tipo de roca sedimentaria y el grado de cementación (consolidados o semi-consolidados), y se extrajo una submuestra de aprox. 300 cm<sup>3</sup>. Además se midió el rumbo y buzamiento.

*Rumbo:* Ángulo respecto al norte, que forma la línea de intersección del estrato con el plano horizontal.

*Buzamiento:* Corresponde al ángulo que forma una de sus rectas de máxima pendiente con respecto a un plano horizontal. También se le conoce como Manteo.

#### 6.4. Variables

##### 6.4.1. Variables Dependientes:

- Abundancia relativa (%)
- Concentración de valvas de diatomeas (valvas diatomeas / g sed seco)
- Riqueza de especies (S), índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), índice de equitatividad de Pieleu (J) e índice de dominancia de Simpson (1-D)
- Concentración de Carbono Orgánico (% en peso)
- Carbono Orgánico (%)
- Porcentaje de Humedad (%)
- Densidad relativa (g / cm<sup>-3</sup>).
- Tasa de sedimentación (TS) (m / Ma)
- Tasa de acumulación de diatomeas (TAD) (10<sup>6</sup> valvas / m<sup>2</sup> x Ma)
- Paleoproduktividad primaria (PaP) (10<sup>6</sup> gC / m<sup>2</sup> x Ma)

##### 6.4.2. Variable Independiente:

- Estratos de roca sedimentaria.

#### 6.5. Método de Estudio

**Objetivo 1. Determinar la composición de especies, abundancia, concentración, diversidad y variación temporal de las diatomeas, así como las variables de densidad**

*relativa, Carbono Orgánico Total y humedad en la Sección del Cerro Caucato de la Formación Pisco*

6.5.1. Análisis Cualitativo (Preparación de Smear Slide)

Se tomó una fracción de muestra de sedimento triturado y se preparó un frotis de sedimento, fijándolo permanentemente con el medio de montaje Norland Optical Adhesive 61 (NOA 61), I.R.= 1.56, con la finalidad de conocer la abundancia relativa de diatomeas en la muestra, evaluar la ocurrencia de las principales especies de diatomeas en la muestra y estimar la cantidad de submuestra que se utilizará para los análisis cuantitativos (Sócola, 2011).

De las 49 muestras colectadas, 3 correspondían a porcelanita, por tanto, se preparó un total de 46 láminas con NOA 61 y observadas a 400X y 1000X en el Microscopio Compuesto marca NIKON modelo Eclipse CiPOL.

Para registrar la abundancia relativa de las Diatomeas respecto al resto del sedimento (minerales, materia orgánica y otros microfósiles), se utilizó un sistema de codificación propuesto por Schrader y Gersonde (1978)

A = abundant; (> 150)

C = common; (>80 – 150)

F = few; (>30 – 80)

R = rare; (5 – 30)

T = trace (<5)

B = barren; (no diatomeas observadas)

La abundancia relativa de cada taxón de diatomeas se registró siguiendo lo propuesto por Koç & Scherer (1996) modificado por Gariboldi (2016).

A = abundante; > 10 valvas/campo de visión (FOV)

C = común; 1 – 10 valvas/FOV.

F = poco común;  $\geq 1$  valva/10 FOVs y < 1 valva/FOV.

R = raro;  $\geq 3$  valvas/traversa del cubreobjetos y <1 valva/10 FOVs

X = presente (< 3 valvas/traverse of coverslip, including fragments)

B = estéril (=barren=; sin valvas.)

Finalmente, la preservación de las diatomeas se registró usando los códigos propuestos por Barron & Gladenkov (en Rea et al., 1993), modificado por Gariboldi (2016).

VG = Muy bueno (=very good, sin rupturas o disolución).

G = Bueno (=good; la mayoría de especímenes completas, con menor disolución y/o roturas, ninguna ampliación significativa de areolas o disolución de los bordes del frústulo detectado).

M = moderado (menor, pero común ampliación de areolas y disolución de los bordes del frústulo, con una considerable cantidad de especímenes rotos).

P = Pobre (=poor, fuerte disolución y ruptura, algunos especímenes inidentificables, fuerte disolución de los bordes del frústulo y ampliación de areolas).

### 6.5.2. Destrucción de Materia orgánica y compuestos carbonatados según

Schrader & Gersonde (1978).

Una submuestra del material colectado (2.5 g) fue sometido a un tratamiento oxidativo con peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 30% y ácido clorhídrico (HCl) 10%. Este procedimiento se realizó para poder observar las estructuras finas de las valvas de diatomeas de las muestras colectadas a lo largo de la sección.

- Agregar HCl al 10% (1 ml) y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% en una cuarta parte del tubo/beaker de ensayo.
- Acelerar la reacción, calentando el tubo / beaker en baño maría
- Enjuagar con agua destilada, decantar el sobrenadante. Repetir la operación cinco veces cada 24 horas hasta dejar la muestra libre de ácido y peróxido.
- Rotular la muestra en viales de 10 o 20 ml.

### 6.5.3. Análisis cuantitativos (Sócola, 2011)

Para calcular la concentración de diatomeas se realizó en laminillas de 22 x 22 mm con un volumen de 25 a 100  $\mu$ L, dependiendo de la densidad celular de la muestra. Se contó por varias transectas horizontales por lámina y se hizo el conteo de al menos 300 valvas al microscopio compuesto marca NIKON modelo Ci POL con objetivo de 100X (A.N.= 1.30), siguiendo el método de campo de vista observado. Los resultados se expresan en valvas x g<sup>-1</sup> de sedimento seco (Schrader & Gersonde, 1978). La concentración de diatomeas se expresará en número de valvas por gramo de sedimento seco. La concentración de diatomeas (CD) está dada por la siguiente fórmula:  $CD = (NV \times AL \times Vi) / (AT \times Vm \times PMS \times 10^6)$   
Donde NV es el número total de valvas contadas a lo largo del área de la transecta

(AT) en  $\text{mm}^2$ , tomando en cuenta el área de la laminilla (AL).  $V_m$  es el subvolumen del volumen inicial ( $V_i$ ) usado en la muestra. El denominador (PMS) es el peso seco de la muestra en gramos. El número absoluto de diatomeas se expresará en unidades de  $10^6$  valvas por gramo de sedimento seco.

#### 6.5.4. Montaje de Muestras

El material montado en preparó permanentes utilizando una resina con alto índice de refracción Naphrax, I.R. =1.73 siguiendo la metodología de Hasle (1978) de la siguiente manera:

- Limpiar con etanol el porta y cubre objetos y colocarlos en un hot plate.
- Colocar sobre un cubre objeto unas gotas de alcohol de 50°, 25 a 100 $\mu\text{L}$  de muestra tratada, dependiendo de la densidad de la muestra y adicionar unas gotas de alcohol al 96°.
- Secar las muestras a 70° C y proceder a montarlas en Naphrax, I.R. =1.73.
- Colocar en un porta objeto 1 ó 2 gotas de medio de montaje, mediante el uso de un mondadientes.
- Invertir el cubreobjetos sobre el portaobjeto y dejar secar en una estufa a 100 a 150° hasta que ésta quede bien sellada (Realizar este paso bajo una campana extractora de gases o en un ambiente ventilado).
- Eliminar las burbujas de aire que puedan haber quedado retenidas en el preparado, por calentamiento y presión muy suave con un mondadientes.
- Con una hoja de afeitar eliminar los restos de resina del borde del cubre objeto.
- Rotular la muestra y guardadas en cajas porta-laminas hasta el momento de su observación.

#### 6.5.5. Identificación de la flora de diatomeas

Se utilizarán artículos científicos y claves taxonómicas de diatomeas marinas fósiles de acuerdo al material encontrado, entre ellos: Akiba (1986), Akiba & Yanagisawa (1986), Barron (1985, 1992, 2003, 2005), Mertz (1966), Schrader (1976).

#### 6.5.6. *Humedad, Densidad Relativa y % Carbono Orgánico*

##### 6.5.6.1. *Humedad*

El contenido de agua se calculó considerando la diferencia de cada una de las submuestras colectadas según la siguiente formula:

$$\% \text{ de agua} = (\text{peso Húmedo/peso seco}) \times 100$$

##### 6.5.6.2. *Densidad Aparente Seca (DBD)*

Llamada también DBD por sus siglas en inglés (Dry Bulk Density), se obtuvo a través de la toma de muestra en los diferentes intervalos de muestreo, a un volumen conocido. El cálculo de DBD se expresa en  $\text{g/cm}^3$  (Dadey & Klaus, 1992).

Se calculó según la siguiente formula:

$$\text{DBD} = (\text{Peso seco de la Muestra} / \text{Volumen de la muestra})$$

El volumen del cubo o volumen de la muestra, se expresa en  $\text{cm}^3$  y se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Volumen del cubo} = \text{Alto} \times \text{Ancho} \times \text{Espesor}$$

##### 6.5.6.3. *% Carbono Orgánico (C. Org.)*

El contenido de Carbono orgánico se determinó por el método de Walkley – Black (1934) adaptado y modificado por Jackson (1958). Este método utiliza el calentamiento exotérmico y la oxidación con dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) y Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado y la titulación del exceso de dicromato de solución de sulfato de amonio ferroso 0.5 N hasta un punto final (punto de equivalencia) nítido de 1 gota.

El % de Carbono orgánico es calculado mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ C. Org} = 10 (1 - T/S) [1.0 \text{ N } (0.003)(100/W)]$$

Donde:

T = Titulación de la muestra, ml de solución ferrosa

S = Titulación del blanco de estandarización, ml de solución ferrosa.

(El factor T/S cancelará el efecto de la normalidad de la solución ferrosa)

0.003 = 12/4000 (pero meq de carbono)

1.0 N = normalidad del  $K_2Cr_2O_7$  en ml

10 = volumen del  $K_2Cr_2O_7$  en ml

W = peso de la muestra de sedimento en gramos

Los análisis de Carbono orgánico se llevaron a cabo en el Laboratorio de Geología Marina del Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

### 6.5.7. • *Análisis estadísticos Multivariados*

#### 6.5.7.1. *Análisis de componentes principales*

PCA (Principal Component Analysis), es un análisis multivariado de ordenación, que se realiza sobre la matriz de datos que present  $n$  muestras que se observan como puntos en un espacio de  $n-1$  dimensiones, donde la distancia entre puntos es una medida del grado de diferencia florística entre muestras. En este espacio se construye un conjunto de ejes ortogonales, de tal manera que se maximiza la varianza de las proyecciones de la nube de puntos a lo largo de cada eje. Las proyecciones de la nube de puntos en los subespacios definidos por los ejes que presentan mayor cantidad de varianza (componentes principales) son examinados para buscar patrones de asociación. Por tanto el análisis de componentes principales resume eficientemente la dimensionalidad de los datos (condensa y simplifica), mostrando las relaciones entre las muestras basadas en el contenido de especies (Kaneta, *et al.*, 1985).

El PCA se realizó sobre las matrices T-3 y T-5 de los datos mayores al 10% de abundancia relativa y normalizados ( $\ln x + 1$ ).

#### 6.5.7.2. *Análisis de CONISS*

CONISS (Constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares), es un análisis multivariado que se basa en el análisis de agrupamiento (Cluster), con la restricción de que los agrupamientos se forman por aglomeración jerárquica de muestras estratigráficamente adyacentes (Grimm, 1987).

El análisis de CONISS se aplicó sobre la matriz de datos mayores al 10% de abundancia relativa del total de diatomeas de la Sección Cerro Caucato (T-3) y

sobre a matriz de datos mayores al 10% de abundancia relativa de las diatomeas exceptuando relativa de *Thalassionema nitzschioides* y esporas de resistencia de *Chaetoceros* spp. (Tabla: T-5).

#### 6.5.8. • *Cálculo de Índices de Diversidad*

##### 6.5.8.1. *Cálculo de la Riqueza de Especies (S)*

Es el número total de especies censadas en cada intervalo de 1.5 m, indicando como varían en número de especies (Moreno, 2001).

##### 6.5.8.2. *Índice de Shannon – Wiener (H')*

Expresa la uniformidad de todas las especies de la muestra. Se define como la relación entre el número de individuos y el número de especies encontradas en un ambiente determinado, para el cálculo de la diversidad esta es calculada en bits/individuo se obtienen valores de 0-5. (Moreno, 2001).

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

$$p_i = n_i / n$$

$n_i$  = número de individuos de una especie

$n$  = total de individuos

Adaptación:  $I = \sum p_i \times 3,3219 \log p_i$

##### 6.5.8.3. *Índice de Pielou (J')*

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde:

J: índice de equidad de Pielou

H': Índice de diversidad de Shannon & Wiener

S: Número de especies

#### 6.5.8.4. *Índice de Simpson (1-D)*

El índice de Simpson (1949) mide la probabilidad de que dos individuos de la población extraídos al azar sean de la misma especie  $\sum p_i^2$ ; valores altos indican dominancia de alguna especie. Para medir la diversidad se utiliza el complementario del índice de Simpson, ya que varía de 0 a 1 indicando valores próximos a 1 mayor diversidad (Magurran, 1988).

$$1 - D = 1 - \sum p_i^2$$

Donde:

1-D: índice de Simpson

$p_i$ : abundancia proporcional de la especie  $i$

### ***Objetivo 2. "Elaborar la secuencia bioestratigráfica (biozonas) para la Sección Cerro Caucato de la Formación Pisco, a partir de las especies guías"***

- Tamizado, identificación y elaboración de gráficas

Una fracción de muestra ya preparada y lavada, fue dividida en varias fracciones dependiendo del tamaño de grano del sedimento por medio de tamices (20, 63 y 150  $\mu\text{m}$ ) con la finalidad de separar la fracción gruesa (>150  $\mu\text{m}$ ) y la muy fina (< 20  $\mu\text{m}$ ). Cada una de las fracciones se colocó en viales rotulados para luego ser montadas.

La identificación se enfocó en los fósiles guías que pudieran encontrarse en cada una de las muestra separada en fracciones: < 20  $\mu\text{m}$ , 20-63  $\mu\text{m}$ , 63-150  $\mu\text{m}$ , y

>150  $\mu\text{m}$ . Todas las gráficas serán hechas con el software libre C2 (Software for Ecological and Palaeoecological Data Analysis and Visualisation), ver. 1.7.2 (Juggins, 2003).

***Objetivo 3. "Establecer la productividad primaria de la Sección Cerro Caucato basado en la concentración de diatomeas y Carbono Orgánico Total"***

Una vez determinado la concentración de diatomeas y el % C Org. en la muestra (ver Objetivo 1), se procederá a graficar en C2 las curvas de estos proxies de Productividad Primaria en la columna estratigráfica.

El cálculo de la paleoproductividad basado en %C Org., seguirá la siguiente ecuación (Rühlemann *et al.*, 1999):

$$\text{PaP} = 333 \times \text{Corg} \times \text{DAS} \times \text{TS}^{-0.3}$$

Donde:

Pap: Paleoproductividad [ $\text{gC m}^{-2} \text{a}^{-1}$ ]

Corg: Carbono organico [% en peso]

DAS: Densidad Aparente Seca [ $\text{g cm}^{-3}$ ]

TS: Tasa de Sedimentación [ $\text{cm ka}^{-1}$ ]

***Objetivo 4. "Relacionar las asociaciones de diatomeas presentes en la Sección del Cerro Caucato con los cambios paleoceanográficos durante el final del Cenozoico"***

Se comparó la curva de paleoproduktividad calculada en la Sección Cerro Caucato con otras curvas de paleoproduktividad a nivel regional o global para comparar posibles tendencias en el cambio entre el Mioceno-Plioceno (Grant & Dickens, 2002).

***Objetivo 5. "Realizar un Catálogo iconográfico de las diatomeas marcadoras de edad como también las especies más abundantes y de difícil determinación"***

Debido a la importancia de documentar la secuencia bioestratigráfica basado en diatomeas, se realizó un catálogo iconográfico con las diatomeas marcadoras de edad y de las especies más representativas y abundantes. Adicionalmente, se añadirá el rango estratigráfico de edad. Se seguirán las claves de identificación de especies citadas en el Objetivo 1 y otras adicionales como Hustedt (1930), Cupp (1943), Hendey (1964), Round *et al.*, (1990).

## **VII RESULTADOS**

### **7.1. Descripción de la columna estratigráfica**

Se elaboró un perfil geológico de la Sección Cerro Caucato, el cual consiste en un afloramiento de más de 70 m de potencia con superficies de rocas sedimentarias de origen marino, expuestas hacia el lado Oeste y parcialmente cubiertas por coluvium. La sucesión estratigráfica aflorante está dispuesta en una dirección aproximada Norte – Sur (N 73 O – N 4 E) y con un buzamiento hacia el Este, presentando el menor buzamiento hacia los 2.5 m (2° E) en sub-sección “B”, mientras que el mayor valor de buzamiento se presenta a los 52.9 m (22° E) en la sub-sección “L”. Para una mejor representación gráfica, la Sección Cerro Caucato fue subdividida y medida en 14 sub-secciones dispuestas en orden alfabético desde la base hacia el tope (A – N) (Fig. 7, T-12).

*Sub-sección A:* (13°39'14.4"S; 76°10'44.1") Con un espesor de 2.5 m, está constituida principalmente por diatomita laminada fina, con intercalaciones de limolita ferruginosa formando capas de ~3 cm de espesor en los 0.4, 0.6, 2.1 y 2.48 m de la sub-sección. Las capas se orientan N 30° O, y buzanan 10° E. En esta Sub-sección se extrajeron las muestras CCA01 – 0.1 m y CCA02 – 1.5 m.

*Sub-sección B:* (13°39'13.4"S; 76°10'44.7") Con un espesor de 5 m, está constituida principalmente por diatomita laminada fina, con intercalaciones de limolita ferruginosa formando laminaciones de ~3 cm de espesor en los 0.5, 0.8, 2.1 y 4.6 m, presencia de pocas fallas normales y fisuras rellenadas posteriormente por venas de yeso en los 4.8 m. Las capas se orientan N 38° O, y buzanan 8° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCB03 – 0 m, CCB04 – 4 m, CCB05 – 5.5 m y CCB06 – 7m.

*Sub-sección C:* (13°38'57.0"S, 76°10'59.2"W) Con un espesor de 5 m, está constituida principalmente por diatomita laminada fina y una capa de diatomita masiva entre los 3 y

4 metros, con intercalaciones de limolita ferruginosa situados a los 0.3 m y entre los 4.4 y 4.9 m. Las capas se orientan N 45° O, y buzan 11° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCC07 – 7.5 m, CCC08 – 9 m, CCC09 – 10.5 y CCC10 – 12 m.

*Sub-sección D:* (13°38'58.0"S, 76°10'57.5"W) Con un espesor de 7 m, está constituida principalmente por lodolita diatomácea hasta una capa de toba volcánica de 0.07 a 0.1 m de espesor, seguida, en la parte superior, de diatomita masiva, presenta intercalaciones de limolita ferruginosa situados a los 0.8, 4.5, 6.1 y 6.3 m, además de la presencia de materia orgánica y numerosas fallas normales. Las capas se orientan N 39° O, y buzan 10° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCD11 – 12.5 m, CCD12 – 14.3 m, CCD13 – 14.5 m y CCD14 – 14.8 m.

*Sub-sección E:* (13°38'59.6"S, 76°10'55.9"W) Con un espesor de 5 m, está constituida principalmente por diatomita masiva, con intercalaciones de limolita ferruginosa más notorios en la base hasta 0.9 m así mismo en los 1.4, 3.4 y 3.6 m; la presencia de escamas de peces es común, pocas fallas normales y a los 3 m una capa de yeso de 0.07 a 0.1 m de espesor. Las capas se orientan N 56° O, y buzan 11° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCE16 – 19.5 m, CCE17 – 21 m, CCE18 – 22.8 m y CCE19 – 24 m.

*Sub-sección F:* (13°39'03.8"S, 76°10'53.8"W) Con un espesor de 5 m, está constituido principalmente por diatomita laminada (0 – 2.6 m), seguido de diatomita masiva hasta los 3.5 m, donde se aprecia una capa de Yeso de 0.05 a 0.07 m de espesor, continuando con una arenisca poco consolidada, una fina capa de limolita ferruginosa interceptan la sub-sección a los 2.6 m. y fisuras rellenas posteriormente por venas de yeso. Las capas se orientan N 4° E, y buzan 6° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCF20 – 24.5 m, CCF21 – 26.0 m, CCF22 – 27.5 m, CCF23 – 27.9 m y CCF24 – 29.0 m.

*Sub-sección G:* (13°39'07.8"S, 76°10'53.0"W) Aparente continuación (derecha) de la sub-sección F, en donde se interrumpe por una falla y cubierta por derrumbe. Con 4 m de espesor, principalmente por diatomita masiva, con intercalaciones de limolita ferruginosa entre los 3.5 y 3.9 m de la sub-sección; además la presencia de escamas de peces es común y una franja de sedimento de origen continental (o toba). Las capas se orientan N 29° O, y buzan 12° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCG25 – 29.5 m, CCG26 – 31.0 m y CCG27 – 32.5 m.

*Sub-sección H:* (13°38'52.0"S, 76°10'57.5"W) Con un espesor de 4.2 m, principalmente por diatomita laminada-ondulada en la base y diatomita masiva hacia el tope y, con intercalaciones de limolita ferruginosa a los 2 m, dos capas de yeso se aprecian, una de 0.05 m de espesor a los 0.3m y otro de 0.01 m de espesor a los 2,3 m. presencia de porcelanita a los 3.4 m de la sub-sección. Las capas se orientan N 50° O, y buzan 11° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCH28 – 33.5 m, CCH29 – 35.0 y CCH30 – 36.5 m.

*Sub-sección I:* (13°39'13.4"S, 76°10'49.0"W) Con un espesor de 2.7 m, principalmente por diatomita laminada fina, y una breve capa (10 cm) de lutita diatomácea compacta cerca a la base, además de la presencia de materia orgánica. Las capas se orientan N 48° O, y buzan 12° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCI31 – 38.2, CCI32 – 39.7 y CCI33 – 40.2.

*Sub-sección J:* (13°39'16.3"S, 76°10'47.9"W) Con un espesor de 7.5 m, constituida principalmente por diatomita masiva, con interrupciones de limolita ferruginosa, presencia de materia orgánica y capas de arenisca (7.3 m) y yeso (7.4 m) en la parte superior. Las capas se orientan N 34° O, y buzan 10° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCJ34 – 41.9 m.

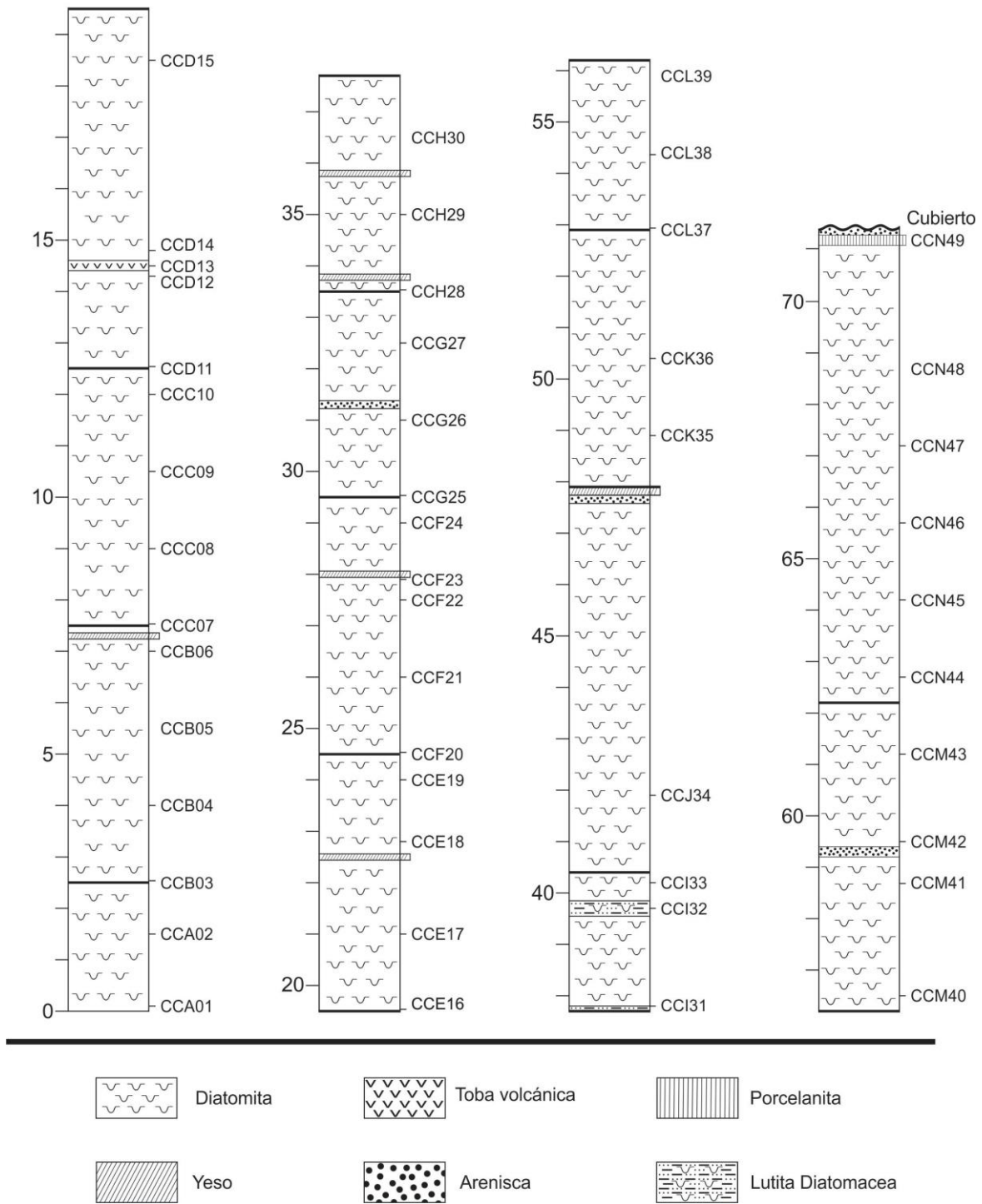
*Sub-sección K:* (13°39'07.8"S, 76°10'48.2"W) Con un espesor de 5 m, está constituida principalmente por diatomita masiva, con intercalaciones de limolita ferruginosa, a los 1.5, 2 y 4.5 m de la Sub-sección. Las capas se orientan (Rumbo) hacia N 73° O, con una inclinación (buzamiento) de 12° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCK35 – 48.9 m y CCK36 – 50.4 m.

*Sub-sección L:* (13°39'12.1"S, 76°10'46.8"W) Con un espesor de 3.3 m, está constituida principalmente por diatomita masiva, con interrupciones de limolita ferruginosa a los 0.5, 2.3, y 2.6 m. Las capas se orientan N 31° O, y buzanan 22° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCL37 – 52.9 m, CCL38 – 54.4 m, CCL39 – 55.9 m.

*Sub-sección M:* (13°39'13.4"S, 76°10'44.7") Con un espesor de 6 m, está constituida principalmente por intercalaciones más frecuentes de diatomita masiva con limolita ferruginosa. Las capas se orientan (rumbo) hacia N 53° O, con una inclinación (buzamiento) de 18° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCM40 – 56.5 m, CCM41 – 57.7, CCM42 – 59.5 m y CCM43 – 61.2 m.

*Sub-sección N:* (13°39'14.6"S, 76°10'44.2") Con un espesor de 9.2 m, ésta sección es la continuación de la Sección M, en donde se interrumpe por una falla y cubierta por derrumbe. Constituida por rocas sedimentarias, principalmente por diatomita masiva, con intercalaciones de limolita ferruginosa de 1.0 a 1.2 m y de 2.15 a 2.25 m; presencia de porcelanita (8.9 m), seguida de arenisca (9.0) y una capa de yeso (9.1). Las capas se orientan N 15° O, y buzanan 20° E. En esta sub-sección se extrajeron las muestras CCN44 – 62.7, CCN45 – 64.2, CCN46 – 65.7 m, CCN47 – 67.2 m, CCN48 – 68.7 m y CCN49 71.2 m.

## CORTE ESTRATIGRÁFICO DE LA SECCIÓN CERRO CAUCATO, FM. PISCO, ICA, PERÚ



**Figura 7.** Esquema Estratigráfico de la Sección Cerro Caucato, Fm Pisco

*Objetivo 1. “Determinar la composición de especies, abundancia, concentración, diversidad y variación temporal de las diatomeas, así como las variables de densidad relativa, Carbono Orgánico Total y humedad en la Sección Cerro Caucato de la Formación Pisco*

## **7.2. Estructura comunitaria de las diatomeas de la Sección Cerro Caucato.**

### *7.2.1. Análisis cualitativo (smear slide)*

El análisis cualitativo se realizó mediante la observación de 45 láminas de frotis de sedimento (smear slide), determinando las especies de diatomeas y los grupos de microfósiles silíceos acompañantes.

Se determinaron un total de 5 grupos de microfósiles silíceos: diatomeas, silicoflagelados, radiolarios, ebridios y dinoflagelados. Las diatomeas es el principal grupo, con un total de 126 especies. La abundancia relativa de las diatomeas respecto al resto del sedimento (minerales, materia orgánica y otros microfósiles), varía entre Abundante (A) a Estéril (B), según el sistema de codificación propuesto por Koç & Scherer (1996); obteniendo 5 muestras Abundantes (A = ~20 – 60% valvas), 21 muestras Comunes (C = ~5-20% valvas), 18 muestras con escala Poco Común (F = 2-5% valvas) y 1 muestra estéril, que correspondía a una toba.

La abundancia de cada taxón de diatomeas se registró según la convención de Koç & Scherer (1996), modificada por Gariboldi (2016). Por tanto, de manera general *Thalassionema nitzschioides* es la especie con mayor frecuencia de abundancias relativas “común” (C) y abundante (A), seguida de *Xantiopyxis* spp. (morfoespecie de espora de resistencia de *Chaetoceros* sp), desde la base hasta los 41.9 m (CCJ34 – 41.9 m), por encima de este punto la abundancia de *Thalassionema nitzschioides* disminuye de manera

considerable a pobre (F), raro (R) y presente (X) con alguna excepción de abundancia común (C), sin embargo las esporas de resistencia de *Chaetoceros* sp continúan hacia el tope de la sección con mayor frecuencia de abundancia común (C). Asimismo, algunas especies presentan estas abundancias (común “C” ó abundante “A”) esporádicamente, tales como *Actinocyclus octonarius*, *Thalassiosira oestrupii* s.l. *Delphineis angustata*, *Delphineis izschaboensis* var. *linguiformis*, *Delphineis* cf. *kippae* y *Azpeitia* sp. (aff. *A. africana*) principalmente (Tabla 1).

En cuanto a la preservación de los sedimentos, según la escala de Barron & Gladenkov (1993), varía entre buena (B) a Pobre (P) distribuidas en 31 muestras con conservación moderada (M), seguida de 9 muestras con buena (B) conservación y 5 muestras pobremente conservadas (P).

**Tabla 1.** Diagrama de ocurrencia de Diatomeas comunes y estratigráficamente importantes, para la Sección Cerro Caucato, Fm Pisco, Ica, Perú. Abundancia relativa de grupos de diatomeas vs sedimento restante: A = abundant, C = common, F = few, R = rare, T = trace y B = barren. Abundancia relativa de cada taxón de diatomeas: D = dominant, A = abundant, C = common, F = few, R = rare, T = trace y P = present. Preservación de diatomeas: VG = very good, G = good, M = moderate y P = poor.

Código de Muestra	Altura (m)	Biozona (F. Solís)	Preservación	Abund. Grupo	<i>Coronodiscus</i> sp	<i>Dictyota</i> sp	<i>Dispinodiscus</i> sp	<i>Dossetia</i> cf. <i>hyalina</i>	<i>Dossetia</i> sp	<i>Gemellodiscus</i> cf. <i>bifurcus</i>	<i>Gemellodiscus cingulus</i> var. <i>cingulus</i>	<i>Gemellodiscus cingulus</i> var. <i>longus</i>	<i>Gemellodiscus</i> sp	<i>Goniothecium</i> sp	<i>Hyaline</i> type	<i>Liradiscus</i> spp	<i>Quadrocistella</i> sp	<i>Stephanogonia</i> sp	<i>Truncatulus</i> spp	
CCN49	71.2	Zona de <i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>asteriscus</i>	B																	
CCN48	68.7		G C								X	X		X		X	X		X	
CCN47	67.2		M F		X							X	X	X		X	X		R	
CCN46	65.7		M F																	X
CCN45	64.2		M F									X	X	X		X			R	
CCN44	62.7		P F										X				X		X	
CCM43	61.2		G C	X								X	X				X		X	
CCM42	59.5		P F													X	X	X	R	
CCM41	57.7		G C		X							X	X				X	X	R	
CCM40	56.5		M F		X							X			X	X	X	X	X	
CCL39	55.9	M F													X			X		
CCL38	54.4	M F										X	X			X		X		
CCL37	52.9	M C											X				X	X		
CCK36	50.4	M C									X					X		X		
CCK35	48.9	P F																		
CCJ34	41.9	G A	X								X					X		X		
CCB3	40.2	M F									X					X		X		
CCB2	39.7	P F									X							X		
CCB1	38.2	M F									X	X	X				X			
CCH30	36.5	M A									R	X		X		X				
CCH29	35	M C		X							X	X	X			X		X		
CCH28	33.5	M C		X							X	X	X			X		X		
CCG27	32.5	M F		X							X			X	X	X		X		
CCG26	31	M F		X							X	X	X	X	X	X		X		
CCG25	29.5	B																		
CCF24	29	M F		X							X					X	X	X		
CCF23	27.9	B																		
CCF22	27.5	M F		X							X	X	X			X				
CCF21	26	M F		X							X					X	X			
CCF20	24.5	M P		X							X	X		X		X	X	X		
CCE19	24	M C									X	X		X		X	X	X		
CCE18	22.8	M C	X	X					X		X	C	X		X	X		X		
CCE17	21	M C		X	X				X		X	R	X	X	X	X		X		
CCE16	19.5	G A	X	X					X		X	F	X	X	X	X	X	X		
CCD15	18.5	M C		X							X		X	X	X	X		X		
CCD14	14.8	M C	X	X		X			X		X	X	R	X	X		X	X		
CCD13	14.5	B																		
CCD12	14.3	M C		X							X		X	X		X		X		
CCD11	12.5	M C									X	X								
CCC10	12	M C	X										X		X			X		
CCC09	10.5	G A									X	X	X			R	X	X		
CCC08	9	G A				X							X	X	X	X	X	X		
CCC07	7.5	M C											X	X						
CCB06	7	P F										X				X				
CCB05	5.5	G C									X					X	X	X		
CCB04	4	G C		X				X					X	X		X				
CCB03	2.5	M C																		
CCA02	1.5	M C		X					X		X	X	X							
CCA01	0.1	M C									X							X		

**Tabla 1.** Continua (1).

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Valloisiscus</i> sp	<i>Xanthopyxis</i> cf. <i>polaris</i>	<i>Xanthopyxis</i> spp	<i>Actinocyclus actinochilus</i> (>80 µ)	<i>Actinocyclus actinochilus</i> (<80 µ)	<i>Actinocyclus curvatus</i>	<i>Actinocyclus elongatus</i>	<i>Actinocyclus erhenbergii</i> var. <i>asteriscus</i>	<i>Actinocyclus octonarius</i>	<i>Actinocyclus octonarius</i> var. <i>tenellus</i>	<i>Actinocyclus</i> sp.1	<i>Actinocyclus</i> spp.	<i>Actinopychus</i> cf. <i>senarius</i>	<i>Actinopychus</i> cf. <i>splendes</i>	<i>Actinopychus</i> sp. (tetra)	<i>Azpetitia nodulifera</i>	<i>Azpetitia</i> sp.1	<i>Azpetitia</i> sp. (A. aff. <i>africana</i> )	<i>Azpetitia</i> sp. (A. aff. <i>vetustissima</i> var.)	<i>Azpetitia</i> spp.	<i>Azpetitia</i> cf. <i>vetustissima</i>	<i>Bacteriastrum</i> sp.	<i>Cestodiscus pulchellus</i>
CCN49	71.2																							
CCN48	68.7			C				X	X				X					X	X					
CCN47	67.2	X		C				F	X				X				X	R	F			X		
CCN46	65.7			F				X	X	X			X									X		
CCN45	64.2			F				X		X			X					X	R	R		X		
CCN44	62.7	X		F				R	X	X			X	X		X		R				R		
CCM43	61.2	X		A	X			R	X	X			X					R	R			X		
CCM42	59.5	X		F		X		X	X	X			X			X		F	C			X		
CCM41	57.7	X		F				X	F				X			X		C	F					
CCM40	56.5	X	X	F		X		X	X				R	X								R		
CCL39	55.9	X		F		X		X	X	X			X									X	X	
CCL38	54.4	X		F				R	R	X			F			X	X		R			R		
CCL37	52.9	X		C				X	R	R			F	X								X		
CCK36	50.4			C	X			X	X				F			X						X		
CCK35	48.9	X		C				R					R									X		
CCJ34	41.9	X		A				R					R						X			X		X
CCB3	40.2	X	X	C				X					X											
CCB2	39.7	X		F				R					F								X			
CCB1	38.2	X		F				C	X				X											
CCH30	36.5	X		C	X			X					X		X				X			X		
CCH29	35	X		C	R			R					R									X		
CCH28	33.5	X	X	C	X			X	X				X						R			X		
CCG27	32.5	X		F				X	X				X											
CCG26	31	X	X	C		X		X	X				X											
CCG25	29.5																							
CCF24	29	X		R		R		F	R				X								X			
CCF23	27.9																							
CCF22	27.5	X		F		X		X	X				X									X		
CCF21	26	X		F		R		X	X				X											
CCF20	24.5	X		F	X			X	X			X	X											
CCE19	24	X		C	X			X	X				R								X			
CCE18	22.8	X		C	X			R	X				F	X	X						X	X		
CCE17	21	R	X	C	X			F	X				F	X										
CCE16	19.5	X		R	X			X	X				R			X								
CCD15	18.5	X		R			X	C	X				X	X							X			
CCD14	14.8	X		C				X	X				X	X							X			
CCD13	14.5																							
CCD12	14.3	X		C				F	X				F	X										
CCD11	12.5	X		C				F					X	X	X							X		
CCC10	12	X		C				C	R				X	R	X	X					X			
CCC09	10.5	X	X	C				F	R				X	X	X	X	X				X			X
CCC08	9	X		C				F	R				X	X	X	X					X			
CCC07	7.5		X	C				F	X				X											
CCB06	7	X		R				F	X				X	X	X									
CCB05	5.5	X	X	R			X	F	R				X	R		X						X		
CCB04	4	X		C				F	F				F	X							X	X		
CCB03	2.5			R				X	X				X			X								
CCA02	1.5	X	X	R			X	X	X				R	X		X						X		
CCA01	0.1	X		C				C					F	X										

Tabla 1. Continua (2)

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Cocconeis scutellum</i>	<i>Cocconeis</i> sp.	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> var. <i>hybrida</i>	<i>Coscinodiscus obscurus</i>	<i>Coscinodiscus ocellus-iridis</i>	<i>Coscinodiscus perforatus</i>	<i>Coscinodiscus</i> spp.	<i>Craspedodiscus</i> sp.	<i>Delphineis angustata</i>	<i>Delphineis ischaboensis</i> var. <i>linguiformis</i>	<i>Delphineis ischaboensis</i> var. <i>lippa</i>	<i>Delphineis</i> cf. <i>kippae</i>	<i>Delphineis margaritalimbata</i>	<i>Delphineis simonseni</i>	<i>Delphineis</i> spp.	<i>Delphineis urbiniae</i>	<i>Delphineis wetzeli</i>	<i>Denticulopsis</i> sp.	<i>Diploneis bombus</i>	<i>Fragilariopsis</i> aff. <i>cilindrica</i>	<i>Fragilariopsis</i> aff. <i>curta</i>	<i>Fragilariopsis miocenica</i>	<i>Fragilariopsis pitocena</i>
CCN49	71.2																								
CCN48	68.7			X		X	X				X	A	X				X								
CCN47	67.2			X		X	X	X	X				X	X	X		X								
CCN46	65.7								X				X	C					X						
CCN45	64.2								X				X	C	X										
CCN44	62.7			X					X		F	C	X	F		R									
CCM43	61.2			X	X	X	X	X	X		C	A	R												
CCM42	59.5			X					X			R	X												
CCM41	57.7			X					X					C		X				X					
CCM40	56.5			X					X					F		X			X	X					
CCL39	55.9					X						R	X	X	X								X		
CCL38	54.4			X					X			F	X	X	X										
CCL37	52.9			X					X		X	F	X	F			X								
CCK36	50.4			X							X	X		F				X							
CCK35	48.9			X					X		X	X		F		X							X		
CCJ34	41.9			X							F	A	F					X							
CCB33	40.2										X	X	X			X									
CCB32	39.7			X							X	X													
CCB31	38.2			X					X		R		X			X									
CCH30	36.5			X					X		X			X					C			X			
CCH29	35								X		R	X	X						F						
CCH28	33.5			X		X					F	X			R				X			X		X	
CCG27	32.5																					X			
CCG26	31			X					X							X			X						
CCG25	29.5																								
CCF24	29								X			X				F			X			X			
CCF23	27.9																								
CCF22	27.5			X								X	X			X				R			X		
CCF21	26			X					X		X							X							
CCF20	24.5										R	X	X			X		X						X	
CCE19	24			X					X		X	F	X									X			
CCE18	22.8			X					X		X	X										R			
CCE17	21		X	X					X		X	X	X					R		X		X		X	
CCE16	19.5	X		X		X							X		X		X					R		X	X
CCD15	18.5			X					F				X	X	X	X	F		X						
CCD14	14.8			X					X		X	X	X			F			X			X			
CCD13	14.5																								
CCD12	14.3			X							X	X	X			X			F			X			R
CCD11	12.5										X	C	X			X	R					R			X
CCC10	12			X							X	X	X	X		R		X				X			X
CCC09	10.5			X			X				X	X	X			F		X				X			X
CCC08	9			X		X	X				X		X			R						X	X		
CCC07	7.5			X												F						X			R
CCB06	7															X					X	X	X		
CCB05	5.5								F		X		X	X					X	X	X	X	X		
CCB04	4			X		X	X	X	F	X	X	X	R			F			X	X		X			
CCB03	2.5			X		X	X	X			X		R			X			X			X			
CCA02	1.5		X	X					X				X			X									X
CCA01	0.1		X	X					F		X	X	X		X				X						X

Tabla 1. Continúa (3)

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Fragilariopsis ptiocena</i> var <i>horribilis</i>	<i>Fragilariopsis ptiocena</i> var <i>peruviana</i>	<i>Fragilariopsis ptiocena</i> var <i>varitobata</i>	<i>Fragilariopsis reinholdii</i>	<i>Fragilariopsis</i> spp	<i>Grammatophora angulosa</i>	<i>Grammatophora arcuata</i>	<i>Grammatophora marina</i>	<i>Grammatophora</i> sp	<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	<i>Koizumia adori</i>	<i>Koizumia tatsunokuchiensis</i>	<i>Mediaria splendida</i>	<i>Neodelphinis pelagica</i>	<i>Neodelphinis</i> sp	<i>Neodenticula</i> sp.	<i>Neodetonia dobrinae</i>	<i>Nitzschia jouseae</i>	<i>Nitzschia porteri</i>	<i>Nitzschia</i> sp1	<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Odontella aurita</i>
CCN49	71.2																						
CCN48	68.7				X					X													
CCN47	67.2				X														X				X
CCN46	65.7				R																		
CCN45	64.2				X																		
CCN44	62.7				X																		
CCM43	61.2		X		R																		
CCM42	59.5	X			F																		
CCM41	57.7									X			X										
CCM40	56.5				X																		X
CCL39	55.9				F	X										X							
CCL38	54.4		X		X							X											
CCL37	52.9				F	X										X							X
CCK36	50.4				X																		
CCK35	48.9				X	X																	
CCJ34	41.9		X		R											F							
CCB33	40.2																						
CCB2	39.7																					X	
CCB1	38.2				X																		
CCH30	36.5				F	X				X						X							
CCH29	35				X											X							
CCH28	33.5	X	X		F		X		X			X											R
CCG27	32.5				X	X										X							
CCG26	31				X		X						X			X							
CCG25	29.5																						
CCF24	29				R		X		X			X											
CCF23	27.9																						
CCF22	27.5				X					X			X										
CCF21	26	X			X					X			X										
CCF20	24.5				R	R				X			R										
CCE19	24							1	X	X		X	X	X	X	X	X						
CCE18	22.8				R	R				X				X	X	X	X				X	X	
CCE17	21		X			R				X					X	X							
CCE16	19.5					F				X				F	X								
CCD15	18.5						X			X	X	X		R	R								
CCD14	14.8					R					X			X	X		X						
CCD13	14.5																						
CCD12	14.3					X	X			X				R	R	X			X		X	X	
CCD11	12.5		R							X				R	F						X	X	
CCCI0	12													R	F		X						X
CCC09	10.5	X				X				X				X	X		X						X
CCC08	9	X				X					X			F	F								X
CCC07	7.5			X		X				X				X	X							X	
CCB06	7	X	X	R		X	X			X				R	X		X						
CCB05	5.5	R	R	R				1						R	X								X
CCB04	4		X							X		X		X	X								X
CCB03	2.5		X			X								X	X								X
CCA02	1.5														X								X
CCA01	0.1									X						R							

Tabla 1. Continúa (4)

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Paratia sulcata</i>	<i>Proboscia</i> sp	<i>Psammoidiscus nitidus</i>	<i>Pseudauliscus</i> sp	<i>Pseudodimerogramma elegans</i>	<i>Pseudotriceratium</i> sp	<i>Rhaphoneis</i> cf. <i>fossile</i>	<i>Rhaphoneis</i> sp.	<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>acuminata</i>	<i>Rhizosolenia</i> sp	<i>Rhizosolenia simplex</i>	<i>Rhizosolenia styliformis</i> .	<i>Rouxia</i> sp	<i>Shionodiscus</i> cf. <i>bipora</i>	<i>Shionodiscus praecoestrupii</i>	<i>Shionodiscus</i> sp1	<i>Shionodiscus oestrupii</i> s.l.	<i>Shionodiscus</i> spp	<i>Shionodiscus tetraoestrupii</i>	<i>Stellaria</i> <i>stellaris</i>	<i>Stephanopyxis furcata</i>	<i>Stephanopyxis megastoma</i>	<i>Stephanopyxis</i> sp	<i>Stephanopyxis superba</i>
CCN49	71.2																								
CCN48	68.7			X											X		X		X	X	X				
CCN47	67.2			X													X		X	X			X		X
CCN46	65.7										X	X			X				X		X				
CCN45	64.2																								
CCN44	62.7															X	X		X	X					
CCM43	61.2			X						X						X	X		X	X	X			X	X
CCM42	59.5									X	X								X					X	
CCM41	57.7											X			X	X			X	X			X	X	X
CCM40	56.5	X								X	X				X	X		X	X	X			X		X
CCL39	55.9														X	X	F		X		X				
CCL38	54.4	X									X								X					X	
CCL37	52.9	X														X			X					X	
CCK36	50.4	X	X							X	X								X				X	X	X
CCK35	48.9	X								X	X								X				X	X	X
CCJ34	41.9	X				X									F?	X	C		F	X?			X	X	X
CCB3	40.2	X																	X						
CCB2	39.7	X																	X						
CCB1	38.2	X		X															X		X		X		X
CCH30	36.5			X							X		X						X						X
CCH29	35															X			X						
CCH28	33.5	X				X				X		X				X			X		X		X	X	X
CCG27	32.5	X				X				X	F	R							X		X				
CCG26	31			X																				X	
CCG25	29.5																								
CCF24	29	X		X							X								X					X	
CCF23	27.9																								
CCF22	27.5	X	X							X	X	X												X	
CCF21	26	X				X																			
CCF20	24.5	X				X					X		X											X	
CCE19	24									X	X														
CCE18	22.8	X			X					X		X										X	X	X	X
CCE17	21	X													X?								X	X	X
CCE16	19.5	X	X				X			X					X?				X		X		X	X	X
CCD15	18.5	X		X						X	X								X		X			X	X
CCD14	14.8									X			X											X	
CCD13	14.5																								
CCD12	14.3	X				X		X					X	X										X	X
CCD11	12.5	X								X		X									X			X	
CCC10	12	X																							
CCC09	10.5	X					X									X									
CCC08	9	R	X	X	X			X		X		X							X		X		X	X	X
CCC07	7.5	X								X	X	X													
CCB06	7	X								X	X	X													
CCB05	5.5	R		X						X									X		X			X	
CCB04	4	X		X											X	X			X		X		X		
CCB03	2.5	X		X												X			X		X				
CCA02	1.5	X										X			X				X		X			X	
CCA01	0.1	X																	X		X			X	

Tabla 1. Continúa (5)

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Stephanopyxis turris</i>	<i>Sitodiscus</i> sp	<i>Tabularia tabulata</i>	<i>Thalassionema cf. lanceolata</i>	<i>Thalassionema nitzschoides</i>	<i>Thalassionema nitzschoides var. parva</i>	<i>Thalassiosira antiqua</i>	<i>Thalassiosira californica</i>	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	<i>Thalassiosira cf. eccentrica</i>	<i>Thalassiosira ferrelinaea</i>	<i>Thalassiosira flexuosa</i>	<i>Thalassiosira grunowii</i>	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Thalassiothrix monospina</i>	<i>Thalassiothrix</i> sp	<i>Trachyneis</i> sp	Dinoflagelados	Ebridios	Espículas de esponjas	Radiolarios	Silicoflagelados
CCN49	71.2																							
CCN48	68.7				F					X					X									
CCN47	67.2		X		R		X	X		X	X	X				X								X
CCN46	65.7				F	X									X									
CCN45	64.2				F							X			X									
CCN44	62.7				R	X				F	X	X				X	X							
CCM43	61.2	X	X		C	X		X							X		X							
CCM42	59.5	X			X	X						X	X								X	X		X
CCM41	57.7				F					X	X	F									X	X		X
CCM40	56.5				R	X					X	X					X	X			X			X
CCL39	55.9				X	R		X		X	X													
CCL38	54.4	R			X	R		R				X									X	X		
CCL37	52.9	X			X	X		R				X	X											X
CCK36	50.4	X			C			R					X		X									
CCK35	48.9	X			F			X					F											
CCJ34	41.9	X	X		X	C	R	X		X	X					X								
CCB3	40.2				C	R					X							X						
CCB2	39.7				F	R				X		X			X									
CCB1	38.2				F					X		X								X		X		X
CCH30	36.5		X		A	X				X														
CCH29	35				X	A	X			R	X				X							X		X
CCH28	33.5		X		X	F	X	X	X	X	X						X				X	X		X
CCG27	32.5		X		C	X				X	X											X		X
CCG26	31				C	X									X							X		X
CCG25	29.5																							
CCF24	29				C	X					X	X	X								X	X		X
CCF23	27.9																							
CCF22	27.5	X			X	X				X	X							X			X	X	X	X
CCF21	26	X	X		F	X				X		X			X						X	X	X	X
CCF20	24.5		X		X	F	R			X		X			X						X	X	X	X
CCE19	24	X	X		X	X						X				X	X				X	X	X	X
CCE18	22.8	X	X		C	R	X	X		F	X	X									X	X	X	X
CCE17	21	X	X		C	R	X			F		X			X						X	X	X	X
CCE16	19.5		X		X	C	X		X	R	R	R			X		X				X	X	X	X
CCD15	18.5	X			X	C	X			R	X	X			R	X					X	X		X
CCD14	14.8	X	X			C	R			X	X							X			X			X
CCD13	14.5																							
CCD12	14.3	X				F	R			X	X				X	X		X			X	X	X	X
CCD11	12.5	X			X	C	X			X	X				X	X		X						
CCC10	12				X	F	X			R		X			X	R								
CCC09	10.5	X			X	C	R			X	X	X			X	X					X	X	X	X
CCC08	9	X			X	C	X	X		F	X	R			X	X					X		X	X
CCC07	7.5	R			X	A	X			X					X	X			X		X	X	X	X
CCB06	7	X			X	F	R			X					X						X	X	X	X
CCB05	5.5	X			X	C	X			X						R	X	R			X	X	X	X
CCB04	4	X		X	X	C	R	X	X	X	X			X	R	X					X	X	X	X
CCB03	2.5				X	C	X	X		X		X	X								X	X		X
CCA02	1.5	X			X	C	X	X		X	X	X									X		X	X
CCA01	0.1	X	X		X	A	X			X		R			X							X		

### 7.2.2. Análisis cuantitativo

Se analizaron 44 láminas correspondientes a las muestras tratadas con oxido-reducción de la materia orgánica (Schrader & Gersonde, 1978), con la finalidad de determinación de la concentración de diatomeas (expresado en  $10^6$  valvas / g sed seco, T-2), y abundancia relativa (T-3) del análisis cuantitativo expresado en porcentaje (%).

El análisis cuantitativo registra un total de 126 especies, Las concentraciones totales de diatomeas oscilan entre 3.19 y 96.72 ( $10^6$  valvas / g. sed. seco), las especies que destacan son *Thalassionema nitzschioides* con una concentración máximas de  $66.69 \times 10^6$  valvas / g sed. seco, la cual representó el 79.01% del total de diatomeas en CCH30 – 36.5 m y concentraciones mínimas de  $0.41 \times 10^6$  valvas / g sed. seco, representando el 2.83% en del total de diatomeas en CCL37 – 52.9 m. Así también *Xanthiopyxis* spp. (*Chaetoceros* sp R. S.) cuya concentración máxima de  $42.82 \times 10^6$  valvas / g sed. seco representó el 44.27% del total de diatomeas en CCJ34 – 41.9 m y concentraciones mínimas de  $0.69 \times 10^6$  valvas / g sed. seco, representando el 9.36% en del total de diatomeas en CCB06 – 7 m.

Se presenta la distribución bioestratigráfica de las especies de diatomeas de la sección Cerro Caucato, determinada a través de la abundancia relativa expresada en porcentaje (%), T-3), respecto a la concentración de diatomeas (T-2). La Figura 8, muestra la distribución de las diatomeas con mayor abundancia relativa, como *Thalassionema nitzschioides* desde la base (CCA-0.1 m), hasta CCJ34 – 41.9 m, representando del 21.91% a 84.44%, luego disminuye considerablemente su abundancia relativa hacia el tope de la sección con rangos del 1.4% a 28.53%. Por otro lado *Xanthiopyxis* spp (*Chaetoceros* sp. R.S.) presenta abundancias relativas entre 5.01% y 54.47% de 0.1 m a 41.9 m y de 7.28% a 54.47% de 48.9% desde los 48.9 m hacia el tope de la sección. De la misma manera en menor porcentaje tenemos especies frecuentes a lo largo de la sección

como *Actinocyclus octonarios*, con abundancias relativas entre 0.04% a 11.09%, *Actinocyclus octonarios* var. *tenellus*, con abundancias relativas entre 0.04% a 4.79% y *Actinoptychus* cf. *senarius* con abundancias relativas entre 0.09% a 34.00%. Entre otras especies que muestras abundancias relativas importantes tenemos a especies de *Shionodiscus* spp (incluida *Shionodiscus oestrupii* s.l., 9.87%), *Delphineis angustata* (5.27%) y *Delphineis ischaboensis* var. *lippa* (2.46%) en CCJ34 – 41.9 m, *Delphineis ischaboensis* var. *linguiformis* (en CCN48 – 68.7 m 62.67 %), *Fragilariopsis reinholdii* (en CCL39 55.9 m, 37.49%), *Delphineis* cf. *kippae* (en CCM41 57.7 m, 62.05%), las especies de *Azpeitia*: *A. aff. Africana* (8.05%), *A. vetustissima* (1.26%), *Azpeitia* sp. (*A. vetustissima* var., 4.93%), *Azpeitia* sp ( *A. aff. Africana*, 8.05%) y *Azpeitia* spp (indeterminadas) (Fig. 8).

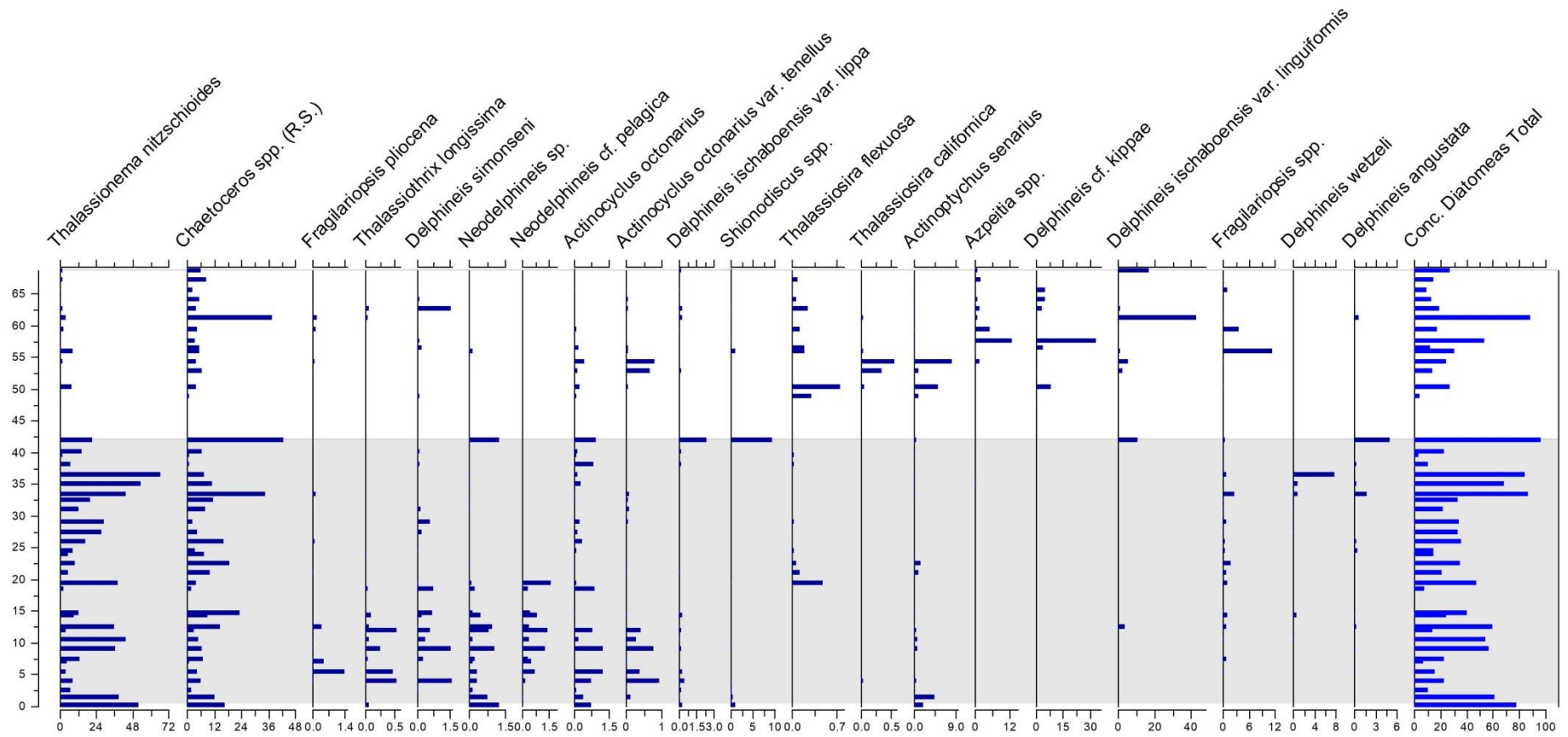
Además se analizaron los datos usando un análisis multivariado de ordenación de las muestras (Edad), basado en el análisis de componentes principales (PCA, Fig. 9), el cual muestra la importancia de especies dominantes como *Thalassionema nitzschioides* y *Chaetoceros* spp. (R.S.), separándose del resto de especies con menor abundancia relativa, sin embargo, se diferencia claramente una distribución respecto a las edades de los niveles de muestra, siendo lo más antiguo en la parte superior del gráfico con edades de entre ~6 Ma a ~8 Ma destacando algunas especies como *Neodelphineis pelágica*, *Neodelphineis* sp., *Thalassiosira eccentrica*, *Fragilariopsis pliocena*, *Thalassiothrix longissima*, entre otras; y edades más reciente en el cuadrante inferior, entre ~5.6 Ma a ~3.21 Ma, donde destacan especies como *Delphineis ischaboensis* var. *linguiformis*, *Fragilariopsis reinholdii*, *Delphineis* cf. *kippae*, *Azpeitia* cf. *vetustissima*, *Azpeitia* aff. *vetustissima* var., *Azpeitia* aff. *africana* (Fig. 9 A y B). La varianza de los ejes fue  $\lambda_1 = 12.22$  y  $\lambda_2 = 2.14$ .

Por otro lado el CONISS (Fig. 10), aplicado sobre los datos de abundancia relativas mayores al 10%. El “cluster” obtenido se incorpora al esquema de distribución estratigráfica con flujos de diatomeas por especie ( $10^6$  valvas/m<sup>2</sup> x Ma). Dos (2) grupos marcados, uno en la parte inferior de la sección con las especies *N. pelagica*, *Neodelphineis* sp., *Th. Eccentrica*, *Th. nitzschioides* var. *parva*, *D. simonseni*, *T. longissima*, *A. octonarius* var. *tenellus*, *D. ischaboensis* var. *lippa*, *F. pliocena* var. *varilobata* y *D. wetzeli*; y otro en la parte superior de la sección con las especies *D. angustata*, *Sh. oestrupii* s.l., *A. cf. vetustissima*, *A. aff. vetustissima* var., *D. cf. kippae*, *F. reinholdii* y *D. ischaboensis* var. *linguiformis*.

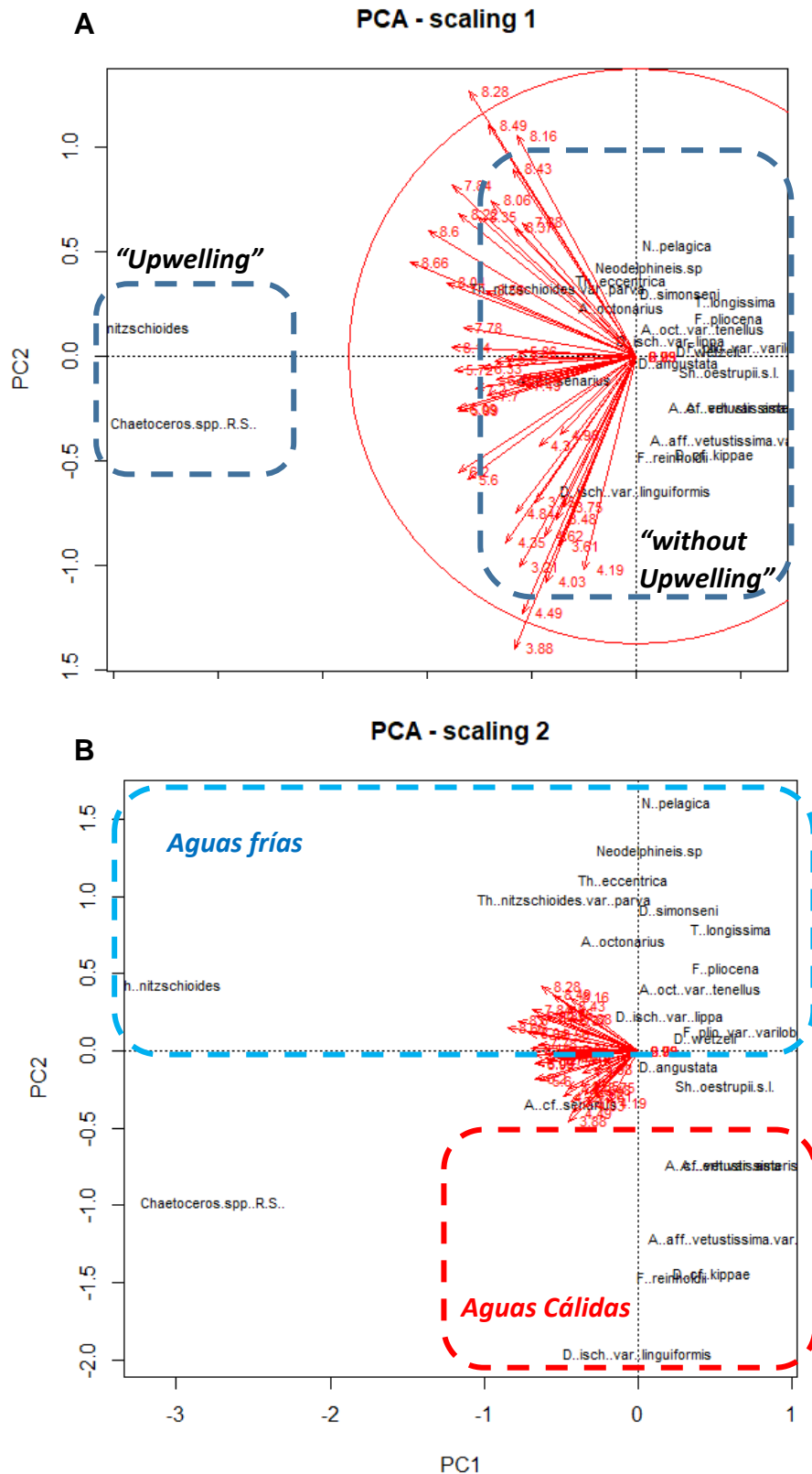
Excluyendo a *Thalassionema nitzschioides* y las esporas de resistencia de *Chaetoceros* sp, en la Figura 6 y Tabla T-5 se presenta la distribución bioestratigráfica de las diatomeas de la Sección Cerro Caucato; diferenciándose 4 Zonas (Fig. 12 y Fig. 13) desde la Base (CCA – 0.1 m) al tope (CCN48 – 68.7 m) de la sección con la siguiente composición de especies Zona 1 (0.1 m - 22.8 m), compuesta por las variedades de *Fragilariopsis pliocena* (Mertz) (0.7% a 35.5%), *Neodelphineis pelagica* (0.66% a 33.8%), *Neodelphineis* spp (0.32% a 14.6%), *Delphineis simonseni* (0.64% a 24.72%), *Thalassiothrix longissima* (0.73% a 7.59%) y especies de amplio rango como *Thalassiosira eccentrica* y *Fragilariopsis* sp. (*Fragilariopsis* aff. *cylindrica*)

Zona 2 (22.8 – 41.9), las especies que destacan en esta zona son *Delphineis angustata* (0.61% - 19.11%) y *Delphineis wetzeli* (6.17% - 80.26%) *Delphineis ischaboensis* var. *lippa* (0.82% - 15.63%); *Fragilariopsis reinholdii* (2.46% a 27.46%) y *Thalassiosira eccentrica* (1.62% - 20.83%).

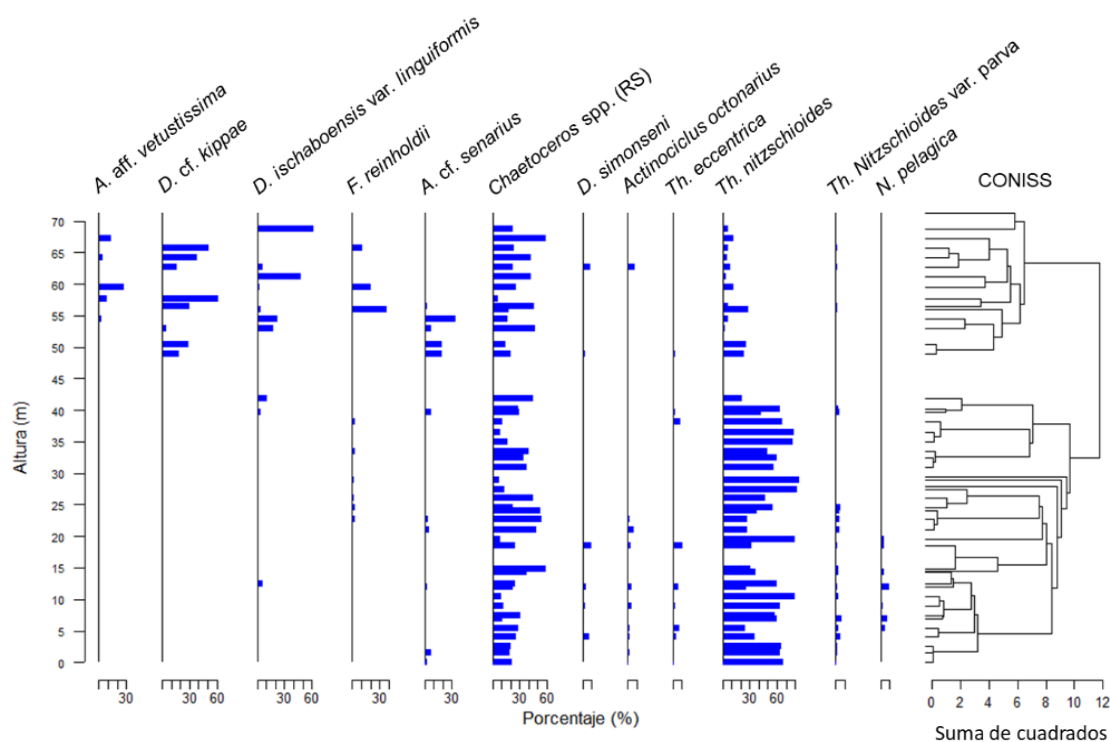
:



**Figura 8.** Distribución bioestratigráfica total de las diatomeas seleccionadas de la Sección Cerro Caucato. Abundancia Relativa en porcentaje (%) El sombreado denota la asociación basal dominada por *T. nitzschioides* & *Chaetoceros r.s.* Note diferente escalas.



**Figura 9.** Análisis de componentes principales (PCA), utilizando todos los datos de la matriz de especies de diatomeas. A = Escalamiento enfocado en datos de especies ( $\ln x+1$ ). B = Escalamiento enfocado en datos de niveles estratigráficos en edad (Ma).  $\lambda_1 = 12.22$ ;  $\lambda_2 = 2.14$ .

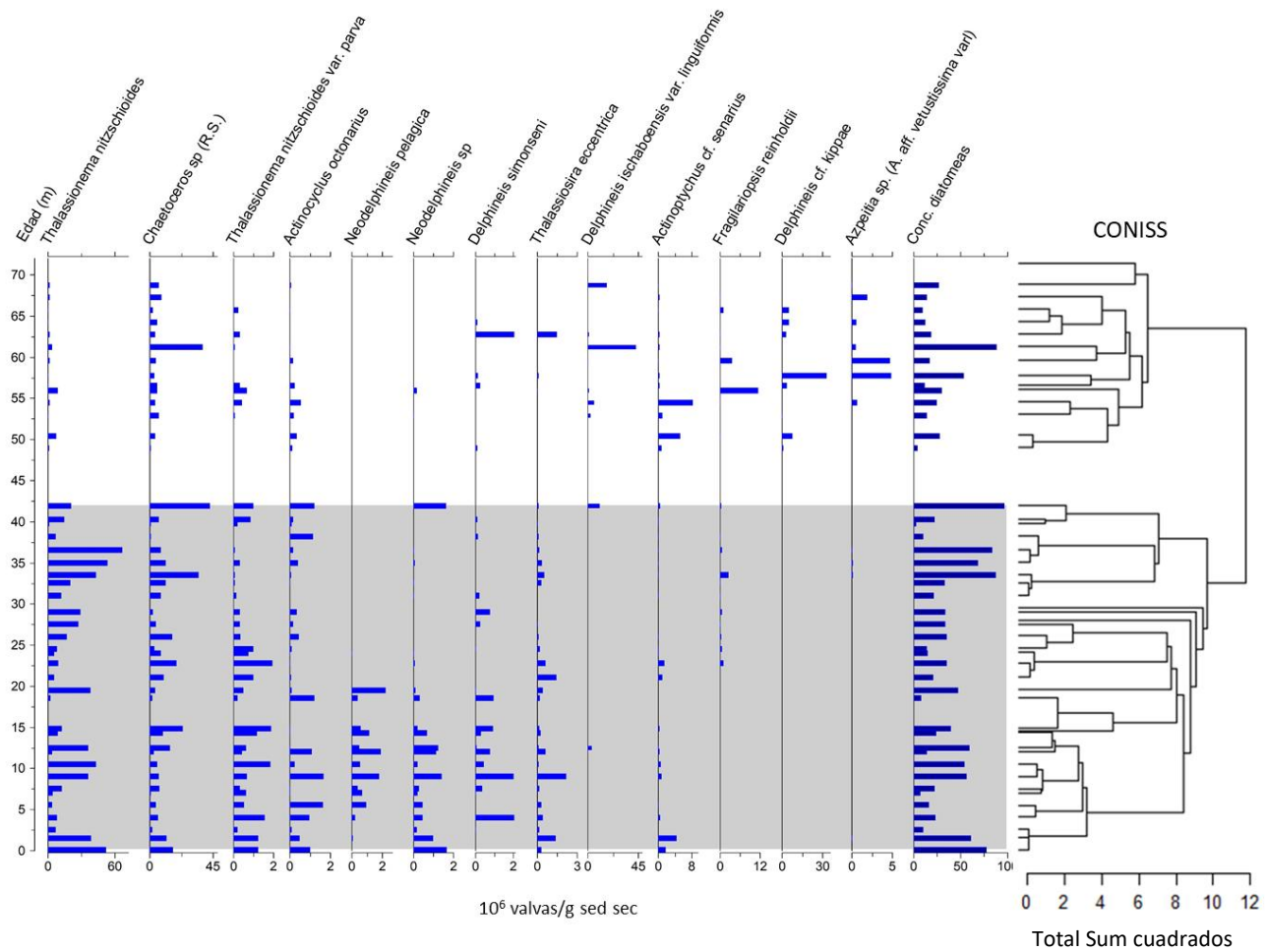


**Figura 10.** Agrupamiento (CONISS), de las diatomeas de la Sección Cerro Caucato mayores al 10% de abundancia relativa.

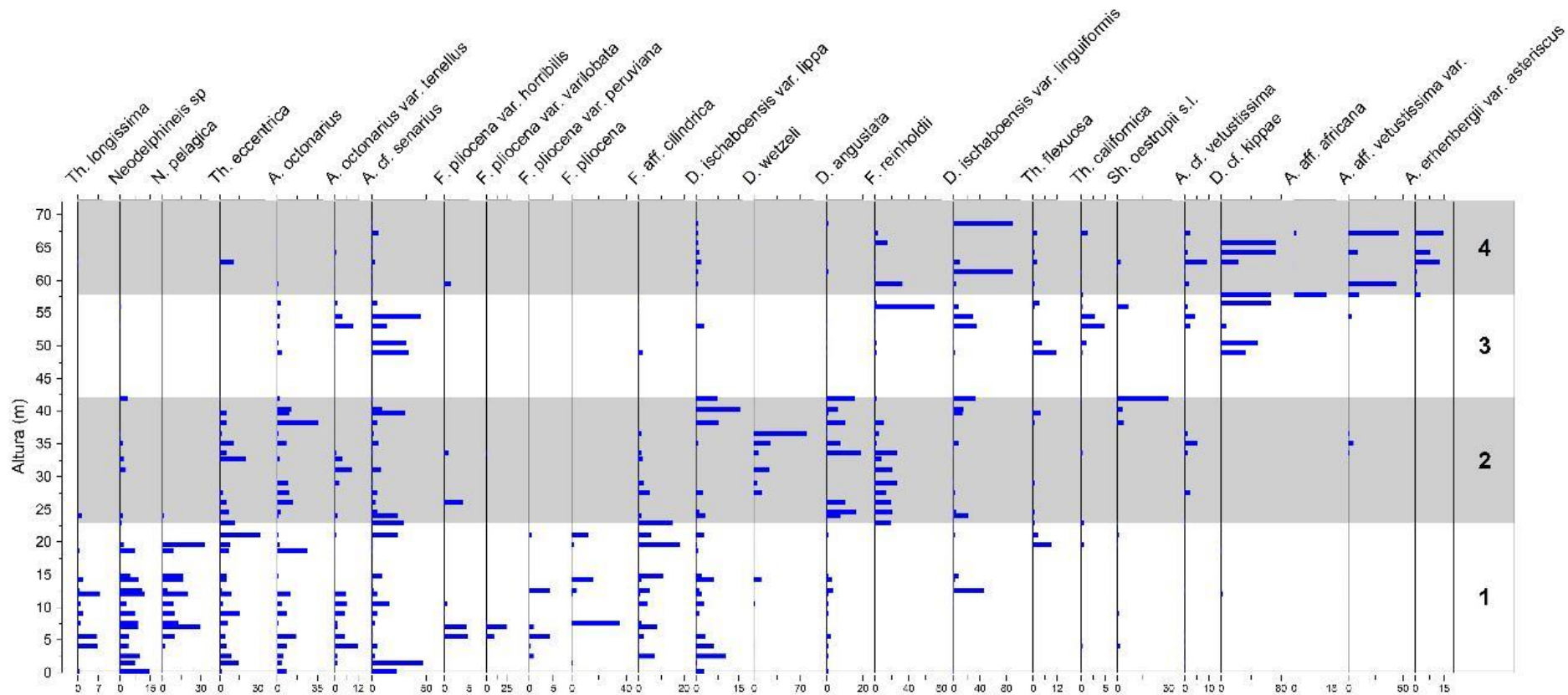
Zona 3 (41.9 – 57.7), compuesta desde la máxima abundancia relativa de las especies de *Shionodiscus* (donde *Shionodiscus oestrupii s.l.* representa el 30.09%), y otras especies como *Delphineis ischaboensis var. linguiformis* (1.15% - 35.53%), *Delphineis cf. kippae* (0.60% - 67.63%), *Actinoptychus cf. senarius* (0.40% - 44.98%), *Thalassiosira californica* (0.10% - 4.82%) y *Thalassiosira flexuosa* (1.19% - 11.95%)

Zona 4 (57.7 – 68.7), en esta zona destacan las especies de *Azpeitia* sp: *A. nodulifera*, *A. vetustissima*, *Azpeitia* sp. (*A. aff. Africana*, 0.20% a 16.33%), *Azpeitia* sp. (*A. aff. vetustissima* var., 0.63% a 46.62%), *Actinocyclus ehrenbergii var. asteriscus* (0.89% - 15.04%), y especies de amplio rango como *Delphineis ischaboensis var. linguiformis* (4.35% - 90.64%), *Delphineis cf. kippae* (0.75% - 74.11%) y *Fragilariopsis reinholdii* (0.45% - 34.20%).

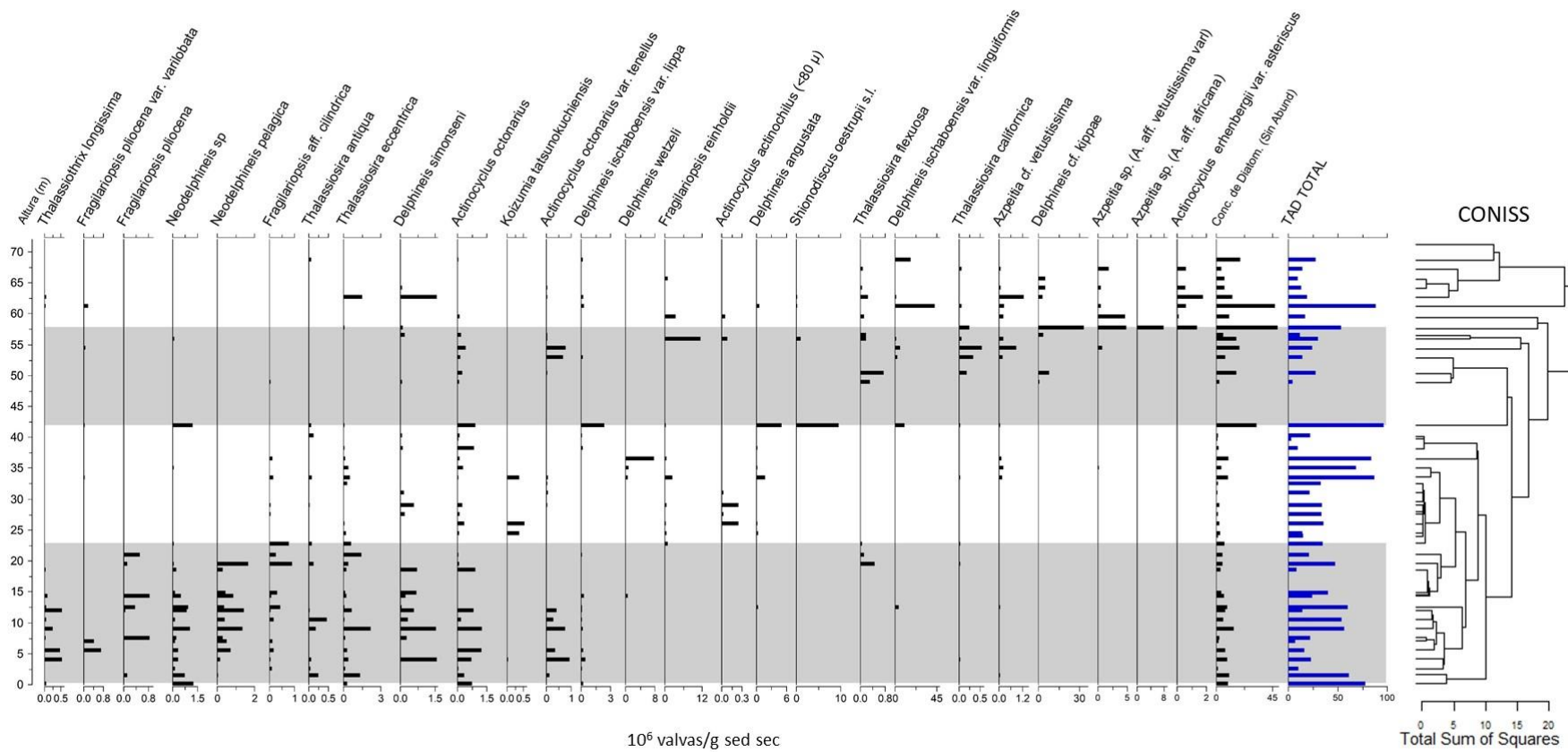
El análisis de PCA (Fig. 14), excluyendo de los datos a *T. nitzschioides* y *Chaetoceros* spp. (R,S.), no es claro, la varianza de los ejes fue  $\lambda_1 = 1.16$  y  $\lambda_2 = 0.74$ ; por otro CONISS agrupa a las asociaciones de diatomeas de manera similar a las especies escogidas y señaladas en las zonas antes descritas.



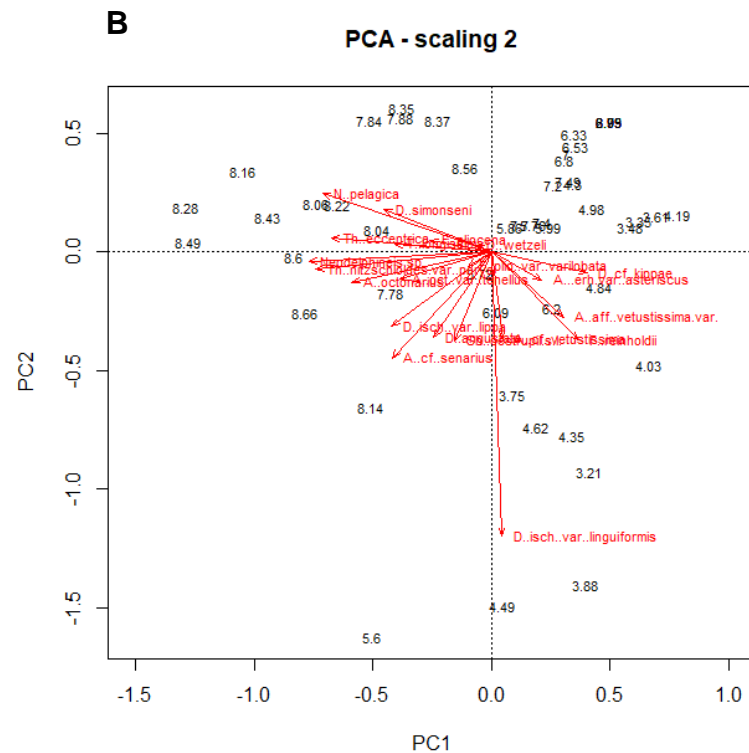
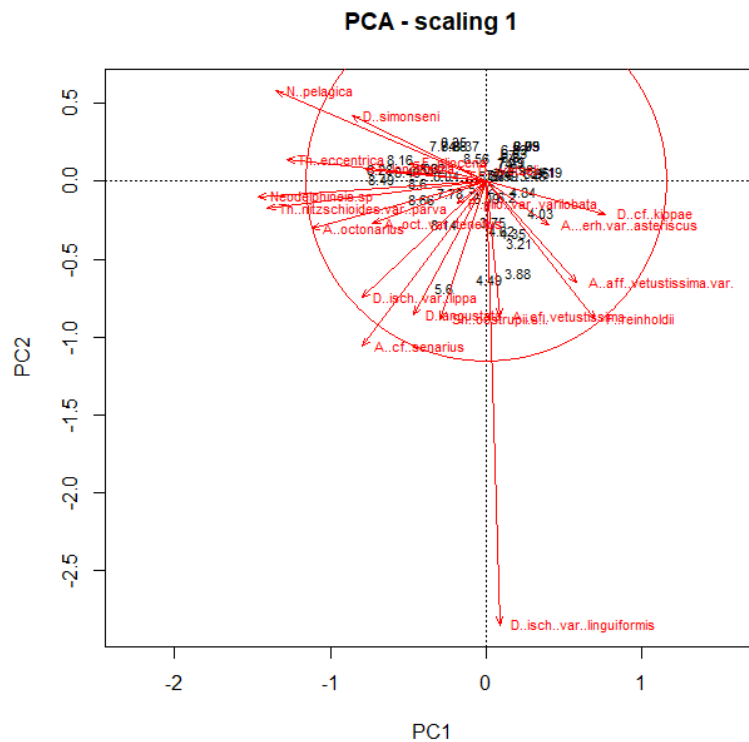
**Figura 11.** Distribución estratigráfica de diatomeas seleccionadas >10% en la Sección Cerro Caucato para el análisis CONISS. Abundancia de diatomeas en concentración ( $10^6$  valvas /g sed sec).



**Figura 12.** Distribución estratigráfica de diatomeas seleccionadas de la Sección Cerro Caucato sin *Chaetoceros* spp ni *T. nitzschioides*. Abundancia relativa en porcentaje (%). Note diferente escalas.



**Figura 13.** Distribución estratigráfica de diatomeas seleccionadas >10% sin *Chaetoceros* spp ni *T. nitzschioides*, en la Sección Cerro Caucato para el análisis CONISS. Abundancia de diatomeas en concentración ( $10^6$  valvas /g sed sec). Note diferente escalas.



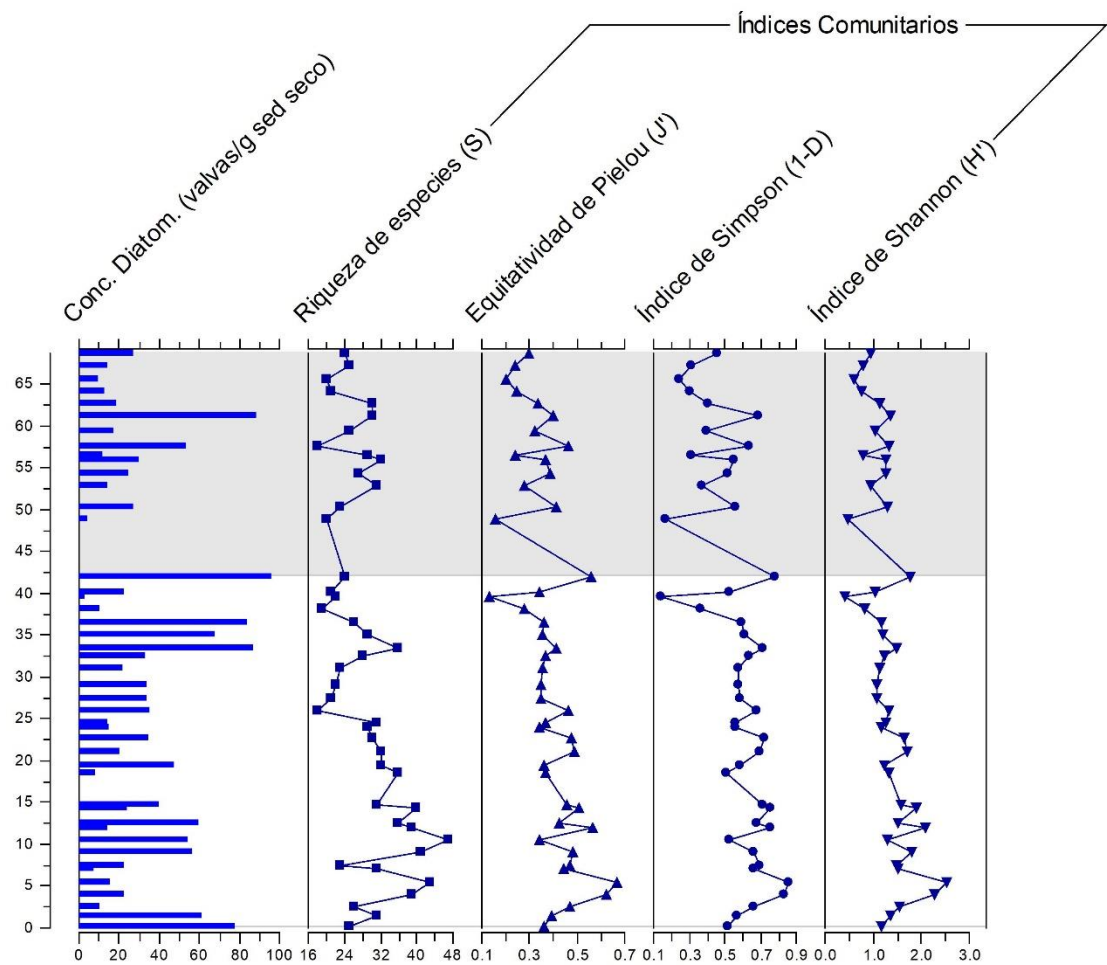
**Figura 14.** Análisis de componentes principales (PCA), de los datos excluyendo *T. nitzschioides* y *Chaetoceros* spp. (R.S.). A = Escalamiento enfocado en datos de especies ( $\ln x+1$ ). B = Escalamiento enfocado en datos de niveles estratigráficos en edad (Ma).  $\lambda_1 = 1.16$ ;  $\lambda_2 = 0.74$

### 7.3. Índices comunitarios de las diatomeas en la Sección Cerro

#### Caucato

Los índices comunitarios de las diatomeas de la Sección Cerro Caucato, considerados para este trabajo fueron riqueza de especie (S), índice de diversidad de Shannon-Winner (H'), índice de equitatividad de Pieleu (J) y el índice de dominancia de Simpsom (1-D) (Fig. 15; T-6). Obteniendo los siguientes resultados:

El número de especies por muestras varía entre 53 y 17 especies, registrándose la mayor riqueza en CCE18 – 22.8 m, mientras que menor riqueza de especies (S) se registró en CCI32 – 39.7. En cuanto a la diversidad (H') el mayor valor se registró en CCB05 – 5.5 m (2.6230 bits/ind.), y la menor diversidad (H') registrada fue de 0.6484 bits/ind en CCF24 - 29 m. así mismo presentó la menor equitatividad (J = 0.2098) y menor dominancia de especies (1-D = 0.2501 probits/ind). Mientras que los valores máximos de equitatividad y dominancia se presentaron en CCN44 – 62.7 m (J = 0.7650 y 1-D = 08954). Las especies dominantes en la mayoría de las muestras son *Thalassionema nitzschioides* y *Xanthiopyxis* spp. (*Chaetoceros* R.S.).



**Figura 15.** Curva de índices comunitarios comparado con la concentración de diatomeas en ( $10^6$  valvas / g. sed. seco) en la Sección Cerro Caucato.

*Objetivo 2. "Elaborar la secuencia bioestratigráfica (biozonas) para la Sección Cerro Caucato de la Formación Pisco, a partir de las especies guías"*

#### **7.4. Determinación de las zonas bioestratigráficas**

La búsqueda e identificación de marcadores bioestratigráficos se realizó a través del análisis de las láminas correspondientes al tamizado de los sedimentos tratados con diferentes tamaños de malla (20, 63, 125 micras) y se complementó con los análisis cualitativos y cuantitativos.

Las zonas bioestratigráficas de la Sección Cerro Caucato fueron determinados utilizando el esquema bioestratigráfico propuesto por Barron (1985) para las diatomeas del Cenozoico tardío en baja latitud (Pacífico ecuatorial) aplicado a las ocurrencias de las especies de Diatomeas de la Sección Cerro Caucato y las edades de la primera y última ocurrencia (FO y LO, Barron 2003), apoyados en los cambios discretos en la litología para asumir los límites entre zonas. Asimismo, se proponen cuatro (04) Biozonas locales para la Formación Pisco, área Norte.

Las zonas biostratigráficas que se ha reconocido en el Cerro Caucato, según el esquema bioestratigráfico de Barron (1985; T-9) son:

##### **A) Zona de *Nitzschia porteri* (Burckle, 1972)**

Categoría: Zona de intervalo

Edad: Mioceno tardío

Definida por el intervalo que contiene *Nitzschia porteri* Frengueli, entre la última ocurrencia (LO) de *Coscinodiscus yabei* y la primera ocurrencia (FO) de *Fragilariopsis miocenica*. Los resultados de alta resolución sugieren que esta zona se extiende desde la base de la sección (0.1 m), hasta los 24.5 m.

(FO *Fragilariopsis miocenica*), Así mismo la última ocurrencia (LO) de *Thalassiosira grunowii* (4 m y ~7.9 Ma) y la primera ocurrencia (FO) de *F reinholdii* (7.5 m y 7.7 Ma) se encuentran cerca al límite de las subzonas “a” y “b” propuestas por Barron, 2003, a través de primera ocurrencia (FO) de *Thalassiosira burckliana* (~8 Ma, Burckle, 1978). Otra diatomeas características en esta zona son *Koizumia tatsunokuchiensis* (Yanagisawa, 1994) y *Thalassioria antiqua* (Barron, 2003), asociada a esta zona debido a su rango bioestratigráfico.

**B) Zona de *Nitzschia miocenica* (= *Fragilariopsis miocenica*) (Burckle, 1972)**

Categoría: Zona de rango parcial

Edad: Mioceno tardío

Definida por el intervalo de la primera ocurrencia (FO) de *Fragilariopsis miocenica* y la primera ocurrencia (FO) de *Thalassiosira convexa* var. *aspinosa*. Los resultados para esta zona sugieren que se extiende desde los 24.5 m (FO *Fragilariopsis miocenica*), sin embargo el tope de la zona no está bien delimitado debido a la ausencia de FO *Thalassiosira convexa* var. *aspinosa*, además la última ocurrencia (FO) de *Fragilariopsis miocenica* que tiene una edad de 6.8 Ma (Barron) ocurre dentro de la Zona de *Thalassiosira convexa* “b”, por tanto apoyado en la Litoestratigrafía se asume el tope de la zona en un nivel discreto de yeso (33.8 m), por encima de la última ocurrencia, según los datos en la Sección Cerro Caucato, de *Fragilariopsis miocenica* a los 33.5 m de altura de la sección compuesta. La presencia de

*Fragilariopsis reinholdii* en esta zona es frecuente debido a su rango estratigráfico (Barron, 2003).

**C) Zona de *Thalassiosira convexa* (Burckle, 1972)**

Categoría: Zona de Rango Parcial

Edad: Mioceno tardío – Plioceno temprano

Definida por el intervalo de la primera ocurrencia (FO) de *Thalassiosira convexa* var. *aspinosa* y la primera ocurrencia (FO) de *Nitzschia jouseae*. Así mismo se divide en tres subzonas (a, b y c; Barron, 1985). Los resultados sugieren que la primera ocurrencia (FO) de *Thalassiosira oestrupii* s.l. a los 41,9 m, marcaría el inicio de la subzona *Thalassiosira convexa* “c” y por tanto las subzonas de *Thalassiosira convexa* “a” y “b” se encontrarían por debajo, de 33.5 m a 41.9 m. Por otro lado, el término de la subzona de *Thalassiosira convexa* “c” se apoya en un cambio litoestratigráfico de las capas, con discretos niveles de arenisca y yeso a los 47.75 y 47.85 m de altura de la sección compuesta.

**D) Zona de *Nitzschia jouseae* (Burckle, 1972)**

Categoría: Zona de rango parcial

Edad: Plioceno temprano

Definida por el intervalo entre la primera ocurrencia (FO) de *Nitzschia jouseae* y la primera ocurrencia (FO) de *Rhizosolenia praebergonii*. Se extiende desde el término de *Thalassiosira convexa* a los 47.85 m, en el nivel de yeso, al cual se le asume la edad de la primera ocurrencia (FO) de *Nitzschia jouseae* de ~5.1 Ma. Así mismo la primera ocurrencia (FO) de

*Azpeitia africana* a los 57.7 m de altura de la sección compuesta, tiene una edad de ~3.8 Ma (Barron, 2003) estaría confirmando que los sedimentos pertenecen a la zona de *Nitzschia jouseae* (5.1 Ma – 3.2 Ma) hasta el tope de la Sub-sección N, debido a que no se encontró la presencia de *Rhizosolenia praebergoni*.

Debido a la baja abundancia o rara ocurrencia de especies de diatomeas marcadoras de edad para la determinación de las edades en la Sección Cerro Caucato, en el presente trabajo se propone un esquema bioestratigráfico local basado en las ocurrencias comunes de la flora de diatomeas (Fig. 16), la cual está correlacionada con el esquema bioestratigráfico de baja latitud para el pacífico ecuatorial (Barron, 1985). Desde lo más antiguo a lo más joven, estas zonas son:

**E) Zona de *Fragilariopsis aff. cylindrica* - *F. pliocena***

*Categoría:* Zona de asociación

*Autor:* Solís, F. (este trabajo)

*Edad:* Mioceno Tardío (Tortoniano)

*Base:* FO *Thalassiosira antiqua*

*Tope:* FO *Fragilariopsis reinholdii*

*Definición:* Esta zona está definida por el intervalo estratigráfico que contiene a la asociación de las especies de *Fragilariopsis aff. cylindrica* y *Fragilariopsis (Nitzschia) pliocena* (sensu Mertz), que se extiende desde la

primera ocurrencia (FO) de *Thalassiosira antiqua* (1.5 m); hasta la primera ocurrencia (FO) de *Fragilariopsis reinholdii* a los 22.8 m (Fig. 9).

*Edad inferida por diatomeas:* la última ocurrencia (LO) de *Thalassiosira grunowii* tiene una edad de ~7.8 Ma y aparece a los 4 m (CCB04), por lo que extrapolando la edad hacia la base de la zona (FO *Th. antiqua*), usando la tasa de sedimentación de 18.44 m/Ma, se tiene que la base de la zona a 1.5 m tiene una edad de una edad de 7.94 Ma; mientras que el tope de esta zona tiene una edad de ~7.7 Ma en la FO de *Fragilariopsis reinholdii*; (Barron, 2003).

*Flora asociada:* Entre las especies comunes de amplio rango presentes en esta zona tenemos a *Thalassiosira antiqua*, *Delphineis angustata*, *Delphineis simonsenii*, *Neodelphineis pelagica*, *Neodelphineis* spp; y en menor frecuencia *Fragilariopsis pliocena* var. *horribilis*, *Fragilariopsis pliocena* var. *varilobata* y *Fragilariopsis pliocena* var. *peruviana* (Tabla 1).

#### **F) Zona de *Fragilariopsis reinholdii***

*Categoría:* Zona de rango parcial

*Autor:* Solís, F. (este trabajo)

*Edad:* Mioceno Tardío (Messiniano)

*Base:* FO *Fragilariopsis reinholdii*

*Tope:* FO *Thalassiosira oestrupii*

*Definición:* Esta zona está definida por el intervalo estratigráfico desde la primera ocurrencia (FO) de *Fragilariopsis reinholdii*, a los 22.8 m de altura, hasta la primera ocurrencia (FO) de *Shionodiscus oestrupii s.l.* a los 41.9 m de altura en la Sección Cerro Caucato.

*Edad inferida por diatomeas:* la primera ocurrencia (FO) de *Fragilariopsis reinholdii* tiene una edad de ~7.7 Ma, mientras que la primera ocurrencia (FO) de *Thalassiosira oestrupii s.l.* tiene una edad de ~5.6 Ma. (Barron, 2003).

*Flora asociada:* Entre las diatomeas comunes en esta zona tenemos especies de amplio rango como *Delphineis ischaboensis* var. *lippa*, *Fragilariopsis reinholdii*, *Koizumia tatsunokushiensis* y *Actinocyclus* sp (aff. *A. actinochilus*), así también la presencia frecuente de *Fragilariopsis miocenica*.

### **G) Zona de *Shionodiscus oestrupii***

*Categoría:* Zona de rango parcial

*Autor:* Solís, F. (este trabajo)

*Edad:* Mioceno Tardío- – Plioceno temprano (Messiniano – Zancleano)

*Base:* FO *Shionodiscus oestrupii* s.l.

*Tope:* FO *Actinocyclus ehrenbergii* var *asteriscus*

*Definición:* Esta zona está definida por el intervalo estratigráfico desde la primera ocurrencia (FO) de *Shionodiscus oestrupii (sensu lato)*, a los 41.9

m; hasta la primera ocurrencia (FO) de *Actinocyclus ehrenbergi* var. *asteriscus*, a los 57.7 m en la Sección Cerro Caucato.

*Observaciones:* La primera ocurrencia abundante (FAO) de *Delphineis ischaboensis* var. *linguiformis* coinciden con la FO *Shionodiscus oestrupii* s.l. Asimismo, la LO de *Actinocyclus ehrenbergi* var. *asteriscus* es muy cercana a la última ocurrencia (LO) de *Fragilariopsis* aff. *cylindrica*, a los 56.5 m.

*Edad inferida por diatomeas:* la primera ocurrencia (FO) de *Shionodiscus oestrupii* (*sensu lato*), tiene una edad de ~5.6 Ma; mientras que la última ocurrencia (LO) de *Fragilariopsis cylindrica* tiene una edad de ~4.3 Ma (Barron, 2003), por lo que extrapolando la edad usando la tasa de sedimentación de 11.23 m/Ma (entre los valores arriba mencionados), se tiene que el tope de esta zona a 57.7 m tiene una edad de 4.19 Ma.

*Flora asociada:* Entre las especies comunes de amplio rango y mayor frecuencia de ocurrencias asociadas a esta zona tenemos *Delphineis* cf. *kipphae*, *Fragilariopsis reinholdii*, *Shionodiscus oestrupii* s.l., *Shionodiscus* spp, *Thalassiosira californica*, y *Thalassiosira flexuosa*.

#### **H) Zona de *Actinocyclus ehrenbergii* var *asteriscus***

*Categoría:* Zona de rango total

*Autor:* Solís, F. (este trabajo)

*Edad:* Plioceno temprano (Zancleano)

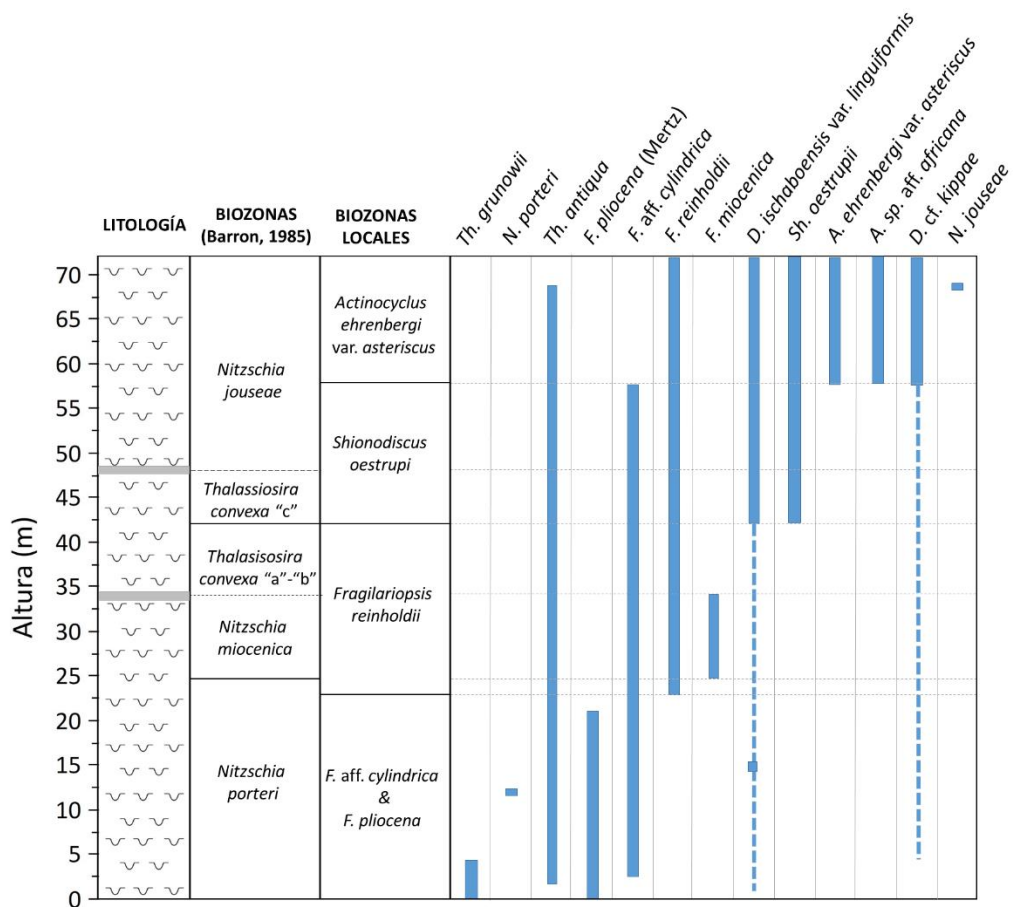
*Base:* FO *Actinocyclus ehrenbergii* var *asteriscus*

*Tope:* Tope de la sección

*Definición:* Esta zona está definida por el intervalo estratigráfico que contiene el rango estratigráfico de *Actinocyclus ehrenbergii* var *asteriscus*, desde su primera ocurrencia (FO) a los 57.7 m hasta su última ocurrencia (LO) a los 68.7 m.

*Edad inferida:* Al no haber marcadores bioestratigráficos de edad precisos, se infiere la edad de esta biozona usando la pendiente de la tasa de sedimentación de 11.23 m/Ma de la zona de *Shionodiscus oestrupii* anterior; por lo tanto, la edad inferida es entre 4.19 a 3.21 Ma.

*Flora asociada:* Entre las especies comunes asociadas a esta zona tenemos la primera ocurrencia abundante (FAO) de *Delphineis* cf. *kipphae* y la primera ocurrencia (FO) de *Azpeitia* sp (aff. *A. africana*)



**Figura 16.** Grafico Rangos bioestratigráficos de las diatomeas utilizadas en la zonación local.

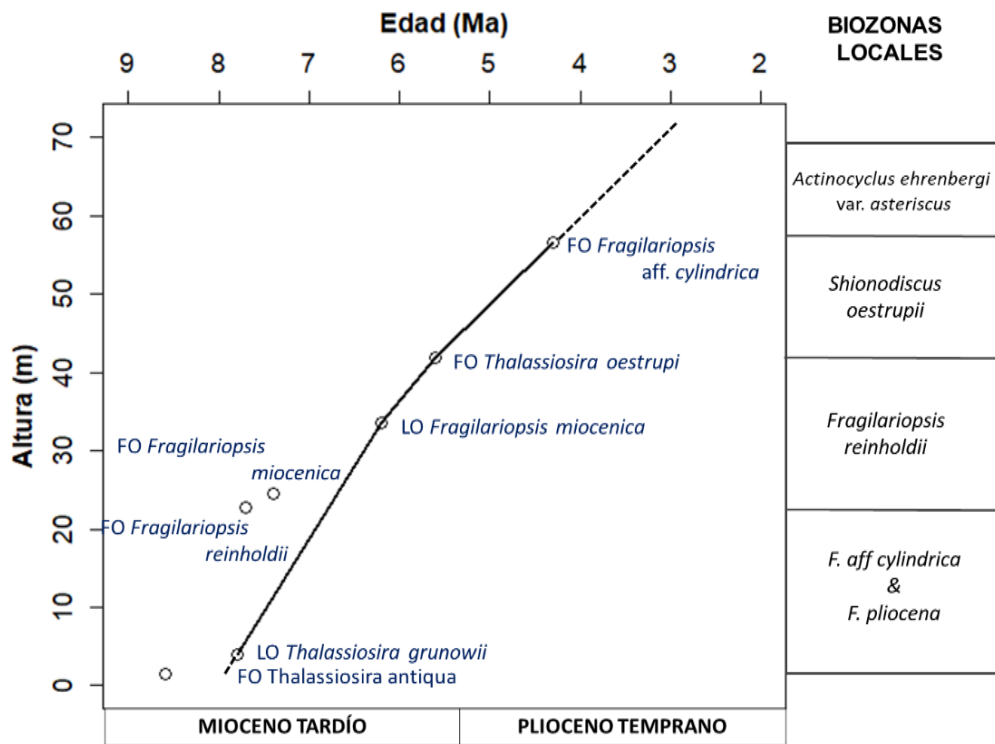
### 7.5. Cálculo de Tasa de Sedimentación

El cálculo de la tasa de sedimentación se calculó usando los edades de las ocurrencias de las especies marcadoras vs la altura de primera (FO) y/o última (LO) ocurrencia de las especies en la Sección Cerro Caucato (Tabla 3). Obteniendo tasas de sedimentación en intervalos que corresponden a las Biozonas locales como también intervalos de especies con edades conocidas. La tasas de sedimentación (TS) se muestra en la Tabla 2, Los valores obtenidos son los siguientes: Una Tasa de sedimentación (TS) de 1) 23.67 m/Ma en el intervalo de FO *Thalassiosira antiqua* a FO *F. reinholdii* 2) 5.67 m/Ma, en el intervalo de FO *F. reinholdii* a la

LO *F. miocenica*, 3) 7.50 m/Ma en el intervalo de FO *F. miocenica* a la LO de *F. miocenica*, 4) 14 m/Ma en el intervalo de LO *F. miocenica* a la FO *Thalassiosira oestrupii s.l.*, y 5) 11.23 m/Ma en el intervalo desde la FO *Thalassiosira oestrupii* a la LO de *Fragilariopsis aff. cylindrica*. Esta última se proyecta hasta el tope de la sección debido a la asunción de tratarse de la misma zona bioestratigráfica (Fig. 17).

**Tabla 2.** Datos para cálculo de Tasa de Sedimentación (TS): Biozonas, Ocurrencias de Diatomeas marcadoras, Altura compuesta (m), Edad (Ma).

Biozonas locales	Diatomeas marcadoras	Altura vs. Edad		TS (m/Ma)
		(m)	(Ma)	
Zona <i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>asteriscus</i>	LO <i>Fragilariopsis aff. cylindrica</i>	56.5	4.3	11.23
Zona <i>Thalassiosira oestrupii</i>	FO <i>Thalassiosira oestrupii s.l.</i>	41.9	5.6	14.00
Zona <i>F. reinholdii</i>	LO <i>Fragilariopsis miocenica</i>	33.5	6.2	
Zona <i>F. cf. cylindrica - N. pliocena</i>	LO <i>Thalassiosira grunowii</i>	4.0	7.8	18.44



**Figura 17.** Gráfico altura – edad, para la Sección Cerro Caucato, indicando los bioeventos y las zonas bioestratigráficas locales

*Objetivo 3. "Establecer la productividad primaria de la Sección Cerro Caucato basado en la concentración de diatomeas y Carbono Orgánico"*

## **7.6. Proxys de paleoproductividad**

Se utilizaron un conjunto de variables (DBD, TS, Concentración de diatomeas) para determinar los proxys de paleoproductividad (CO, paleoproductividad primaria, concentración de diatomeas, TAD), los cuales fueron graficados como se muestra en la Figura 18.

### *7.7.1. Densidad aparente seca (DBD), % de Humedad*

La *Densidad aparente seca* (DBD = Dry bulk density), oscila entre 0.7290 a 1.9639 g/cm<sup>3</sup>, sus valores más altos se registraron en CCI33 – 40.2 m (1.8019 g/cm<sup>3</sup>) y CCL38 – 54.4 m (1.9639 g/cm<sup>3</sup>), mientras que los valores más bajos se registraron en CCC08 – 9.0 m (0.7322 g/cm<sup>3</sup>), CCC09 – 10.5 m (0.7290 g/cm<sup>3</sup>) y CCD15 – 18.5 m (0.7311 g/cm<sup>3</sup>).

Por otro lado el *% de Humedad* registró valores entre 2.72 % y 32.21% en peso, presentando los valores más altos en la parte baja de la sección (0.1 m a 35.0 m).

### *7.7.2. % Carbono orgánico*

El % de Carbono orgánico (% C. org), fue determinado en el Laboratorio de Geología Marina del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), siguiendo el "Protocolo de Análisis para la determinación de Carbono orgánico total en sedimentos marinos" (Cod. IMP – LGM/Pt – LAB 01.01/COT), fundamentado

en el método de Walkley – Blak (1934), modificado por Jackson (1958). Los resultados del análisis del % Carbono orgánico (%C org.) oscilan entre 0.0182 % y 0.7930 %, registrándose los mayores valores en CCB04 - 4 m (0.7930%) y CCH30 – 36.5 m (0.5766%) además los menores valores fueron registrados en CCI 33 – 40.2 m (0.0360 %) y CCN45 – 64.2 m (0.0182 %).

### 7.7.3. *Concentración de Diatomeas*

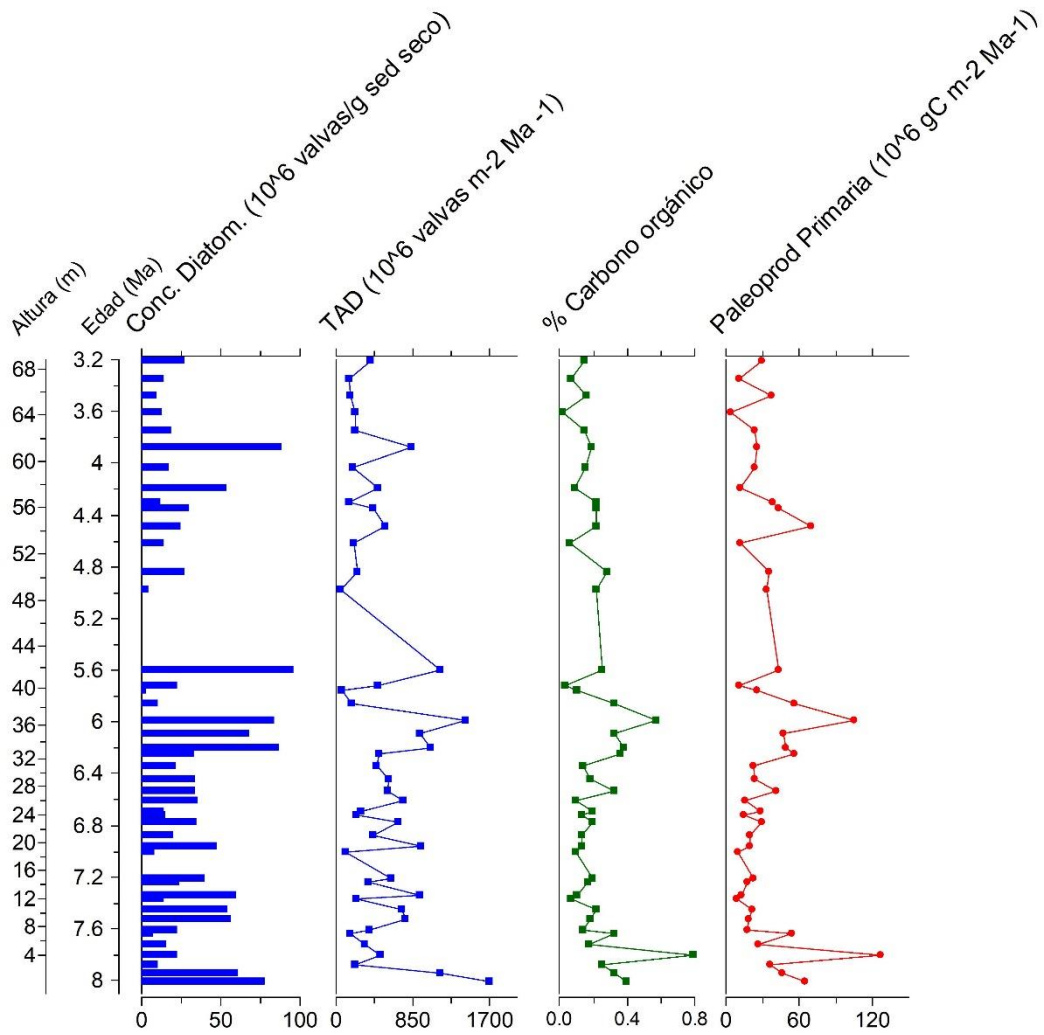
Las concentraciones de diatomeas obtenidas en el análisis cuantitativo (Schuette & Schrader, 1979), oscilan desde  $3.2130 \times 10^6$  valvas / g. sed. seco y  $96.5811 \times 10^6$  valvas / g. sed. seco; registrándose los mayores valores en CCH28 – 33.5 m ( $87.4064 \times 10^6$  valvas / g. sed. seco), CCJ34 – 41.9 m ( $96.5811 \times 10^6$  valvas / g. sed. seco) y CCM43 – 61.2 m ( $88.5029 \times 10^6$  valvas / g. sed. seco); mientras que los menores valores se registraron en CCI32 – 39.7 m ( $3.2130 \times 10^6$  valvas / g. sed. seco) y CCK35 – 48.9 m ( $4.5891 \times 10^6$  valvas / g. sed. seco).

### 7.7.4. *Tasa de Acumulación de Diatomeas*

La tasa de acumulación de diatomeas (TAD) varía de  $44.6657 \times 10^6$  valvas/m<sup>2</sup> Ma (CCK35 – 48.9 m) a  $2184.2272 \times 10^6$  valvas/m<sup>2</sup> Ma (CCA01 – 0.1 m), los valores más altos son más frecuentes de 0.1 m a 41.9 m.

### 7.7.5. Paleoproductividad Primaria

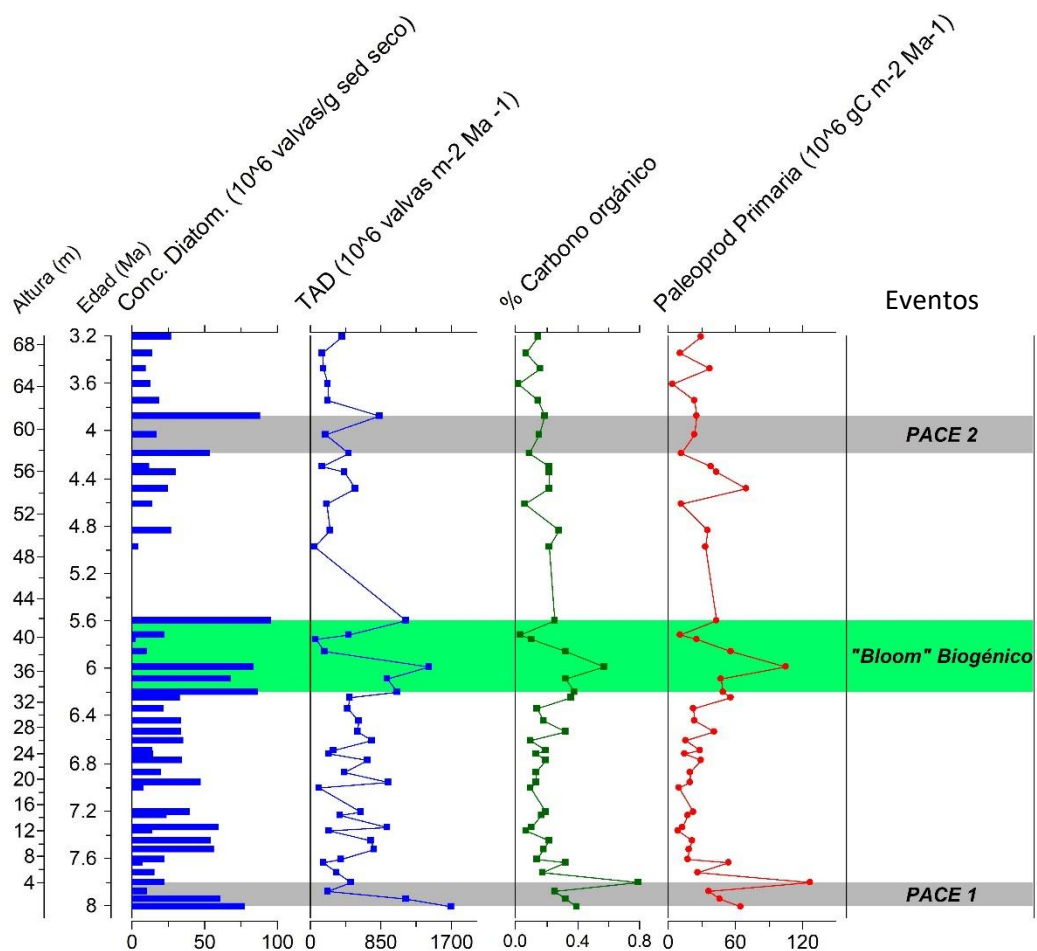
La Paleoproductividad calculada en base a la Tasa de sedimentación (TS), Densidad aparente seca (DBD) y % Carbono orgánico (Rühlemann *et al*, 1999), registra valores entre  $4.1062 \times 10^6 \text{ gC} / \text{m}^2 \text{ Ma}$  y  $117.9450 \times 10^6 \text{ gC} / \text{m}^2 \text{ Ma}$ , mostrados en la Tabla T-10.



**Figura 18.** Curvas de variables (DBD, Tasa de Sedimentación, Concentración de diatomeas, Carbono Orgánico) y Proxis de Paleoproductividad: Concentración de diatomeas, Tasa de acumulación de diatomea (DAR), Carbono orgánico y Paleoproductividad primaria (PaP)

Objetivo 4. "Relacionar las asociaciones de diatomeas presentes en la Sección Cerro Caucato con los cambios paleoceanográficos durante el final del Cenozoico"

Se comparará la curva de paleoproduktividad calculada en la Sección Cerro Caucato con otras curvas de paleoproduktividad a nivel regional o global.



**Figura 19.** Comparación de los Proxys de Paleoproduktividad de la Sección Cerro Caucato mostrando los eventos globales y regionales.

La Figura 19, muestra las curvas de los proxys de paleoproduktividad distinguen 3 eventos de incremento de sílice (Concentración de diatomeas y TAD) y carbono (% Carbono orgánico y PaP). El primer evento en la parte inferior de la sección el

primer incremento en la TAD se observa a los 8.01 Ma ( $2\,184 \times 10^6$  valvas/m<sup>2</sup> Ma), seguido de un incremento en PaP a los 7.8 Ma ( $117.9 \times 10^6$  gC/m<sup>2</sup> Ma); el segundo evento en la parte media de la sección muestra incrementos de sílice y carbono entre los ~5.6 Ma – 6.2 Ma, siendo el incremento máximo de ambos a los 5.99 Ma ( $1\,429 \times 10^6$  valvas/m<sup>2</sup> Ma y  $105.4 \times 10^6$  gC/m<sup>2</sup> Ma). Finalmente el tercer evento, en la parte superior, muestra incremento de carbono en los 4.49 Ma con  $70.01 \times 10^6$  gC/m<sup>2</sup> Ma, y posteriormente un incremento de sílice a 3.88 Ma.

Objetivo 5. "Realizar un Catálogo iconográfico de las diatomeas marcadoras de edad como también las especies más abundantes y de difícil determinación"

### 7.7. Catálogo iconográfico

Debido a que las diatomeas marcadoras de edad en la sección Cerro Caucato se encuentran en baja concentración, y que la flora de diatomeas asociadas son de interés ecológico, se presenta un catálogo iconográfico con las diatomeas más representativas de esta sección. Este catálogo iconográfico incluye las especies indicadoras de edad, las especies con ocurrencias raras, las más abundantes en diferentes niveles de la sección y los de importancia ecológica.

#### LAMINA I

1. *Stephanopyxis turris* (Greville) Ralfs in Pritchard

2-3. *Azpeitia* aff. *A. africana* (Janisch ex Schmidt) Fryxell et Watkins

4-5. *Thalassiosira* cf. *T. antiqua* (Grunow) Cleve-Euler

6. *Actinocyclus ehrenbergii* var. *asteriscus* Barron

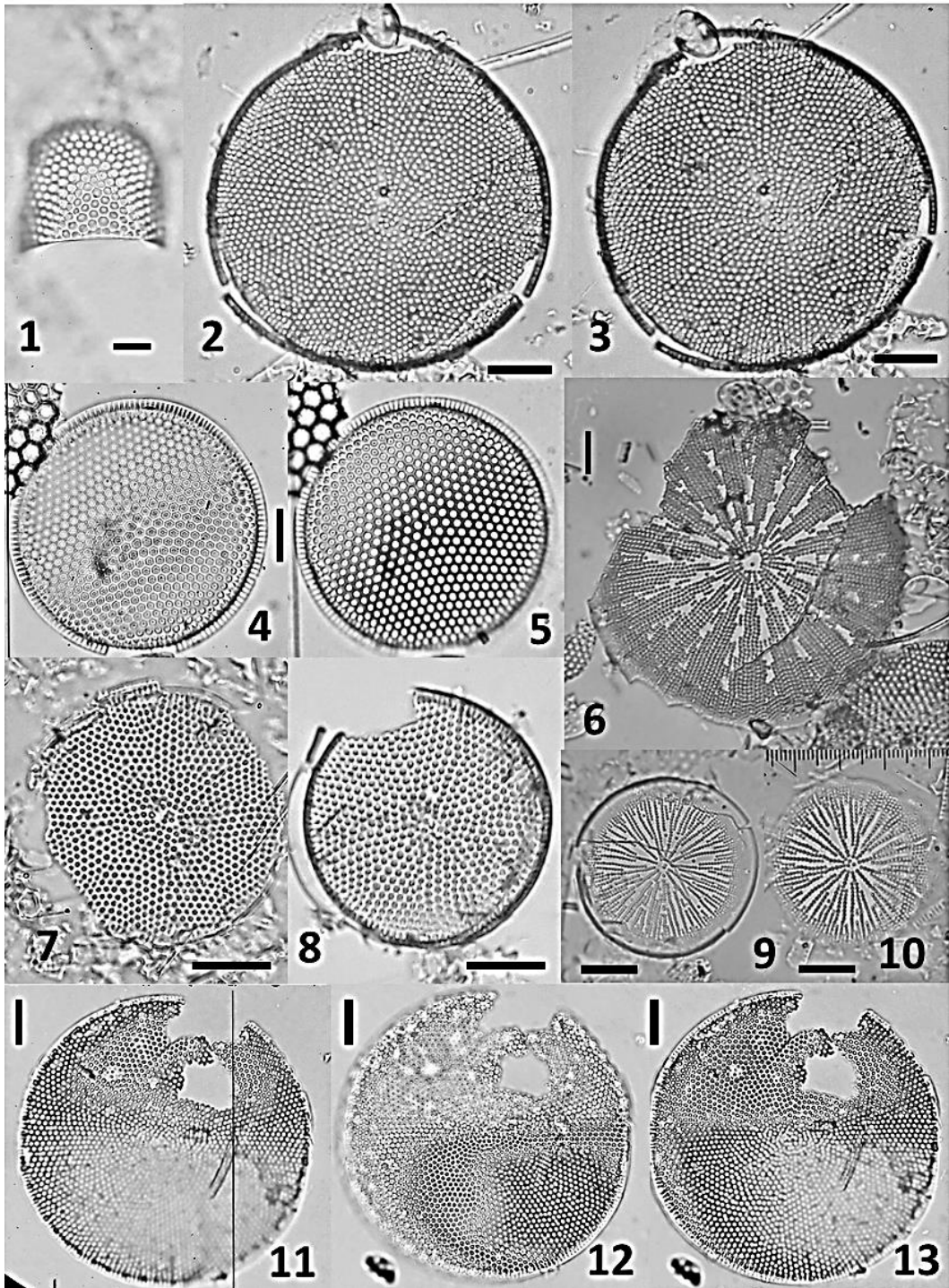
7-8 *Azpeitia vetustissima* (Pantocsek) Sims

9-10. *Actinocyclus actinochilus?* (Ehrenberg) Simonsen

11-13 *Thalassiosira grunowii* Akiba et Yanagisawa

Escala de barra = 10  $\mu$ m

LAMINA I



## LAMINA II

1-4. *Thalassiosira flexuosa* (Brun) Akiba et Yanagisawa

5. *Thalassiosira antiqua* (Grunow) Cleve-Euler, *sensu* Barron (1985)

6-8. *Thalassiosira californica* Tanimura

9. *Shionodiscus* sp.

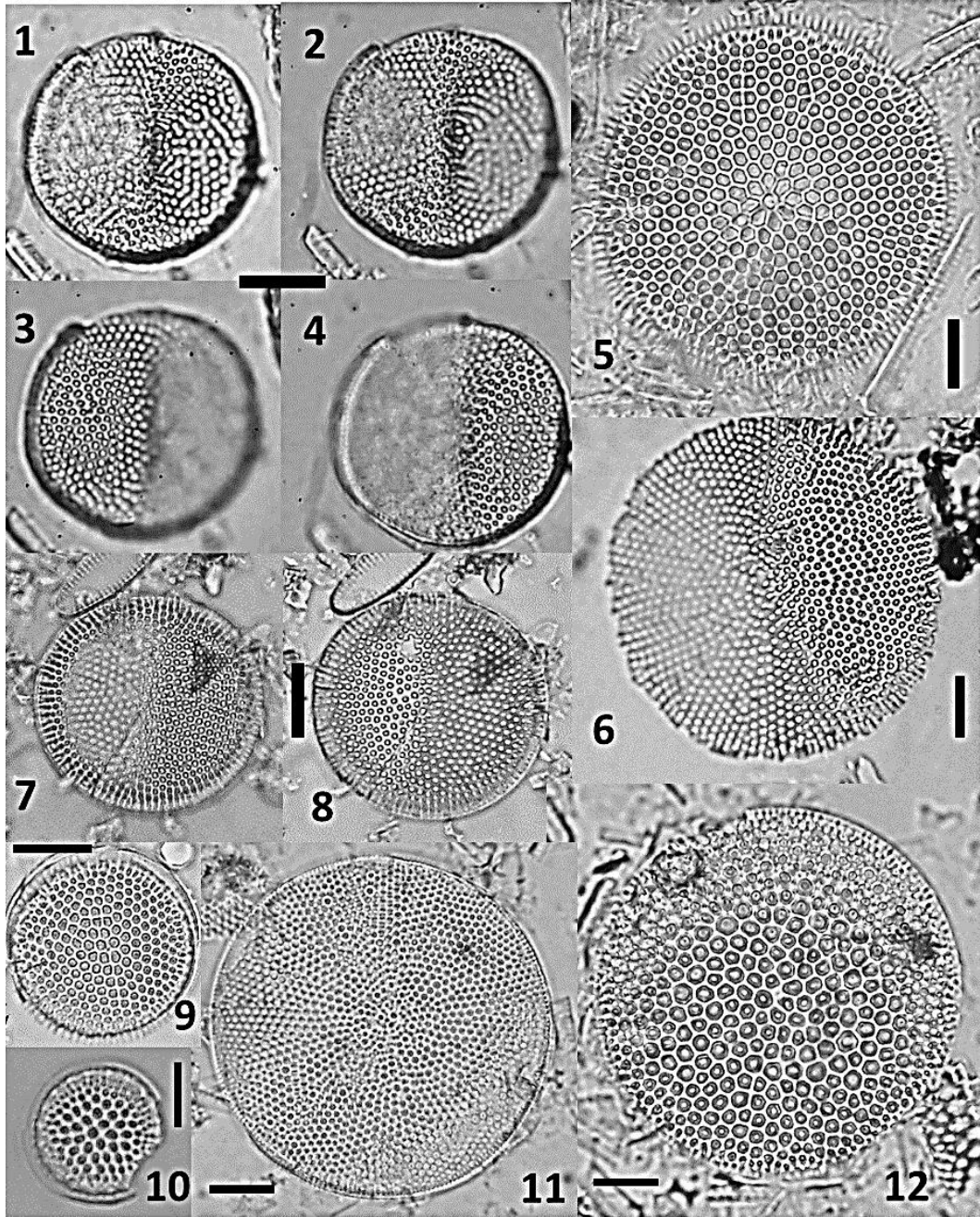
10. *Shionodiscus oestrupii* (Ostenfield) Alverson, Kang et Theriot (*sensu lato*)

11. *Azpeitia vetustissima* (Pantocsek) Sims var.

12. *Azpeitia nodulifera* (Schmidt) Fryxell et Sims

Escala de barra = 10  $\mu$ m

LAMINA II



### LAMINA III

1-2. *Delphineis angustata* (Pantocsek) Andrews

3, 5, 6. *Delphineis ischaboensis* (Grunow) Andrews var. *lippa* (Mertz)

4. *Delphineis ischaboensis* (Grunow) Andrews var. *linguiformis* (Mertz)

7-8. *Delphinei urbinae* Gariboldi

9. *Fragilariopsis* aff. *F. cylindrica* (Burckle) Censarek et Gersonde

10. *Fragilariopsis reinholdii* (Kanaya & Koizumi) Zielinski & Gersonde

11. *Fragilariopsis pliocena* (Brun) Sheshukova-Poretskaya (sensu Mertz,  
1966; Taf. 6, Fig. 15, 16)

12. *Nitzschia jouseae* Burckle

13-14. *Fragilariopsis pliocena* var. *horribilis* (Mertz)

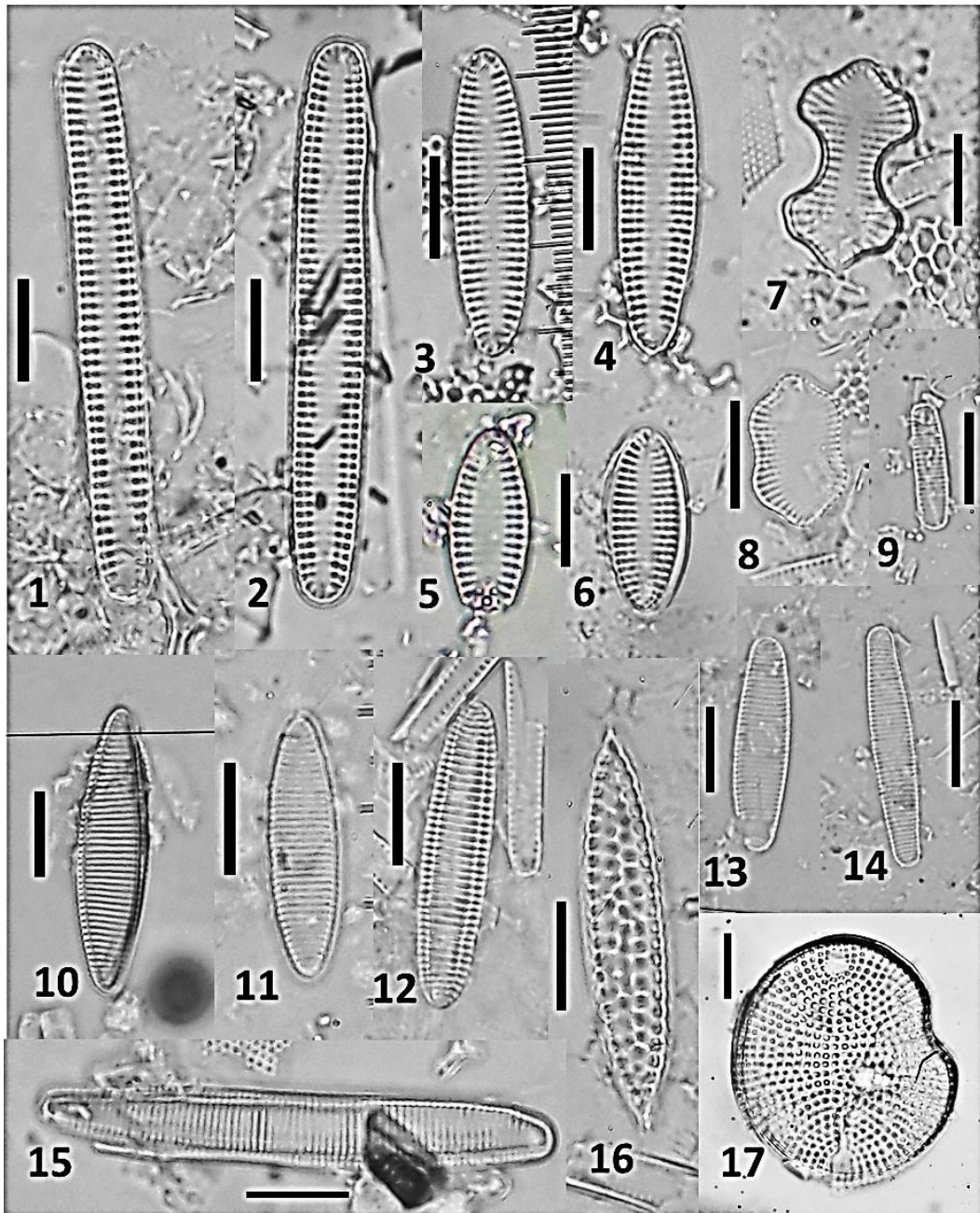
15. *Fragilariopsis pliocena* var. *peruviana* (Mertz)

16. *Koizumia tatsunokuchiensis* (Koizumi) Yanagisawa

17. *Neodetonia dobrinae* (Louvrou, Danielidis et Economou-Amilli) Blanco

Escala de barra = 10  $\mu$ m

LAMINA III



## VIII DISCUSIÓN

### 8.1. Sobre la mejora en la Metodología de recuperación de especies guías

Los especímenes de diatomeas marcadoras de edad para el Neógeno en la Sección Cerro Caucato se encuentran en baja densidad pues ellas son especies pelágicas de baja latitud en el Pacífico ecuatorial (Burckle 1972; Barron 1985), sin embargo los sedimentos en la Formación Pisco se formaron en condiciones de afloramientos costeros continuos, lo que crea un sesgo hacia esta asociación muy particular dominada por las especies *Thalassionema nitzschioides* y morfotipos de esporas de resistencia de *Chaetoceros* spp. Si a lo anterior, le sumamos que las muestras estudiadas contienen una alta cantidad de valvas de diatomeas fragmentadas, esto aumenta el ruido en la señal de los datos.

Es por ello que para concentrar a las especies marcadoras de edad se usó una serie de tamizados en las muestras ya preparadas, lo cual fue muy útil para encontrar las ocurrencias de estas especies y construir las biozonas. El tamizado se realizó con mallas de apertura de 125, 63 y 20 micras, por lo que se obtuvieron 4 fracciones diferenciales cuyos resultados que fueron añadidos como Presencia (con una X) en la Tabla de Ocurrencia (Tabla 1). Al final 4 preparaciones adicionales fueron incorporados en treinta niveles discretos de los análisis microscópicos en las fracciones > 125, 125-63, 63-20 y < 20 micras.

Como la Tabla de Ocurrencia ya contenía datos de los análisis cualitativo y cuantitativo, la incorporación de estos datos adicional nos da confianza en la robustez de los resultados para la elaboración de un esquema bioestratigráfico en

base a diatomeas y que por primera vez se aplica para este grupo de microfósiles silíceos de manera continua en un afloramiento geológico de la Cuenca Pisco.

La identificación de las especies de diatomeas de la Sección Cerro Caucato se realizó a consultando la literatura especializada más actualizada (atlas, claves, artículos científicos), considerando características morfológicas que se resuelven en microscopía de luz transmitida, a 1000X de magnificación, considerando la actualización y cambios taxonómicos a través del tiempo, e.g. *Azpeitia nodulifera* (=Coscinodiscus nodulifer), *Azpeitia vetustissima* (=Coscinodiscus vetustissimus), *Shionodiscus oestrupii* (=Thalassiosira oestrupi), entre otros. Del mismo modo, en este trabajo proponemos la transferencia taxonómica de las variedades de la especie *Fragilariopsis pliocena* (Brun) Sheshukova-Poretskaya (=Nitzschia pliocena Brun sensu Mertz, 1966) a *Fragilariopsis pliocena* var. *horribilis* n. comb, *Fragilariopsis pliocena* var. *varilobata* n. comb. y *Fragilariopsis pliocena* var. *peruvianua* n. comb.

## **8.2. Sobre la elaboración de una biozonación local de diatomeas en la Cuenca Pisco.**

Inicialmente, la determinación de edades y zonación bioestratigráfica se realizó con la ayuda de especies de diatomeas asociadas a la zonación de diatomeas de baja latitud de Barron (1985). Así por ejemplo, la LO *Thalassiosira grunowii* que tiene una edad de 7.8 Ma estaría confirmando la edad del estrato y por consiguiente la determinación de la zona *Nitzschia porteri*, del mismo modo *Shionodiscus oestrupii* s.l. el cual ocurre en el límite inferior de *Thalassiosira convexa* “c”, tiene una edad de 5.6 Ma y confirma la zona *Th. convexa*; algunas únicas ocurrencias como la de *Nitzschia jouseae* a los 67.2 m, es igualmente importante para la confirmación de

la zona que lleva el mismo nombre. Por otro lado, se complica la limitación de algunas biozonas debido a la carencia de algún biomarcador, por lo que estos límites son asumidos por cambios litológicos a través de niveles discretos de capas de yeso a los 33.8 m. (Zona *N. miocenica* / Zona *Th. convexa* var. *aspinosa*) y 47.85 (Zona *Th. convexa* var. *aspinosa* / Zona *N. jouseae*). De tal manera que inferimos que tenemos 2 biozonas propuestas por Barron (1985) antes no registradas en la cuenca Pisco: zonas de *Nitzshia porteri*, y *Thalassiosira convexa*.

Al ser tan escasa las especies bioindicadoras de edad, se propone una zonación local para la Cuenca Pisco Norte en base a diatomeas con valores intermedios de abundancia pero que inclusive son raras (R) a poco comunes (F) si se les considera junto a las especies dominantes de la zona de afloramiento costero (*T. nitzschioides* y esporas de resistencia de *Chaetoceros*). Es por ello que para este análisis se excluyeron estos grupos, y consideraron otras especies que presentan ya sea una mayor abundancia relativa y/o que tienen rangos de ocurrencias continuas en la Sección Cerro Caucato.

Por otro lado, para la inferencia de edad, se construyó un modelo de edad con los bioeventos de las diatomeas LO *Th grunowii* (7.8 Ma), LO *F. miocenica* (7.7 Ma), FO *Sh. oestrupi s.l.* (5.6 Ma) y LO *F. aff. cylindrica* (4.3 Ma) (Barron, 2003); así mismo se realiza la interpolación y extrapolación de edades para cada estrato muestreado desde la base (8.01 Ma) hasta el tope (2.91 Ma) de la sección. En este sentido, es preciso aclarar que la primera ocurrencia de *Th. antiqua* en Cerro Caucato se presenta a una altura de 1.5 m, y es frecuente hacia los estratos superiores, sin embargo, es ausente en las 5 láminas examinadas del primer estrato (0.1 m). Es por ello que se considera como la primera ocurrencia FO *Th. antiqua*

en la Sección Cerro Caucato y utilizada para definir la base de la Zona de *Fragilariopsis* aff. *cylindrica* - *F. pliocena*. Del mismo modo hacia el tope de la sección, la primera ocurrencia de *Actinocyclus ehrenbergii* var. *asteriscus* se presenta a los 55.7 m y es frecuente hasta el último estrato de diatomita muestreado a los 68.7 m, ya que la muestra a los 72.1 m consiste de porcelanita. Por lo tanto la base y tope de la zona de *Actinocyclus ehrenbergii* var. *asteriscus* se define por el rango total de la misma especie en la sección.

En resumen, se propone las siguientes biozonas: 1) Zona de *Fragilariopsis* aff. *cylindrica* - *F. pliocena* (Mioceno tardío), 2) Zona de *Fragilariopsis reinholdii* (Mioceno tardío), 3) Zona de *Shionodiscus oestrupii* (Mioceno tardío – Plioceno temprano), y 4) Zona de *Actinocyclus ehrenbergii* var. *asteriscus* (Plioceno temprano).

Los resultados de la presente investigación difiere de la determinación de edad basada en la bioestratigrafía de radiolarios realizada por Marty (1989). En su tesis doctoral, este autor presenta unas pocas especies marcadoras de edad asociadas a 4 muestras colectadas en Monte Caucato: MC-B2 (cota 0 m), MC-1 (5 m); MC-2 (20 m) y MC-5 (35 m). Asimismo, aquellos especímenes presentan abundancias relativas bajas (e.g. presente “+” y raro “r”) o no están bien definidas (confere “cf”= “similar a” ó pobremente preservadas “?”). Además, las especies biomarcadoras que definen y nombran las zonas de radiolarios no están presentes o son de amplio rango. Así tenemos que en la muestra MC-B2 (0 m), las especies *Phormostichoartus* cf. *corbula*; (Mioceno medio al Cuaternario) y *Stichocorys delmontensis* (Mioceno temprano al Mioceno tardío) son asignadas a la zonas de *Diartus pettersoni* (10.1 Ma – 8.1 Ma; Mioceno medio-tardío - Mioceno tardío

temprano); en la muestra MC – 1 (5 m), las especies *Stichocorys delmontensis* (Mioceno temprano – Mioceno tardío) y *Didymocyrtis laticonus* (Mioceno medio – Mioceno tardío), fueron asignadas a las zonas de *Dorcadospyris alata* y *Diartus pettersoni* (13.1 Ma a 8.1 Ma; Mioceno medio-medio a Mioceno tardío-temprano); de otro lado, en la muestra MC–2 (20 m) las especies *Diartus hughesi* (Mioceno tardío) y *Didymocyrtis* cf. *antepenultima* (Mioceno - tardío), son asignadas a la zona de *Didymocyrtis antepenultima* (Mioceno tardío-medio); y finalmente en la muestra MC–5 (35 m), la especie *Spongaster berminghami* (Mioceno tardío – Plioceno temprano), el grupo de *Siphocampe arachnes*, (Mioceno temprano – Plioceno temprano, Goll & Bjorklund), y *Stichocorys peregrina* (Mioceno tardío - Plioceno temprano), son especies asignadas para las zonas de *Didymocirtis penultima*, *Stichocorys peregrina* y *Spongaster pentas* (7.5 Ma – 3.9 Ma; Mioceno tardío tardío – Plioceno temprano)

Es decir, en sólo los 5 metros basales (de un total de 72-m) de su columna estratigráfica, Marty (1985) asigna la edad en base al rango de edad de las biozonas de radiolarios *D. alata* y *D. pettersoni*, cuyas edades basales pertenecen al Mioceno medio (Sanfilippo, *et al.*, 1985). De otro lado, el análisis isotópico de K-Ar, de una muestra de toba volcánica (MC2 – 9) a los 16.5 m de la columna estratigráfica de Marty (1989), arroja una edad de 6.89 Ma, sin embargo ahora sabemos que las edades absolutas basadas en la serie K-Ar presentan unos rangos muy amplios, tienden a presentar grandes errores y no son muy confiables como los de la serie  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  (Brand *et al*, 2011). Inclusive, aún con un rango de error grande, esta toba indica que a la cota de 16.5 m ya se tienen sedimentos del Mioceno tardío.

La determinación de edad a partir de la bioestratigrafía de diatomeas en alta resolución, además de las biozonas locales propuestas en el presente trabajo resuelve con mayor certeza la determinación de edad para los sedimentos de la Sección Cerro Caucato de la Fm. Pisco (Mioceno tardío a Plioceno temprano), la cual está correlacionada con la zonación de baja latitud para el pacífico ecuatorial (Barron, 2003; Barron 1985; Burckle 1972).

El desarrollo de una bioestratigrafía continua de alta resolución es de suma importancia pues cabe la posibilidad de encontrar especies de amplio rango, e.g. *Koizumia tatsunokuchiensis* (9.0-2.6 Ma para el pacífico norte Barron 2003, Gariboldi 2016) y/o especies marcadoras re-trabajadas e. g. *Cestodiscus pulchelum* (20.7 Ma – 16.7 Ma) y *Mediaria splendida* (15.7 Ma – 11 Ma, para el pacífico norte Barron, 2003), que van a presentar ocurrencias en estratos posteriores a su última aparición, lo que conllevaría una interpretación diferente a las biozonas presentes y por consiguiente una determinación de edad equivocada.

### **8.3. Inferencia en el tipo de masas de agua**

Los cambios paleoceanográficos a nivel global al final del Cenozoico entre el Mioceno tardío al Plioceno temprano, se ven reflejados en las asociaciones de diatomeas que se encuentran en la Sección Cerro Caucato. A grandes rasgos, los primeros 42-m de la sección (Mioceno superior), una asociación dominada por *Thalassionema nitzschioides* y *Xanthiopyxis* sp (un tipo de *Chaetoceros* R.S.) indican un sistema de alforamiento activo, los cuales están en asociación con otras especies como *Fragilariopsis reinholdii*, *Fragilariopsis pliocena* y variedades (*sensu* Mertz), *Fragilariopsis* sp (aff. *F. cylindrica*), *Fragilariopsis* spp,

*Neodelphineis pelagica*, *Neodelphineis* spp, *Shionodiscus* spp, *Thalassiosira eccentrica*, *Thalassiothrix longissima*. Esta asociación, indica un período de aguas frías debido a la presencia de *T. nitzschoides*, *Thalassiothrix longissima*, y especies de *Fragilariopsis* spp., (*F. aff. cylindrica*, *Fragilariopsis reinholdii*). La asociación de diatomeas del Mioceno superior está reflejado en el análisis de componentes principales, PCA eje 2, zona superior (Fig. 7, 12).

Entre los ~42-m a los ~72-m (Plioceno inferior), se presenta una segunda gran asociación dominada por esporas de resistencia de *Chaetoceros* sp, teniendo como especies asociadas a *Azpeitia* spp: *A. vetustissima*, *Azpeitia* sp (aff. *A. vetustissima* var.), *Azpeitia* sp (aff. *A. africana*), lo que indica un intervalo con especies de aguas cálidas. La asociación de diatomeas del Plioceno inferior está reflejado en el análisis de componentes principales, PCA eje 2, zona inferior (Fig. 7, 12).

Así mismo, se observan especies constantes a lo largo de la Sección Cerro Caucato, tales como *Actinocyclus octonarius*, *Actinocyclus octonarius* var. *tenellus*, *Actinotychus* cf. *senarius*, *Coscinodiscus asteromphalus*, *Coscinodiscus obscurus*, *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Thalassiosira eccentrica*, que indican especies neríticas sobre la plataforma continental.

Por lo tanto, estas 2 grandes asociaciones de diatomeas sugieren condiciones iniciales de aguas frías depositadas durante el Mioceno tardío que posteriormente cambió a un régimen de aguas cálidas durante el Plioceno temprano, siempre sobre la plataforma continental. Finalmente especies como *Neodelphineis pelagica* y *Neodelphineis* spp., se encuentran a lo largo de la sección, siendo más frecuentes en la biozona de *F. aff. cylindrica* – *F. pliocena*. Estas especies se distribuyen

ampliamente en aguas estuarinas (salobres/marinas, Desianti, *et al.*, 2015), por lo que se puede inferir en un aporte constante de un *paleo*-río Pisco, teniendo un efecto local sobre la salinidad del mar.

#### **8.4. Implicancias Paleoceanográficas en la Paleoproduktividad**

Como hemos visto, la estructura comunitaria de las diatomeas nos indica un gran cambio en las masas de agua, pasando de aguas frías a aguas más cálidas del Mioceno tardío al Plioceno temprano, en un sistema de afloramiento marino. Sin embargo, nuestros datos dan luces sobre otros componentes de la paleoceanografía al final del Neógeno en el Cerro Caucato que tienen que ver tanto con el tiempo y señal de la paleoproduktividad primaria así como de la explosión (Bloom) de sílice en este período de tiempo.

Las diatomeas (productores primarios silíceos con valvas de ópalo amorfo) influyen fuertemente en el ciclo del silicio y el carbono en los ecosistemas oceánicos. Son responsables del 43% de la producción primaria oceánica (Treguer *et al.*, 1995) y pueden controlar la exportación de carbono a las profundidades oceánicas. Los restos de diatomeas y otros microfósiles silíceos se encuentran en el sedimento como ópalo. Por tanto existe una conexión entre sílice biogénica y carbono orgánico, siendo la sílice biogénica más eficaz en su conservación respecto al carbono. La tasa de acumulación de diatomeas (TAD) es un proxy de paleoproduktividad y paleoclimatología importante en un activo sistema de afloramiento marino por la gran producción de diatomeas y nos proporciona un indicador de primer orden (Cortese, 2004).

Nuestros resultados indican que la paleoproduktividad de diatomeas (sílice biogénica en TAD y concentración de diatomeas) está relacionada al % C. org. (paleoproduktividad exportada al fondo del océano), pues ambos proxys covarian y tienen la misma tendencia general, distinguiéndose 3 incrementos significativos en sus valores:

1) Un máximo valor de TAD en la parte inferior de nuestra sección a los 8.01 Ma, puede ser explicado por un evento local denominado Explosión de *Chaetoceros* del Pacífico Ecuatorial - 1 (PACE1 = Pacific *Chaetoceros* Explosion – 1), datado desde ~8.5 Ma, con material estudiado en un testigo frente a Huacho (ODP, Leg. 112, Hole 682-A) (Suto, 2012). Un aumento en la TAD refleja una activación del afloramiento costero local, así como el incremento en diversidad y abundancia de las morfoespecies de esporas de resistencia del género *Chaetoceros*, y *Fragilariopsis* spp. Así mismo el incremento de carbono (PaP) a los 7.8 Ma podría estar relacionado a un aporte de carbono por otros organismos (e.g. foraminíferos), comparable a una reconstrucción paleoceanográfica realizada en donde uno de los sitios evaluados en el Atlántico Ecuatorial (Sitio 925 del ODP, Ceara Rise, frente a Brazil), presenta valor de Paleoproduktividad primaria mayores al promedio desde un máximo valor en ~8.2 Ma hasta ~7.8 Ma. Los valores máximos de PaP y TAD en la Sección Cerro Caucato se encuentran en la base de la zona local de *Fragilariopsis* aff *cylindrica* & *F. pliocena*.

2) El segundo incremento en la TAD entre los 5.6 Ma – 6.2 Ma, con un máximo valor en 5.99 Ma donde coincide también el mayor valor de carbono (PaP), estarían explicando un evento paleoceanográfico a nivel global denominado “Bloom biogénico”, donde un incremento de la paleoproduktividad en el pacífico ecuatorial

señalado por el incremento en la tasa de acumulación de ópalo (Opal AR = Opal Accumulation Rate), entre los ~7 Ma y ~4.8 Ma en testigos del pacífico tropical de los sitios DSDP 572 (océano pacífico ecuatorial), ODP 85 (pacífico ecuatorial Este) y ODP 846 (cuenca Galápagos) (Cortese *et al*, 2004). Del mismo modo, el “bloom” biogénico registrado para el Atlántico Ecuatorial (Sitio 925 del ODP, Ceara Rise, frente a Brazil), obtiene un segundo valor máximo de paleoproduktividad primaria en la edad de 6.2 Ma (Diester-Haass *et al*, 2005). Los valores máximos de PaP y TAD se encuentran en el tope de la zona local de *Fragilariopsis reinholdii*.

3) Un tercer valor máximo en la PaP se encuentra a los 4.49 Ma, comparable a un Bloom biogénico menor en el Atlántico ecuatorial datado a los 4.6 Ma (Diester-Haass *et al*, 2005) podría ser explicado por una mejor preservación del C org en Cerro Caucato, debido a una intensificación y extensión de la ZMO. Este evento coincide con el tope de la zona local de *Shionodiscus oestrupii*.

De otro lado, el tercer incremento en la curva de la TAD como proxy de paleoproduktividad se encuentra a los ~3.88 Ma, y podría ser explicado por un evento local denominado Explosión de *Chaetoceros* del Pacífico Ecuatorial -2 (PaCE2 = Pacific *Chaetoceros* Explosion – 2) en el sitio ODP 682-A (Suto, 2012), con similares consecuencias paleoceanográficas como indicado en el PaCE-1 (ver acápite 1 líneas arriba), y el cual coincide con la base de la zona de *Actinocyclus ehrenbergii* var *asteriscus*.

Asimismo, es importante recalcar que este incremento en el TAD a ~3.88 Ma ocurre luego de la fase orogénica Andina Quechua III, datada entre 5.25-4.8 Ma (Wise, 2007), lo que ocasiona una erosión en el macizo andino aportando material

silicoclástico que ayudaría a la fertilización oceánica para una alta paleoproductividad por diatomeas.

## IX CONCLUSIONES

1. La flora de diatomeas de la Sección Cerro Caucato está compuesta por 126 especies, moderadamente diversa, dominada por las especies de afloramiento marino costero *Thalassionema nitzschioides* y *Xanthiopyxis* sp. (*Chaetoceros* R.S.), en dos grandes asociaciones conteniendo masas de aguas frías (inferior) y calidad (superior).
2. Se registra por primera vez la transición entre asociaciones de diatomeas de aguas frías en el Mioceno tardío hacia otra asociación de aguas cálidas en el Plioceno temprano.
3. Se determinaron 4 biozonas según el esquema bioestratigráfico de baja latitud para el Pacífico ecuatorial, (Barron, 1985), con 2 nuevos registros para la Cuenca Pisco Este: Zona de *Nitzschia porteri* y Zona de *Thalassiosira convexa*.
4. Se propone una biozonación local, expresada desde lo más antiguo a lo más reciente por: 1) Zona de *Fragilariopsis* aff. *cylindrica* - *F. pliocena* (Mioceno tardío), 2) Zona de *Fragilariopsis reinholdii* (Mioceno tardío), 3) Zona de *Shionodiscus oestrupii* (Mioceno tardío– Plioceno temprano), y 4) Zona de *Actinocyclus ehrenbergii* var. *asteriscus* (Plioceno temprano).
5. Nuestra zonación bioestratigráfica difiere del trabajo pionero de Marty (1989) y excluye la edad de Mioceno medio para los estratos de la Sección Cerro Caucato.

6. La paleoproduktividad primaria en la Sección Cerro Caucato, presentan valores máximos entre 8.01-7.94 Ma (Mioceno tardío), 6.2-5.6 Ma (Mioceno tardío) y 4.49-3.88 Ma (Plioceno temprano). Los cuales son comparables al registro en el Pacífico (escala local, regional) y Atlántico ecuatorial (escala global).
7. Las láminas del catálogo iconográfico contienen diatomeas de especies estratigráficamente importantes, de abundancia rara o pequeña talla, en la Sección Cerro Caucato.

## **X RECOMENDACIONES**

1. Aplicar la metodología mejorada en la obtención de diatomeas indicadoras de edad a otros afloramientos de la Cuenca Pisco.
2. Buscar otras secciones continuas en la Formación Pisco y confirmar la presencia del Mioceno medio que no está presente en la Sección Cerro Caucato pero hay reporte en la literatura en la zona Sur de la Cuenca.
3. Incentivar y colaborar con otros investigadores de otros grupos de microfósiles en la Cuenca Pisco y otras de antearco en el margen continental peruano (e.g. Cuenca Camaná) para robustecer las dataciones del Cenozoico marino en el Perú y ayudar a la exploración de fuentes energéticas aún no explotadas.
4. De especial interés, profundizar en las determinación de morfoespecies de las esporas de resistencia de *Chaetoceros* spp. ya que pueden dar valiosa información bioestratigráfica y ecológica como se muestran en los diferentes trabajos de Suto Itsuki.

## XI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKIBA, F. & YANAGISAWA, Y. (1986). Taxonomy, morphology and phylogeny of the Neogene diatom zonal marker species in the middle-to-high latitudes of the North Pacific, En: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Program (KAGAMI, H., KARIG, D.E., COULBOURN W. T., *et al.*, eds), 87, 483 – 554. U. S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- AKIBA, F. (1986). Middle Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy in the Nankai trough and Japan trench, and modified lower Miocene trough Quaternary diatome zones for middle-to-high latitudes of the North Pacific. En; Initial Reports of the Deep Sea Drilling Program (KAGAMI, H., KARIG, D. E. & COULBOURN W. T., *et al.*, eds), 87, 393 – 481. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- ALLEN, M. R., DUNBAR, R. B., MARTY, R. C. & BAKER, P. A. (1987). Neogene phosphorites, Pisco and Sechura Basins, Peru Geol. Soc. Am. Annu. Meet., Abstr. With Program, 19, 570.
- BALAREZO, V. P., E. P. R., SAMAME, B. M., & MORALES, A. B. (1980). Sinopsis explicativa del mapa del departamento de Ica. Inst. Geol. Miner. Metal. Lima, Biol. Ser F, 2, 27
- BALDAUF, J. G. & IWAI, M. (1995). Neogene diatom biostratigraphy for the eastern equatorial Pacific, Ocean Drilling Program Leg 138, 105 – 128. En: PISIAS *et al.* (eds.), Proceeding of the Ocean Drilling Program, Science, Science Results, 138. Ocean Drilling Program, College Station, Texas.
- BARRON, J. A. & BALDAUF, J. G. (1989). Tertiary cooling steps and paleoproductivity as reflected by diatoms and biosiliceous sediments, 341 – 354. En REA *et al.* (eds.), Proceeding of the Ocean Drilling Program, Science Results, 145. Ocean Drilling Program, College Station, Texas.
- BARRON, J. A. (1985). Miocene to Holocene planktic diatoms. In H. M. Bolli, J. B. Saunders, & K. P. Perch-Nielsen (Eds.), Plankton stratigraphy. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 763-809.
- BARRON, J. A. (1992). Neogene diatom datum levels in the equatorial and North Pacific, 413 – 425. En ISHIZAKI, K. & SAITO, t. (eds.), The Centenary of Japanese Micropaleontology. Tokyo University Press, Tokyo.
- BARRON, J. A. (2003). Planktonic marine diatom record of the past 18 m. y.: Appearances and extinctions in the Pacific and southern ocean. Diatom Research, 18, 203 – 224.
- BERGER, W.H., (2007) Cenozoic cooling, Antarctic nutrient pump, and the evolution of whales. Deep Sea Res., Part II 54, 2399–2421

- BERNER, R. A. (1994). A revised of atmospheric CO<sub>2</sub> over Phanerozoic time. *American Journal of Science*. 294, 56.
- BRAND, L., URBINA, M., CHADWICK, A., DeVRIES, T. J. & ESPERANTE, R. (2011) A high resolution stratigraphic framework for the remarkable fossil cetacean assemblage of the Miocene/Pliocene Pisco Formation, Peru. *Journal of south American Earth Sciences* 31, 414 – 425.
- BURCKLE, L. H. (1989). Distribution of diatoms in sediments of the northern Indian Ocean: relationship to physical oceanography. *Mar. Micropaleontol.* 15 (1–2), 53–65.
- CORTESE, G., GERSONDE, R., HILLENBRAND, C-D. & KUH, G. (2004) Opal sedimentation shifts in the World Ocean over the last 15 Myr. *Earth and Planetary Science Letters* 224: 509– 527.
- DADEY, J. & KLAUS, A. (1992). Dry Bulk Density: Its Use and Determination, *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. 126, 551 – 554 pp.
- DÁVILA, D., TORRES, A., SANCHEZ, A., RODRIGUEZ, U., ESCALANTE, A., BUSTAMANTE, D., *et al*, (1987), Litoestratigrafía y sedimentología del terciario del río Grande Palpa. In: *Resúmenes VI Congr. Peruano Geol.*, 88.
- DESIANTI, N., POTAPOYA, M. & BEALS, J., (2015). Examination of the type materials of diatoms described by Hohn and Hellerman from the Atlantic Coast of the USA. *Diatom Research* 30(2): 93-116
- DEVRIES, J. T., & SCHRADER, H., (1997). Middle Miocene Marine Sediments in the Pisco Basin (Peru). *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, Vol. 87, 1 – 13.
- DEVRIES, T. J. (1998). Oligocene deposition and Cenozoic sequence boundaries in the Pisco Basin (Peru). *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 11, 217–231.
- DEVRIES, T. J. (2004). Eocene Mollusks from the Pisco Basin (southern Peru). Evidence for re-evaluating the age of the Otuma Formation. *Resúmenes extendidos del XII Congreso Peruano de Geología – Publicación Especial N° 6 de la Sociedad Geológica del Perú*: 436-439.
- DEVRIES, T. J., NAVAREZ, Y., SANFILIPPO, A., MALUMIAN, N. & TAPIA, P. (2006). New microfossil evidence for a late Eocene age of the Otuma Formation (Southern Peru), XIII Congreso Peruano de Geología, Lima, Peru.
- DEVRIES, T.J. (1988a) Paleoenvironments of the Pisco Basin. In *Cenozoic geology of the Pisco Basin. Guidebook to Regional IGCP 156 Field Workshop, Genesis of Cenozoic phosphorites and associated organic-rich sediments: Peruvian continental margin*, ed. R.B. Dunbar and P.A. Baker, 141±150. Lima, Peru, May 16- 25.

- DEVRIES, T.J. (1988b) Molluscs of the Pisco Basin. In *Cenozoic geology of the Pisco Basin. Guidebook to Regional IGCP 156 Field Workshop, Genesis of Cenozoic phosphorites and associated organic-rich sediments: Peruvian continental margin*, ed. R.B. Dunbar and P.A. Baker, 127±134. Lima, Peru, May 16-25.
- DIESTER-HAAS, L., BILLUPS, K. & EMEIS, K. C. (2005) In search of the late Miocene – early Pliocene “biogenic bloom” in the Atlantic Ocean (Ocean Drilling Program Sites 982, 925, and 1088). *Paleoceanography*, Vol. 20, PA4001, doi:10.1029/2005PA001139.
- DUNBAR, R. B., & BAKER, P. A. (1988). *Cenozoic geology of the Pisco Basin: A guidebook to accompany a Regional IGCP 156 Field Workshop "Genesis of Cenozoic Phosphorites and Associated Organic-rich Sediments, Peruvian Continental Margin"*
- DUNBAR, R. B., BAKER, P. A., MARTY, C. & CRUZADO, J., (1988) *Geology setting, stratigraphy, and biogenic sediments of the Pisco basin, Peru*, Chapter 1, 7 – 39. En DUNBAR & BAKER (1988)
- DUNBAR, R.B., MARTY, R.C. AND BAKER, P.A. (1990) *Cenozoic marine sedimentation in the Sechura and Pisco basins, Peru. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 77, 235-261.
- FARRELL, J. W., RAFFI, I., JANECEK, T. R., MURRAY, D. W., LEVITAN, M., DADEY, K. A., EMEIS, K. C., LYLE, M., FLORES, J. A., 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., VAN ANDEL, T.H. (Eds.), *Proc. Ocean Drill. Progr. Sci. Res.* 138. pp. 717–756.
- FENNER, J. (1981) *Diatoms in the Eocene and Oligocene sediments off N-W Africa. Their stratigraphic and paleogeographic occurrences. Ph.D. Dissertation, University of Kiel.* 230.
- FENNER, J. (1985) *Late Cretaceous to Oligocene planktic diatom. En: Plankton Stratigraphy (Bolli et al, eds), Cambridge University Press,* 713 – 762.
- FILIPPELLI, G. M. (1997). *Intensification of the Asian monsoon and a chemical weathering event in the late Miocene-early Pliocene: implications for late Neogene climate change. Geology* 25 (1), 27–30.
- FILIPPELLI, G. M., DELANEY, L. M., (1994). *The oceanic phosphorus cycle and continental weathering during the Neogene. Paleoceanography* 9 (5), 643–652.
- FOURTANIER, E., & MACHARÉ, J. (1986). *Late Eocene to Pliocene Marine Diatoms from Peru. En: ROUND, F.E. (Ed). Proceedings of the Ninth Diatom Symposium. Biopress Ltd, and Koeltz Scientific Books, Koenigstein, Bristol, England,* 151 – 163.

- GARIBOLDI, K., 2016. A note on diatom stratigraphic markers in upper Miocene sediments of the Pisco Formation, Peru, and description of *Delphineis urbinai* sp. nov. *Diatom Research*, 3 – 5 p.
- GARIBOLDI, K., BOSIO, G., MALINVERNO, E., GIONCADA, A., DI CELMA, C., VILLA, I. M., URBINA, M. & BIANUCCI, G. (2017) Biostratigraphy, geochronology and sedimentation rates of the upper Miocene Pisco Formation at two important marine vertebrate fossil-bearing sites of southern Peru. *Newsletters on Stratigraphy*. Germany, 1 – 28.
- GARZIONE, C.N., HOKE, G.D., LIBARKIN, J.C., WITHERS, S., MACFADDEN, B., EILER, J., GHOSH, P., MULCH, A., (2008). Rise of the Andes. *Science* 320, 1304–1307.
- GRANT, M. K. & DICKENS, R. G. (2002). Coupled productivity and carbon isotope records in the southwest, Pacific Ocean during the late Miocene-early Pliocene biogenic bloom. *Paleoceanography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 187, 61 – 82.
- GRIMM, E. C. (1987) CONISS: A FORTRAN 77 PROGRAM FOR STRATIGRAPHICALLY CONSTRAINED CLUSTER ANALYSIS BY THE METHOD OF INCREMENTAL SUM OF SQUARES\*, *Computers & Geosciences* Vol. 13, No.1, pp. 13-35, 1987
- HARRISON, T.M., COPELAND, P., KIDD, W.S.F., YIN, A., (1992). Raising Tibet. *Science* 255, 1663–1670.
- IBARAKI, M. (1993). Eocene to early Miocene planktonic foraminifera from the south of Paracas, central Peru. Report. Fac. Sciences, Shizuoka University, 27, 77 - 93
- International Nannoplankton Association (INA) (edit.). (2004). Electronic calcareous nannofossils. CD-ROM, v.3.
- JACKSON, M. L. (1958). *Soil Chemical Analysis*, Prentice Hall Pub. Co., Englewood Cliffs, N. J., 498 p.
- JUGGINS, S. (2003). User guide C2 Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualization. University of Newcastle, Newcastle-upon-Tyne, UK, 69.
- KOÇ, N. & SCHERER, R.P. (1996). Neogene diatom biostratigraphy of the Iceland Sea Site 9071. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 151: 61–74.
- LISSON, C. I., (1925) Algunos fósiles de Paracas. *Bol. Soc. Geol. Peru*, 1. 23 – 30.
- MACHARE, J. & FOURTANIER, E. (1987) - Datation des formations tertiaires du bassin de Pisco (Pé) à partir d'associations de diatomés. *C.R.Acad.Sci.Paris*, t. 305, Sé II: 407-412.

- MACHARÉ, J.; DeVRIES, T.; BARRON, J. & FOUNTANIER, E. (1988). Oligo-Miocene transgression along the Pacific margin of South America: New paleontological and geological evidence from the Pisco basin (Peru). *Géodynamique*, 3(1): 25-37.
- MARTY, R. C. (1989) Stratigraphy and chemical sedimentology of Cenozoic biogenic sediments from the Pisco and Sechura basins, Peru. Unpublished Ph.D. dissertation. Rice University, Houston, Texas. 268 p.
- MARTY, R., & DUMBAR, R., (1988). Late Eocene diatomite from the Peruvian coastal desert, coastal upwelling in the eastern Pacific, and Pacific circulation before the terminal Eocene event. *Geology*, Vol. 16, 818 – 822.
- MASLIN, M. A., LI, X. S., LOUTRE, M. F. & BERGER, A. (1998) The contribution the orbital forcing to the progressive intensification of Northern Hemisphere glaciation. *Quat. Sci. Rev.* 17, 411 – 426.
- MERTZ, D. (1966). Mikropaläontologische und Sedimentologische Untersuchung der Pisco-Formation Südperus. *Paläontographica Abt. B*, 118(1-3): 1-51, Taf. 1-6.
- MILLER, K.G., FAIRBANKS, R.G. AND MOUNTAIN, G.S. (1987). Tertiary oxygen isotope synthesis, sea level history, and continental margin erosion. *Paleoceanography*, 2: 1-19.
- MORENO, C., (2001). Métodos para Medir la Biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. Ed Sociedad Entomológica Aragonesa. Madrid – España. 83 pp.
- NEWELL, N.D. (1956). Reconocimiento geológico de la región Pisco-Nazca. *Bol. Soc. Geol. Perú* 30, 261-295.
- NIELSEN, S. N. & DeVries T. J. (2002). Tertiary Xenophoridae of western South America. *The Nautilus*, 116(3):71-78.
- NIGRINI, C., SANFILIPPO, A. & T. J. MOORE, T. J. Jr. (2005). Cenozoic radiolarian biostratigraphy: a magnetobiostratigraphic chronology of Cenozoic sequences from ODP Sites 1218, 1219, and 1220, equatorial Pacific. In: Wilson, P.A., M. Lyle, and J. V. Firth (Eds.), *Proc. ODP, Sci. Results*, 199 [Online]. Available from World Wide Web: <[http://www-odp.tamu.edu/publications/199\\_SR/225/225.htm](http://www-odp.tamu.edu/publications/199_SR/225/225.htm)>. [Cited 2006-05-13]
- NORRIS, R.D., KIRTLAND TURNER, S., HULL, P.M., RIDGWELL, A. (2013) Marine ecosystem responses to Cenozoic global change. *Science* 341, 492–498
- PELLEGRINO L., DELA PIERRE F., NATALICCHIO, M. & CARNEVALE, G. (2018) The Messinian diatomite deposition in the Mediterranean region and its relationships to the global silica cycle. *Earth-Science Reviews* 178: 154–176.

- PETERSEN, G. (1954) Informe preliminar sobre la geología de la faja costera del departamento de Ica. Bol. Tec. Empresa Petrol. Fisc., 1, 33 – 61.
- POTTER, P.E., & SZATMARI, P. (2009). Global Miocene tectonics and the modern world. *Earth-Sci. Rev.* 96, 279–295.
- PYENSON, N.D., VERMEIJ, G.J., (2016). The rise of ocean giants: maximum body size in Cenozoic marine mammals as an indicator for productivity in the Pacific and Atlantic Oceans. *Biol. Lett.* 12 (7), 20160186.
- RAYMO, M. E., RUDDIMAN, W. F., & FROELICH, P. N. (1988). Influence of late Cenozoic mountain building on ocean geochemical cycles. *Geology* 16, 649–653
- RIVERA, R. (1957) Moluscos fósiles de la Formación Paracas, dpto. de Ica. Bol. Soc. Geol. Peru., 32, 165 – 219.
- RÜHLEMANN, C.; MÜLLER, P. J.; & SCHNEIDER, R.R., (1999). Organic carbon and carbonate as paleoproductivity proxies: Examples for high and low productivity areas of the tropical Atlantic. In: S.W. Fischer, G. & Wefer, G. (Editors), *Use of Proxies in Paleoceanography: Examples from the South Atlantic*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 315-344.
- SANFILIPPO, A., WESTBERG-SMITH, J. & RIEDEL, W.R., (1985). Cenozoic Radiolaria. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen. K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, pp. 631-712.
- SANTINI, F., CARNEVALE, G., SORENSON, L., (2013). First molecular scombrid timetree (Percomorpha: Scombridae) shows recent radiation of tunas following invasion of pelagic habitat. *It. J. Zool.* 80 (2), 210–221.
- SANTINI, F., SORENSON, L., (2013). First molecular timetree of billfishes (Istiophoriformes: Acanthomorpha) shows a Late Miocene radiation of marlins and allies. *It. J. Zool.* 80 (4), 481–489.
- SCHRADER, H. & GERSONDE, R. (1978). Diatoms and Silicoflagellates. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, 17: 129–176.
- SCHRADER, H. J., (1976). Cenozoic planktonic diatom biostratigraphy of the southern Pacific Ocean. In Hollister, C.D., Craddock, C., *et al.*, *Init. Repts. DSDP*, 35: Washington (U.S. Govt. Printing Office), 605–671.
- SCHRADER, H., SWANBERG, N., LYCKE, A. K., PAETZEL, M., SCHRADER, T., & SCHRADER, Th. (1993). Diatom-inferred productivity changes in the eastern equatorial Pacific: The Quaternary record of ODP Leg 111, Site 677. *Hydrobiologia* 269/270, 137 – 151.

- SCHUETTE, G., & SCHRADER, H. (1979). Diatom Taphocoenoses in the Coastal Upwelling Area off Western South America. *Nova Hedwigia – Beiheft* 64, 359 – 378.
- SHREDER, R. P., GLADENKOV, A. Y. & BARRON, J. A. (2007). Methods and applications of Cenozoic Marine Diatom Biostratigraphy. *Paleontology Society Papers*, 13, 61 – 83.
- SOCOLA, M. E. (2011) Variación del fitoplancton silíceo en proceso de disolución frente a la costa del Callao (12°S), Perú central
- STRELNIKOVA, N. I. (1990). Evolution of diatoms during the Cretaceous and Paleogene periods, 195 – 204. En SIMOLA, H. (ed.), *Proceeding of the Tenth International Diatom Symposium*. Koeltz Scientific Books, Koenigsteins, Germany.
- STRELNIKOVA, N. I. (1991). Evolution of marine diatoms: Cretaceous and Paleogene. *Algologia*, 1: 65 – 72.
- SUTO, I., KAWAMURA, K., HAGIMOTO, S., TERAISHI, A. & TANAKA, Y. (2012) Chances in upwelling mechanisms drove the evolution of marine organisms. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 339 – 341; 39 – 51.
- THORNBURG, T.M. & KULM, L.D. (1981) - Sedimentary basins of the Peru continental margin: structure, stratigraphy, and Cenozoic tectonics from 6°S to 16° latitude. En: Kulm, L.D., *et al.*, eds. *Nazca plate: crustal formation and Andean convergence*. Boulder, CO: Geological Society of America, *Memoir* 154, p. 393-422.
- TREGUER, P., NELSON D. M., VAN BENNEKOM, A. J., DEMASTER, D. J., LEYNAERT, A. & QUE´GUINER, B. (1995) The balance of silica in the world ocean: a reestimate, *Science* 268: 375– 379.
- TSUCHI, R., KOIZUMI, I., IBARAKI, M., ALDANA-A, M. & VILLAVICENCIO, E. (1992). Fundamental data on Cenozoic biostratigraphy of the Pacific coast of Peru. Supplement 2. Report on Andean Studies Shizuoka University, Special Volume 4, 33-40.
- TSUCHI, R., SHUTO, T., FUJOYOSHI, A., KOIZUMI, I., IBARAKI, M., RANGEL, C. & ALDANA, A. (1988). Fundamental data on Cenozoic biostratigraphy of the Pacific coast of Peru. Report on Andean Studies Shizuoka University, Special Volume 2, 45-70.
- TSUCHI, R., SHUTO, T., TAKAYAMA, T., KOIZUMI, I., FUJOYOSHI, A., IBARAKI, M., ALDANA, A. & VILLAVICENCIO, E. (1990). Fundamental data on Cenozoic biostratigraphy of the Pacific coast of Peru. Supplement. Report on Andean Studies Shizuoka University, Special Volume 3, 47-57.
- WALKLEY, A., & BLACK, I. A. (1934). An examination of the Degthareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method: *Soil Science*, v 27, o. 29 – 38.

- WEBER M. E., VON STACKELBERG, U., MARCHIG, V., WIEDICKE, M., & GRUPE, B. (2000). Variability of surface sediments in the Peru basin: dependence on water depth, productivity, bottom water flow, and seafloor topography. *Marine Geology*, 163, 169 – 184.
- WERNER, D. (1997). *The biology of Diatoms*, Botany Monography, University of California Press, Berkeley, 13, 1 – 498.
- WISE, J. M. (2007) Tectono-stratigraphic history of the Huancayo intermontane basin, central Peru / Historia tectónica de la cuenca intermontañosa de Huancayo, Perú central. *Bol. Soc. geol. Perú* 102: 63-78.
- WOODRUFF, F. AND SAVIN, S.M. (1989). Miocene deep-water oceanography. *Paleoceanography*, 7: 87-140.
- WRIGHT, J.D. AND MILLER, K.G., (1992). Miocene Stable Isotope Stratigraphy, Site 747, Kerguelen Plateau. In: S.W. Wise, Jr., R. Schlich, *et al.* (Editors), *Proc. ODP, Sci. Res.*, 120: College Station, TX (Ocean Drilling Program), pp. 855-866.
- YANG, Y., FANG, X., GALY, A., JIN, Z., WU, F., YANG, R., ZHANG, W., ZAN, J., LIU, X. & GAO, S.,(2016) Plateau uplift forcing climate change around 8.6 Ma on the northeastern Tibetan Plateau: evidence from an integrated sedimentary Sr record. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 461, 418–431
- ZACHOS, J., PAGANI, M., SLOAN, L., THOMAS, E. & BILLUPS, K. (2001a). Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to Present. *Science*, 292, 686 – 693.
- MAGURRAN A. E. (1988) *Ecological diversity and its measurement* Princeton University Press, 200

## XII ANEXOS

### T- 1. Lista de Diatomeas de la Sección Cerro Caucato

N°	TAXÓN
1	<i>Coronodiscus</i> sp Suto
2	<i>Dicladia</i> sp Ehrenberg
3	<i>Dispinodiscus</i> sp Suto
4	<i>Dossetia</i> cf. <i>hyalina</i> Andrews
5	<i>Dossetia</i> sp Azpeitia
6	<i>Gemellodiscus</i> cf. <i>bifurcuss</i> Suto
7	<i>Gemellodiscus cingulus</i> var. <i>cingulus</i> Suto
8	<i>Gemellodiscus cingulus</i> var. <i>longus</i> Suto
9	<i>Gemellodiscus</i> sp Ehrenberg
10	<i>Goniothecium</i> sp Ehrenberg
11	<i>Hyaline</i> type
12	<i>Liradiscus</i> spp Greville
13	<i>Quadrocistella</i> sp
14	<i>Stephanogonia</i> sp
15	<i>Truncatulus</i> spp
16	<i>Vallodiscus</i> sp
17	<i>Xanthiopyxis</i> cf. <i>polaris</i> Suto
18	<i>Xanthiopyxis</i> spp
19	<i>Actinocyclus actinochilus</i> (>80 $\mu$ ) (Ehrenberg) Simonsen
20	<i>Actinocyclus actinochilus</i> (<80 $\mu$ ) (Ehrenberg) Simonsen
21	<i>Actinocyclus curvatus</i> Janisch
22	<i>Actinocyclus ellipticus</i> var. <i>elongatus</i> Kolbe
23	<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>asteriscus</i> Barron
24	<i>Actinocyclus octonarius</i> Ehrenberg
25	<i>Actinocyclus octonarius</i> var. <i>tenellus</i> (Brébisson) Hendey
26	<i>Actinocyclus</i> sp.1
27	<i>Actinocyclus</i> spp.
28	<i>Actinoptychus</i> cf. <i>senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg
29	<i>Actinoptychus</i> cf. <i>splendes</i> (Shadbolt) Ralfs in Pritchard
30	<i>Actinoptychus</i> sp. (A. cf. <i>heliopelta</i> ) Grunow
31	<i>Azpeitia nodulifera</i> (Schmidt) Fryxell & Sims
32	<i>Azpeitia</i> sp.1
33	<i>Azpeitia</i> sp. (A. aff. <i>africana</i> ) (Janisch ex A.Schmidt) Fryxell & Watkins
34	<i>Azpeitia</i> sp. (A. aff. <i>vetustissima</i> var) (Pantocsek) Sims
35	<i>Azpeitia</i> spp.
36	<i>Azpeitia</i> cf. <i>vetustissima</i> (Pantocsek) Sims
37	<i>Bacteriastrum</i> sp.
38	<i>Cestodiscus pulchellus</i> Greville
39	<i>Cocconeis scutelum</i> Ehrenberg
40	<i>Cocconeis</i> sp.
41	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg
42	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> var. <i>hybrida</i> Grunow
43	<i>Coscinodiscus obscurus</i> Schmidt

## T-1. Continúa

- 44 *Coscinodiscus oculus-iridis* (Ehrenberg) Ehrenberg
- 45 *Coscinodiscus perforatus* Ehrenberg
- 46 *Coscinodiscus* spp
- 47 *Craspedodiscus* sp.
- 48 *Delphineis angustata* (Pantocsek) G.W.Andrews
- 49 *Delphineis ischaboensis* var. *linguiformis*
- 50 *Delphineis ischaboensis* var. *lippa*
- 51 *Delphineis* cf. *kippae*
- 52 *Delphineis margaritalimbata* (Mertz) Koizumi,
- 53 *Delphineis simonseni* (Mertz) Akiba,
- 54 *Delphineis* spp
- 55 *Delphineis urbinae* Gariboldi
- 56 *Delphineis wetzeli* (Mertz) Andrews
- 57 *Denticulopsis* sp
- 58 *Diploneis bombus* (Ehrenberg) Ehrenberg
- 59 *Fragilariopsis* aff. *cylindrica* (Burckle) Censarek & Gersonde
- 60 *Fragilariopsis* aff. *Curta* (Van Heurck) Hustedt
- 61 *Fragilariopsis miocenica* (Burckle) Censarek & Gersonde
- 62 *Fragilariopsis pliocena* (Brun) Sheshukova-Poretskaya
- 63 *Fragilariopsis pliocena* var. *horribilis* Solís nov. comb.
- 64 *Fragilariopsis pliocena* var. *peruviana* Solís nov. comb.
- 65 *Fragilariopsis pliocena* var. *varilobata* Solís nov. comb.
- 66 *Fragilariopsis reinholdii* (Kanaya & Koizumi) Zielinski & Gersonde
- 67 *Fragilariopsis* spp
- 68 *Grammatophora angulosa* Ehrenberg
- 69 *Grammatophora arcuata* Ehrenberg
- 70 *Grammatophora marina* (Lyngbye) Kützing
- 71 *Grammatophora* sp
- 72 *Hemidiscus cuneiformis* Wallich
- 73 *Koizumia adori* Yanagisawa
- 74 *Koizumia tatsunokuchiensis* (Koizumi) Y.Yanagisawa
- 75 *Mediaria splendida* f. *tenera* Schrader
- 76 *Neodelphineis pelagica* Takano
- 77 *Neodelphineis* sp
- 78 *Neodenticula* sp.
- 79 *Neodetonia dobrinae* (Louvrou, Danielidis & Economou-Amilli) S.Blanco
- 80 *Nitzschia jouseae*
- 81 *Nitzschia porteri* Frenguelli
- 82 *Nitzschia* sp1
- 83 *Nitzschia* sp.
- 84 *Odontella aurita* (Lyngbye) Agardh
- 85 *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve
- 86 *Proboscia* sp

## T-1. Continúa

- 87 *Psammodiscus nitidus* (Gregory) Round & Mann
- 88 *Pseudauliscus* sp
- 89 *Pseudodimerogramma elegans*
- 90 *Pseudotriceratium* sp
- 91 *Rhaphoneis* cf. *fossile*
- 92 *Rhaphoneis* sp. Ehrenberg
- 93 *Rhizosolenia* cf. *acuminata*
- 94 *Rhizosolenia* sp
- 95 *Rhizosolenia simplex* Karsten
- 96 *Rhizosolenia styliformis*. Brightwell
- 97 *Rouxia* sp Brun & Héribaud-Joseph
- 98 *Shionodiscus* cf. *bipora*
- 99 *Shionodiscus praeoestrupii* (Dumont, Baldauf & Barron) Alverson, Kang & Theriot
- 100 *Shionodiscus* sp1
- 101 *Shionodiscus oestrupii* s.l. (Ostenfeld) Alverson, Kang & Theriot
- 102 *Shionodiscus* spp A.J.Alverson, S.H.Kang & E.C.Theriot
- 103 *Shionodiscus tetraoestrupii* (Bodén) Alverson, Kang & Theriot
- 104 *Stellarima stellaris* (Roper) Hasle & Sims
- 105 *Stephanopyxis furcata* (Grove) Frenguelli
- 106 *Stephanopyxis megastoma* Frenguelli
- 107 *Stephanopyxis* sp (Ehrenberg) Ehrenberg
- 108 *Stephanopyxis superba* Frenguelli
- 109 *Stephanopyxis turris* (Greville) Ralfs
- 110 *Stictodiscus* sp Greville, 1861
- 111 *Tabularia tabulata* (Agardh) Snoeijs
- 112 *Thalassionema* cf. *lanceolata*
- 113 *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky
- 114 *Thalassionema nitzschioides* var. *parva*
- 115 *Thalassiosira antiqua* (Grunow) Proshkina-Lavrenko
- 116 *Thalassiosira californica* Y.Tanimura
- 117 *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve
- 118 *Thalassiosira* cf. *eccentrica* (Ehrenberg) Cleve
- 119 *Thalassiosira ferrelineata*
- 120 *Thalassiosira flexuosa* (Brun) Akiba & Yanagisawa
- 121 *Thalassiosira grunowii* Akiba & Yanagisawa
- 122 *Thalassiosira* spp.
- 123 *Thalassiothrix longissima* Cleve & Grunow
- 124 *Thalassiothrix monospina* Schrader
- 125 *Thalassiothrix* sp
- 126 *Trachyneis* sp

**T- 2. Concentración de Diatomeas (10<sup>6</sup> valvas / g sed seco) de la Sección Cerro Caucato**

Código de Muestra	Altura (m)	Biozona (F. Solís)	Preservación	Abund. Grupo	Coronodiscus sp	Diactadia sp	Displonodiscus sp	Dossetia cf. hyalina	Dossetia sp	Gemellodiscus cf. bifurcus	Gemellodiscus cingulatus var. cingulatus	Gemellodiscus cingulatus var. longus	Gemellodiscus sp	Goniothecium sp	Hyaline type	Liradiscus spp	Quadrocistella sp	Stephanogonia sp	Truncatulus spp	Vallo-discus sp	Xanthiopyxis cf. polaris	Xanthiopyxis spp	Chaetoceros sp (R.S) SUMA
CCN49	71.2	Zona de <i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>asteriscus</i>	B																				
CCN48	68.7		G	C							0.06	0.03			0.03	0.06						6.18	6.36
CCN47	67.2		M	F								0.03				0.06	0.03	0.78	0.03		0.03	7.77	8.70
CCN46	65.7		M	F															0.15			2.21	2.36
CCN45	64.2		M	F							0.03	0.06				0.12		0.81				4.52	5.54
CCN44	62.7		P	F								0.06					0.06		0.38	0.06	0.06	3.65	4.21
CCM43	61.2		G	C	0.06							0.16							0.09	0.13	0.13	37.27	37.71
CCM42	59.5		P	F												0.22			1.03	0.25		3.18	4.68
CCM41	57.7		G	C								0.25								0.62		2.68	3.55
CCM40	56.5		M	F	0.06							0.09				0.06	0.03	0.03		0.47	0.03	4.84	5.61
CCL39	55.9		M	F												0.03					0.03	5.46	5.52
CCL38	54.4		M	F										0.06			0.03				0.15	3.83	4.07
CCL37	52.9		M	C											0.09						0.13	6.58	6.80
CCK36	50.4		M	C								0.12					0.06		0.12			3.79	4.09
CCK35	48.9	P	F																	0.02	0.90	0.92	
CCJ34	41.9	G	A								0.15					0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	42.82	43.06	
CCI33	40.2	M	F								0.09				0.03		0.06	0.06	0.03	0.06	6.32	6.59	
CCI32	39.7	P	F								0.02							0.01	0.01	0.01	0.91	0.95	
CCI31	38.2	M	F								0.06										1.11	1.17	
CCH30	36.5	M	A								0.19	0.06	0.03		0.10					0.19	7.29	7.86	
CCH29	35	M	C								0.22	0.28	0.03			0.03	0.06	0.15		0.15	10.63	11.40	
CCH28	33.5	M	C								0.03	0.06				0.16	0.09	0.19	0.03	0.03	34.28	34.84	
CCG27	32.5	M	F	0.03							0.25				0.06	0.03	0.03	0.03	0.28	0.03	10.96	11.67	
CCG26	31	M	F								0.06	0.09	0.03		0.03	0.03	0.06	0.03	0.16	0.16	7.76	8.25	
CCG25	29.5	B																					
CCF24	29	M	F								0.03					0.03					2.51	2.57	
CCF23	27.9	B																					
CCF22	27.5	M	F								0.13											4.59	4.72
CCF21	26	M	F								0.09									0.16	15.90	16.15	
CCF20	24.5	M	P	0.03							0.03	0.03			0.03	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	3.06	3.36	
CCE19	24	M	C								0.05				0.02	0.11	0.02	0.19	0.19	0.19	7.50	7.89	
CCE18	22.8	M	C	0.06						0.03	0.31				0.03	0.16				0.94	17.65	19.18	
CCE17	21	M	C	0.03	0.03					0.03		0.03	0.03		0.16	0.13	0.47			2.03	7.09	10.03	
CCE16	19.5	G	A		0.03					0.03	0.06				0.06	0.19	0.03	0.06	0.06	0.06	3.60	4.06	
CCD15	18.5	M	C								0.02				0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	1.89	2.07	
CCD14	14.8	M	C			0.03				0.03	0.03	0.32	0.09	0.35	0.16	0.03		0.38	0.25	0.38	21.97	23.64	
CCD13	14.5	B																					
CCD12	14.3	M	C								0.06		0.06		0.25	0.13	0.09		0.03	0.13	8.60	9.35	
CCD11	12.5	M	C								0.06	0.03								0.03	14.62	14.74	
CCC10	12	M	C	0.03								0.03			0.06	0.28		0.09	0.03	0.03	2.76	3.28	
CCC09	10.5	G	A								0.03	0.03	0.09			0.63	0.03	0.03	0.16	0.03	0.03	4.26	5.32
CCC08	9	G	A			0.03									0.32	0.16	0.06	0.03		0.13	5.89	6.71	
CCC07	7.5	M	C												0.03						6.96	6.99	
CCB06	7	P	F								0.02					0.02				0.06	0.69	0.79	
CCB05	5.5	G	C								0.03				0.25	0.03		0.09	0.38	0.38	3.88	4.66	
CCB04	4	G	C	0.06		0.03														0.03	6.01	6.13	
CCB03	2.5	M	C																		2.22	2.22	
CCA02	1.5	M	C							0.06	0.19		0.06							0.19	11.60	12.10	
CCA01	0.1	M	C								0.06									0.32	16.22	16.60	

T 2. Continúa

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Actinocyclus actinochilus</i> (>80 µ)	<i>Actinocyclus actinochilus</i> (<80 µ)	<i>Actinocyclus curvatus</i>	<i>Actinocyclus ellipticus</i> var. <i>elongatus</i>	<i>Actinocyclus erhenbergii</i> var. <i>asteriscus</i>	<i>Actinocyclus octonarius</i>	<i>Actinocyclus octonarius</i> var. <i>tenellus</i>	<i>Actinocyclus</i> sp.1	<i>Actinocyclus</i> spp.	<i>Actinopychus</i> cf. <i>senarius</i>	<i>Actinopychus</i> cf. <i>splendes</i>	<i>Actinopychus</i> sp. (tetra)	<i>Azpeitia nodalifera</i>	<i>Azpeitia</i> sp.1	<i>Azpeitia</i> sp. (A. aff. <i>africana</i> )	<i>Azpeitia</i> sp. (A. aff. <i>vetustissima</i> var.)	<i>Azpeitia</i> spp.	<i>Azpeitia</i> cf. <i>vetustissima</i>	<i>Bacteriostrium</i> sp.	<i>Cestodiscus putchellus</i>	<i>Cocconeis scutellum</i>	<i>Cocconeis</i> sp.	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> var. <i>hybridus</i>	<i>Coscinodiscus obscurus</i>	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	<i>Coscinodiscus perforatus</i>					
CCN49	71.2																																
CCN48	68.7																																
CCN47	67.2				0.06						0.09			0.52		0.12																	
CCN46	65.7				0.63						0.28			0.13		0.06 1.94			0.09					0.13		0.03	0.03						
CCN45	64.2				0.06	0.03	0.03				0.12								0.03														
CCN44	62.7				0.59		0.06				0.06				0.03	0.03	0.59		0.09														
CCM43	61.2	0.13			1.76		0.06				0.38	0.06		0.31		0.06			1.26					0.06									
CCM42	59.5		0.06		0.63	0.03	0.03				0.35					0.09	0.50		0.25					0.06	0.03	0.03	0.03						
CCM41	57.7				0.12	0.12	0.03				0.19			0.47		4.70			0.22					0.06									
CCM40	56.5			0.03	1.37						0.31			0.19		8.05	4.93							0.06									
CCL39	55.9		0.09		0.19	0.06				0.06	0.28	0.03						0.22					0.09										
CCL38	54.4				0.03	0.06		0.06		0.06	0.06							0.09	0.22							0.03							
CCL37	52.9				0.43	0.80		0.09		8.42				0.03	0.03	0.74			0.89					0.03									
CCK36	50.4		0.25		0.16	0.69		0.31		1.07	0.03							0.19	0.19					0.03									
CCK35	48.9				0.25	0.06				5.28									0.06					0.06									
CCJ34	41.9				0.11					0.90								0.01						0.01									
CCI33	40.2				0.93					0.56								0.06	0.06	0.03													
CCI32	39.7				0.13					0.09															0.01								
CCI31	38.2				0.08					0.23								0.01							0.01								
CCH30	36.5		0.10		0.87					0.12															0.03								
CCH29	35		0.15		0.13					0.22		0.03							0.13														
CCH28	33.5		0.13		0.31					0.25									0.22		0.03												
CCG27	32.5				0.06	0.09				0.16									0.16														
CCG26	31		0.03		0.03	0.06				0.03											0.03												
CCG25	29.5				0.09					0.09															0.03								
CCF24	29		0.25		0.25	0.06				0.03									0.03														
CCF23	27.9																																
CCF22	27.5		0.03		0.13					0.06									0.03	0.03					0.03								
CCF21	26		0.25		0.35					0.09																							
CCF20	24.5		0.09		0.09				0.03	0.13																							
CCE19	24		0.03		0.02	0.02				0.24									0.02						0.02								
CCE18	22.8		0.03		0.03	0.03				1.53	0.16	0.03					0.03	0.03	0.03														
CCE17	21		0.03		0.06	0.03				1.08	0.03																						
CCE16	19.5		0.09		0.09					0.06																							
CCD15	18.5				0.92	0.02				0.03	0.03								0.02						0.03		0.03						
CCD14	14.8				0.03					0.28									0.03														
CCD13	14.5																																
CCD12	14.3				0.03	0.03				0.06	0.06														0.09								
CCD11	12.5				0.03					0.03	0.16								0.06														
CCC10	12				0.82	0.41				0.03	0.41	0.06	0.03						0.06						0.03								
CCC09	10.5				0.19	0.28				0.03	0.76	0.03	0.03						0.03						0.09								
CCC08	9				1.27	0.76				0.79	0.03	0.03							0.13								0.03	0.03					
CCC07	7.5				0.03	0.03				0.06															0.06								
CCB06	7				0.02	0.03				0.02	0.02	0.02																					
CCB05	5.5				0.03	1.23	0.38			0.13	0.13	0.03							0.03	0.03													
CCB04	4				0.73	0.95				0.44	0.22								0.06	0.03					0.03		0.03	0.03					
CCB03	2.5				0.08	0.02				0.05	0.02																						
CCA02	1.5				0.06	0.38	0.13			4.54	0.13						0.06	0.06	0.06					0.06		0.06							
CCA01	0.1				0.76					1.96	0.06								0.06					0.06		0.13							





T 2. Continúa

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Shionodiscus</i> spp	<i>Shionodiscus tetraoestrapii</i>	<i>Stellarina stellaris</i>	<i>Stephanopyxis furcata</i>	<i>Stephanopyxis megastoma</i>	<i>Stephanopyxis</i> sp	<i>Stephanopyxis superba</i>	<i>Stephanopyxis turris</i>	<i>Stictodiscus</i> sp	<i>Tabularia tabulata</i>	<i>Thalassionema</i> cf. <i>lancoolata</i>	<i>Thalassionema nitchoioides</i>	<i>Thalassionema nitchoioides</i> var. <i>parva</i>	<i>Thalassiostra antiqua</i>	<i>Thalassiostra californica</i>	<i>Thalassiostra eccentrica</i>	<i>Thalassiostra</i> cf. <i>eccentrica</i>	<i>Thalassiostra ferrelinedata</i>	<i>Thalassiostra flexuosa</i>	<i>Thalassiostra grunowii</i>	<i>Thalassiostra</i> spp.	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Thalassiothrix monospina</i>	<i>Thalassiothrix</i> sp	<i>Trachyneis</i> sp	Conc. Diatomeas Total	
CCN49	71.2																											
CCN48	68.7	0.03										1.84	0.06								0.21						27.51	
CCN47	67.2	0.09				0.03	0.03	0.03				1.82			0.06				0.09								14.67	
CCN46	65.7		0.09									0.61	0.18									0.06					10.02	
CCN45	64.2											0.72							0.06			0.06					13.12	
CCN44	62.7											1.64	0.25		1.51	0.06	0.25				0.19	0.06		0.06			18.96	
CCM43	61.2	0.03					0.03	0.09	0.03			3.61	0.06		0.06							0.03	0.03				88.64	
CCM42	59.5					0.03					0.06	2.02						0.03	0.12		0.06						17.43	
CCM41	57.7					0.06	0.06					0.75			0.25	0.12											53.56	
CCM40	56.5					0.03						0.82	0.25					0.03	0.19					0.03	0.03		12.08	
CCL39	55.9	0.06	0.16									8.75	0.51		0.06	0.03		0.06	0.19		0.32						30.62	
CCL38	54.4	0.06	0.03			0.03		0.34				1.67	0.31		0.56												24.77	
CCL37	52.9	0.06						0.03				4.41	0.06		0.35			0.03				0.06					14.42	
CCK36	50.4					0.06	0.06	0.12				7.33			0.19				0.75		0.12						27.68	
CCK35	48.9	0.02				0.01		0.01				1.09			0.01				0.31								4.59	
CCJ34	41.9					0.03	0.03					0.03	21.19	0.74	0.06	0.03	0.12	0.03			0.06						96.72	
CCI33	40.2											14.46	0.63	0.13			0.03				0.06			0.03			22.68	
CCI32	39.7	0.01	0.03									1.35	0.15			0.04			0.03		0.16						3.19	
CCI31	38.2		0.06			0.03						6.75				0.12			0.03								10.26	
CCH29	36.5						0.03	0.03				66.69	0.06		0.16												84.40	
CCH28	35	0.06										0.09	53.36	0.25		0.40	0.03			0.18							68.76	
CCG27	33.5	0.09	0.06			0.03	0.03		0.03			0.03	43.51	0.06	0.09	0.03	0.54	0.06					0.03				87.63	
CCG26	32.5	0.09	0.06						0.03			20.18	0.06			0.32	0.03			0.06							33.40	
CCG25	31	0.03				0.03						12.22	0.12							0.03							21.61	
CCF24	29	0.03				0.03						29.08	0.25	0.03			0.03	0.03	0.03		0.03						34.43	
CCF23	27.9																											0.00
CCF22	27.5	0.03				0.03						27.68	0.25			0.03				0.03		0.03		0.03			33.83	
CCF21	26											16.94	0.28			0.13				0.06							35.86	
CCF20	24.5					0.03		0.03			0.03	8.11	0.76			0.19		0.03		0.03							14.74	
CCE19	24							0.02	0.05			5.57	0.57					0.06		0.02	0.02		0.02				15.05	
CCE18	22.8		0.03			0.03	0.03	0.03				9.60	1.47	0.09	0.03	0.63			0.06		0.19						35.35	
CCE17	21					0.03	0.03	0.03	0.06			5.73	0.76			1.46		0.13		0.16		0.16					20.94	
CCE16	19.5	0.09	0.06			0.03	0.03				0.03	38.19	0.38	0.13	0.03	0.41	0.03	0.47		0.25		0.03					47.54	
CCD15	18.5	0.06				0.02						0.02	2.62	0.16		0.24	0.11			0.17	0.03						8.33	
CCD14	14.8					0.03						12.44	1.42			0.16	0.03							0.03			40.29	
CCD13	14.5																										0.00	
CCD12	14.3					0.03		0.03				9.08	0.89			0.28	0.09			0.09	0.09		0.03				24.54	
CCD11	12.5	0.03				0.03		0.03				0.06	36.30	0.47		0.09	0.03			0.09	0.06		0.03				60.08	
CCC10	12											0.19	3.86	0.31	0.03	0.66	0.03			0.06	0.53						14.47	
CCC09	10.5											0.03	43.32	1.39	0.47	0.13	0.03	0.03		0.44	0.06						54.52	
CCC08	9	0.19				0.03	0.03					0.06	36.40	0.51	0.19	2.22	0.03	0.38		0.32	0.25						57.12	
CCC07	7.5											0.03	12.87	0.25		0.16				0.06	0.03			0.03		0.03	22.47	
CCB06	7											0.02	4.45	0.49		0.02				0.06							7.46	
CCB05	5.5	0.13	0.03			0.03						0.03	4.00	0.41		0.32				0.16	0.47	0.03	0.22				16.30	
CCB04	4	0.03				0.03		0.03			0.03	0.19	8.19	1.17	0.06	0.03	0.41	0.03		0.03	0.25	0.54	0.03				23.22	
CCB03	2.5	0.13	0.06									0.05	6.90	0.16	0.05	0.14				0.02	0.08						10.79	
CCA02	1.5	0.44				0.06		0.06				0.13	39.15	0.95	0.25	1.39		0.06		0.25							61.69	
CCA01	0.1	1.01	0.06			0.06		0.06				0.13	51.97	0.95		0.32	2.03				0.06						78.18	

T- 3. Abundancia relativa (%) de las Diatomeas de la Sección Cerro Caucato

Código de Muestra	Altura (m)	Biozona (F. Solís)	Preservación	Abund. Grupo	<i>Coronodiscus</i> sp	<i>Dicladia</i> sp	<i>Dispinodiscus</i> sp	<i>Dossetia</i> cf. <i>lyalina</i>	<i>Dossetia</i> sp	<i>Gemellodiscus</i> cf. <i>bifurcus</i>	<i>Gemellodiscus cingulatus</i> var. <i>cingulatus</i>	<i>Gemellodiscus cingulatus</i> var. <i>longus</i>	<i>Gemellodiscus</i> sp	<i>Goniothectum</i> sp	<i>Hyaline</i> type	<i>Liriodiscus</i> spp	<i>Quadracostella</i> sp	<i>Stephanogonia</i> sp	<i>Truncatulus</i> spp
CCN49	71.2	Zona de <i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>asteriscus</i>	B																
CCN48	68.7		G C								0.22	0.11			0.11		0.22		
CCN47	67.2		M F								0.21					0.43	0.21		5.33
CCN46	65.7		M F																1.53
CCN45	64.2		M F								0.24	0.47				0.95			6.16
CCN44	62.7		P F									0.33					0.33		1.99
CCM43	61.2		G C		0.07							0.18							0.11
CCM42	59.5		P F														1.25		5.89
CCM41	57.7		G C									0.47							1.16
CCM40	56.5		M F			0.52						0.78				0.52	0.26	0.26	3.89
CCL39	55.9		M F														0.10		
CCL38	54.4		M F															0.12	
CCL37	52.9		M C																
CCK36	50.4		M C									0.45						0.22	0.45
CCK35	48.9	P F																	
CCJ34	41.9	G A									0.16						0.03	0.03	
CCI33	40.2	M F									0.41				0.14			0.28	
CCI32	39.7	P F									0.65							0.33	
CCI31	38.2	M F									0.60								
CCH30	36.5	M A									0.23	0.08	0.04		0.11				
CCH29	35	M C									0.31	0.40	0.04				0.04	0.09	
CCH28	33.5	M C									0.04	0.07				0.18	0.11	0.22	
CCG27	32.5	M F			0.09						0.76				0.19	0.09	0.09	0.09	
CCG26	31	M F									0.29	0.43	0.14		0.14	0.14	0.29	0.14	
CCG25	29.5	B																	
CCF24	29	M F										0.09					0.09		
CCF23	27.9	B																	
CCF22	27.5	M F										0.37							
CCF21	26	M F										0.26							
CCF20	24.5	M P				0.21					0.21	0.21			0.21	0.43		0.43	
CCE19	24	M C										0.32			0.11	0.74		0.11	
CCE18	22.8	M C		0.18						0.09	0.88					0.09	0.44		
CCE17	21	M C			0.15	0.15				0.15		0.15	0.15		0.76	0.60	2.27		
CCE16	19.5	G A				0.07				0.07	0.13				0.13	0.40		0.07	
CCD15	18.5	M C									0.19				0.57	0.38	0.38	0.38	
CCD14	14.8	M C					0.08			0.08	0.08	0.78	0.24	0.86	0.39	0.08		0.94	
CCD13	14.5	B																	
CCD12	14.3	M C									0.26		0.26		1.03	0.51	0.39	0.13	
CCD11	12.5	M C									0.11	0.05							
CCC10	12	M C		0.22								0.22			0.43	1.95		0.65	
CCC09	10.5	G A									0.06	0.06	0.17			1.16	0.06	0.06	
CCC08	9	G A					0.06					0.17			0.55	0.28	0.11	0.06	
CCC07	7.5	M C													0.14				
CCB06	7	P F										0.21				0.21			
CCB05	5.5	G C										0.19				1.55	0.19	0.58	
CCB04	4	G C			0.27			0.14											
CCB03	2.5	M C																	
CCA02	1.5	M C								0.10	0.31		0.10						
CCA01	0.1	M C									0.08								



T- 3. Continua

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Bacteriastrum</i> sp.	<i>Cestodiscus pulchellus</i>	<i>Cocconeis scutellum</i>	<i>Cocconeis</i> sp.	<i>Coccolithidium asteromphalus</i>	<i>Coccolithidium asteromphalus</i> var. <i>hybrida</i>	<i>Coccolithidium obscurus</i>	<i>Coccolithidium ocellus-iridis</i>	<i>Coccolithidium perforatus</i>	<i>Coccolithidium</i> spp	<i>Craspedoliscus</i> sp.	<i>Delphineis angustata</i>	<i>Delphineis ischaboensis</i> var. <i>linguliformis</i>	<i>Delphineis ischaboensis</i> var. <i>Lippa</i>	<i>Delphineis cf. kippae</i>	<i>Delphineis margaritambata</i>	<i>Delphineis simonseni</i>	<i>Delphineis</i> spp	<i>Delphineis urbiniae</i>	<i>Delphineis watzli</i>	<i>Denticulopsis</i> sp	<i>Diploneis bombus</i>
CCN49	71.2																						
CCN48	68.7							0.11					0.56	62.67	0.67			0.89				0.22	
CCN47	67.2					0.85		0.21	0.21		0.43				0.21			0.43					
CCN46	65.7										0.31				0.61	50.76						0.61	
CCN45	64.2										0.24				0.71	38.39		0.71					
CCN44	62.7					0.33					0.33	0.33	6.62	1.32	16.23		8.28						
CCM43	61.2					0.07	0.04	0.04	0.04			0.71	48.34	0.39									
CCM42	59.5					0.36							2.68	0.54									
CCM41	57.7					0.12										62.05		0.23					
CCM40	56.5					0.78					0.26				30.31		1.55				0.26		
CCL39	55.9							0.10			0.10		4.22	0.10	0.31	0.41							
CCL38	54.4										0.25		22.79	0.12	0.75	0.12							
CCL37	52.9					0.22					0.44	0.22	17.65	1.53	4.36		0.22						
CCK36	50.4					0.22					0.22	0.22	0.67		29.60				0.22				
CCK35	48.9					0.22					0.22	0.22	1.57		19.10		2.02						
CCJ34	41.9	0.03										5.27	11.24	2.46									
CCB33	40.2										0.04	0.28	0.69	0.69			0.41						
CCB32	39.7					0.33					0.33	3.27											
CCB31	38.2					0.30					0.30	2.41		1.81		1.20							
CCH30	36.5										0.04	0.08									9.31		
CCH29	35		0.04								0.04	0.45	0.45	0.04							1.39		
CCH28	33.5							0.04			0.04	2.02	0.11			0.47					0.87		
CCG27	32.5		0.09																				
CCG26	31					0.14											0.72				1.15		
CCG25	29.5																						
CCF24	29												0.09				1.73					0.45	
CCF23	27.9																						
CCF22	27.5					0.09					0.09		0.09	0.09			0.56					0.46	
CCF21	26										0.09	0.70							0.35				
CCF20	24.5										0.21	2.78	0.85	0.21			0.21		0.85				
CCE19	24					0.11					0.11	0.53	1.48	0.21									
CCE18	22.8											0.09	0.18										
CCE17	21				0.15						0.15	0.15	0.60	0.60									
CCE16	19.5			0.07				0.07						0.07		0.07		0.07		0.07			
CCD15	18.5					0.19					1.53		0.38		0.96	0.19	8.99				0.38		
CCD14	14.8								0.08			0.08	0.63	0.16			1.73				0.08		
CCD13	14.5																						
CCD12	14.3					0.39					0.13	0.64	0.51	1.41				0.90			2.57		
CCD11	12.5										0.05	0.58	6.63	0.21			0.11	0.95					
CCD10	12					0.22					0.22	0.43	1.08		1.30		4.11		0.22				
CCC09	10.5					0.17		0.06			0.06	0.12	0.06	0.23			0.64				0.23		
CCC08	9							0.06	0.06		2.33	0.33		0.33			2.71						0.06
CCD07	7.5					0.28											1.26						
CCB06	7										0.21						0.21						
CCB05	5.5										2.13	0.97	1.55		0.19						0.19	0.39	0.19
CCB04	4					0.14		0.14	0.14		1.09	0.14	0.27	2.04			6.79				0.27		
CCB03	2.5							0.15	0.15		0.44	0.15	1.46				0.29				0.15		
CCA02	1.5				0.10	0.10			0.10		0.10		0.10			0.10							
CCA01	0.1				0.08	0.16					0.16	0.08	0.08	0.32							0.08		

T- 3. Continua

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Fragilariaopsis allicylindrica</i>	<i>Fragilariaopsis aff. curta</i>	<i>Fragilariaopsis mucronica</i>	<i>Fragilariaopsis plocena</i>	<i>Fragilariaopsis plocena</i> var. <i>horribilis</i>	<i>Fragilariaopsis plocena</i> var. <i>peruviana</i>	<i>Fragilariaopsis plocena</i> var. <i>variolata</i>	<i>Fragilariaopsis reinholdii</i>	<i>Fragilariaopsis</i> spp	<i>Grammatophora angulosa</i>	<i>Grammatophora arcuata</i>	<i>Grammatophora marina</i>	<i>Grammatophora</i> sp	<i>Hemidiscus euceliformis</i>	<i>Koizumia adaro</i>	<i>Koizumia tatsunokuchiensis</i>	<i>Mediaria splendida</i>	<i>Neodelphinis pelagica</i>	<i>Neodelphinis</i> sp	<i>Neodenticula</i> sp.	<i>Neodenticula dohrnuae</i>	<i>Nitzschia jouseae</i>	<i>Nitzschia porteri</i>
CCN49	71.2																							
CCN48	68.7								0.33															
CCN47	67.2								1.07															
CCN46	65.7								10.70															
CCN45	64.2								0.24															
CCN44	62.7								0.66															
CCM43	61.2						0.21		0.35															
CCM42	59.5				0.89				21.07															
CCM41	57.7																0.12							
CCM40	56.5								0.78															
CCL39	55.9	0.10							37.49											0.41				
CCL38	54.4						0.37		0.75															
CCL37	52.9								0.44	0.22										0.22				
CCK36	50.4								0.90															
CCK35	48.9	1.12							1.12															
CCJ34	41.9						0.06		0.48												1.28			
CCB3	40.2																							
CCB2	39.7																							
CCB1	38.2								2.71															
CCH30	36.5	0.15							0.68					0.04						0.04				
CCH29	35								0.13											0.09				
CCH28	33.5	0.18		0.07	0.11	0.07			2.88			0.04				0.43								
CCG27	32.5	0.09							0.38											0.09				
CCG26	31								1.01											0.14				
CCG25	29.5																							
CCF24	29	0.18							2.00															
CCF23	27.9																							
CCF22	27.5	0.19							0.46															
CCF21	26				0.26				1.41								1.50							
CCF20	24.5			0.21					3.63								2.56							
CCE19	24	0.11											0.11					0.11	0.11					
CCE18	22.8	2.21							2.74	0.18									0.18					
CCE17	21	1.21			2.57	0.15														0.15	0.15			
CCE16	19.5	1.92			0.27														3.51	0.20				
CCD15	18.5										0.19						0.19		4.02	3.06				
CCD14	14.8	0.78														0.08		1.18	0.39		0.08			
CCD13	14.5																							
CCD12	14.3	0.39	0.39		3.47						0.13				0.13			3.60	2.06	0.39				0.13
CCD11	12.5	0.74			0.63	0.63												0.63	1.58					
CCC10	12	0.43			0.43													9.96	5.84		0.22			
CCC09	10.5	0.35			0.06	0.06												0.75	0.29		0.06			
CCO08	9	0.06			0.06					0.06								2.38	1.88					
CCO07	7.5	0.14			3.78		0.14											1.40	0.98					
CCB06	7	1.87	0.42			1.04	0.21	5.82			0.21		0.19					6.86	2.08		0.21			
CCB05	5.5	1.16				2.13	1.93	4.45										4.45	2.13					
CCB04	4	0.27					0.14											0.82	1.49					
CCB03	2.5	1.02					0.15												1.32					
CCA02	1.5				0.20													0.10	1.23					
CCA01	0.1																		1.62					

T- 3. Continua

Código de Muestra					<i>Psammodescus nitidus</i>	<i>Pseudatidiscus</i> sp	<i>Pseudodimerogramma elegans</i>	<i>Pseudotriceratium</i> sp	<i>Rhaphoneis</i> cf. <i>fossile</i>	<i>Rhaphoneis</i> sp.	<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>acuminata</i>	<i>Rhizosolenia</i> sp	<i>Rhizosolenia simplex</i>	<i>Rhizosolenia styliformis</i> .	<i>Rouxia</i> sp	<i>Shionodiscus</i> cf. <i>hipona</i>	<i>Shionodiscus praecoestrupii</i>	<i>Shionodiscus</i> sp. 1	<i>Shionodiscus oestrupii</i> s.l.	<i>Shionodiscus</i> spp	<i>Shionodiscus tetraoestrupii</i>	<i>Stellarina stellaris</i>
	Altura (m)	<i>Nitzschia</i> sp1	<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Odontella aurita</i>																		
CCN49	71.2																					
CCN48	68.7					0.33												0.33	0.11		0.11	
CCN47	67.2					0.85															0.64	
CCN46	65.7											0.31	0.31				0.61					0.92
CCN45	64.2																					
CCN44	62.7																	0.33	1.66			
CCM43	61.2					0.11											0.11	0.32			0.04	
CCM42	59.5									0.18		0.18										
CCM41	57.7										0.12						0.58	0.12				
CCM40	56.5									0.26		0.26					0.78		0.26			
CCL39	55.9															0.10	0.10	3.40	0.21		0.51	
CCL38	54.4											0.12						0.25	0.12			
CCL37	52.9		0.22	1.74													0.22	0.44				
CCK36	50.4					0.45				0.22		0.22										
CCK35	48.9					0.22				0.22		0.22								0.45		
CCJ34	41.9																		9.87			
CCB33	40.2																	0.14				
CCB32	39.7	0.65																		0.33	0.98	
CCB31	38.2																			0.90		0.60
CCH30	36.5					0.60																
CCH29	35					0.08						0.04	0.04								0.09	
CCH28	33.5			0.83				0.04						0.29			0.11					0.11
CCG27	32.5				0.28			0.09		0.09				1.32					0.28		0.19	
CCG26	31					0.14														0.14		
CCG25	29.5																					
CCF24	29					0.36						0.09							0.09			
CCF23	27.9																					
CCF22	27.5									0.09		0.09									0.09	
CCF21	26							0.18														
CCF20	24.5				0.43			0.21				0.21										
CCE19	24									0.21		0.11										
CCE18	22.8		0.09				0.09			0.09									0.09			
CCE17	21															0.15						
CCE16	19.5				0.07					0.07						0.07		0.07	0.07	0.20		0.13
CCD15	18.5				0.19	1.15						0.19										0.76
CCD14	14.8									0.16				0.08								
CCD13	14.5																					
CCD12	14.3		0.13		0.26			0.13						0.13	0.13							
CCD11	12.5	0.05		0.05	0.05					0.05	0.05											0.05
CCC10	12				0.22	0.87																
CCC09	10.5				0.06	0.29												0.06				
CCC08	9				0.66	0.06	0.06	0.06		0.39				0.06					0.33			0.33
CCC07	7.5	0.14			0.14						0.14			0.28								
CCB06	7				0.21					0.21	0.21	0.21										
CCB05	5.5		0.19	0.39	0.39					0.39										0.77		0.19
CCB04	4				0.82	0.14											0.14		0.68			0.14
CCB03	2.5				0.59	0.15											1.32		1.17			0.59
CCA02	1.5														0.10		0.10		0.72			
CCA01	0.1				0.16															1.30		0.08

T- 3. Continua

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Stephanopyxis farcata</i>	<i>Stephanopyxis megastoma</i>	<i>Stephanopyxis</i> sp	<i>Stephanopyxis superba</i>	<i>Stephanopyxis turris</i>	<i>Stictodiscus</i> sp	<i>Tabularia tabulata</i>	<i>Thalassionema cf. lanceolata</i>	<i>Thalassionema nitzschoides</i>	<i>Thalassionema nitzschoides var. parva</i>	<i>Thalassiostra antiqua</i>	<i>Thalassiostra californica</i>	<i>Thalassiostra eccentrica</i>	<i>Thalassiostra cf. eccentrica</i>	<i>Thalassiostra ferrelina</i>	<i>Thalassiostra flexuosa</i>	<i>Thalassiostra granowii</i>	<i>Thalassiostra</i> spp.	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Thalassiothrix monospina</i>	<i>Thalassiothrix</i> sp	<i>Trachypais</i> sp
CCN49	71.2																						
CCN48	68.7																						
CCN47	67.2		0.21		0.21		0.21		6.67		0.22												
CCN46	65.7								12.37				0.43										
CCN45	64.2								6.12	1.83											0.61		
CCN44	62.7								5.45								0.47				0.47		
CCM43	61.2				0.04	0.11	0.04		8.61	1.32			7.95		0.33	1.32				0.99	0.33		0.33
CCM42	59.5			0.18					4.07	0.07			0.07								0.04		0.04
CCM41	57.7			0.12	0.12			0.36	11.61						0.18	0.71				0.36			
CCM40	56.5			0.26					1.40				0.47	0.23									
CCL39	55.9								6.74	2.07					0.26	1.55						0.26	0.26
CCL38	54.4			0.12		1.37			28.53	1.65			0.21	0.10	0.21	0.62				1.03			
CCL37	52.9					0.22			6.72	1.25			2.24										
CCK36	50.4			0.22	0.22	0.45			2.83	0.44			2.40		0.22					0.44			
CCK35	48.9			0.22	0.22	0.22			26.46				0.67				2.69			0.45			
CCJ34	41.9			0.03	0.03				23.60				0.22				6.74						
CCB33	40.2							0.03	21.91	0.77	0.06		0.03	0.13	0.03					0.06			
CCB32	39.7								63.72	2.76	0.55				0.14					0.28			0.14
CCB31	38.2			0.30					42.16	4.58				1.31		0.98				4.90			
CCH30	36.5				0.04	0.04			65.66					1.20		0.30							
CCH29	35								79.01	0.08				0.19									
CCH28	33.5		0.04	0.04		0.04		0.13	77.59	0.36				0.58		0.04				0.27			
CCG27	32.5						0.09	0.04	49.62	0.07	0.11		0.04	0.61	0.07							0.04	
CCG26	31			0.14					60.34	0.19				0.94	0.09					0.19			
CCG25	29.5								56.48	0.58										0.14			
CCF24	29			0.09					84.44	0.73	0.09				0.09	0.09	0.09			0.09			
CCF23	27.9																						
CCF22	27.5			0.09					81.78	0.74				0.09						0.09			0.09
CCF21	26								47.22	0.79				0.35						0.18			
CCF20	24.5			0.21		0.21			54.91	5.13				1.28		0.21				0.21			
CCE19	24					0.11	0.32		37.20	3.79					0.42					0.11	0.11		0.11
CCE18	22.8	0.09	0.09	0.09	0.09				27.14	4.16	0.27		0.09	1.77		0.18				0.53			
CCE17	21		0.15	0.15	0.15		0.30		27.34	3.63				6.95		0.60				0.76			
CCE16	19.5		0.07	0.07				0.07	80.24	0.80	0.27		0.07	0.86	0.07	0.99				0.53			0.07
CCD15	18.5			0.19					31.55	1.91				2.87	1.34					2.10	0.38		
CCD14	14.8			0.08					30.85	3.53				0.39	0.08								0.08
CCD13	14.5																						
CCD12	14.3			0.13	0.13				36.89	3.60				1.16	0.39					0.39	0.39		0.13
CCD11	12.5			0.05	0.05				0.11	60.37	0.79			0.16	0.05					0.16	0.11		0.05
CCC10	12								1.30	26.62	2.16	0.22		4.55	0.22					0.43	3.68		
CCC09	10.5								0.06	79.40	2.55	0.87		0.23	0.06	0.06				0.81	0.12		
CCC08	9		0.06	0.06					0.11	63.71	0.89	0.33		3.88	0.06	0.66				0.55	0.44		
CCC07	7.5								0.14	57.20	1.12			0.70						0.28	0.14		0.14
CCB06	7								0.21	60.29	6.65			0.21						0.83			
CCB05	5.5			0.19					0.19	24.56	2.51			1.93						0.97	2.90	0.19	1.35
CCB04	4		0.14		0.14			0.14	0.82	35.19	5.03	0.27	0.14	1.77	0.14			0.14		0.14	1.09	2.31	0.14
CCB03	2.5								0.44	64.28	1.46	0.44		1.32					0.15	0.73			
CCA02	1.5			0.10	0.10				0.20	63.43	1.53	0.41		2.25	0.10					0.41			
CCA01	0.1			0.08		0.08			0.16	66.45	1.22			0.41	2.59					0.08			

**T- 4.** Concentración de Diatomeas ( $10^6$  valvas / g sed seco), Excluyendo *Thalassionema nitzschioides* y *Chaetoceros* sp (R.S.), de la Sección Cerro Caucato

Código de Muestra	Altura (m)	Biozona (F. Solís)	Preservación	Abund. Grupo	<i>Actinocyclus actinocilius</i> (>80 µ)	<i>Actinocyclus actinocilius</i> (<80 µ)	<i>Actinocyclus curvatus</i>	<i>Actinocyclus elongatus</i>	<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>asteriscus</i>	<i>Actinocyclus octonarius</i>	<i>Actinocyclus octonarius</i> var. <i>tenellus</i>	<i>Actinocyclus</i> sp.1	<i>Actinocyclus</i> spp.	<i>Actinopychus</i> cf. <i>senarius</i>	<i>Actinopychus</i> cf. <i>splendes</i>	<i>Actinopychus</i> sp. (tetra)	<i>Aspetia nodulifera</i>	<i>Aspetia</i> sp.1	<i>Aspetia</i> sp. (A. aff. <i>africana</i> )	<i>Aspetia</i> sp. (A. aff. <i>vetustissima</i> var)	<i>Aspetia</i> spp.	<i>Aspetia</i> cf. <i>vetustissima</i>
CCN49	71.2	Zona de <i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>asteriscus</i>	B																			
CCN48	68.7		G C							0.06				0.09		0.52				0.12		
CCN47	67.2		M F					0.63						0.28		0.13		0.06		1.94	0.09	
CCN46	65.7		M F							0.06	0.03	0.03		0.12								0.03
CCN45	64.2		M F							0.59		0.06						0.03	0.03	0.59	0.09	
CCN44	62.7		P F							1.76		0.06		0.38	0.06	0.31	0.06					1.26
CCM43	61.2		G C		0.13					0.63	0.03	0.03		0.35						0.50	0.25	
CCM42	59.5		P F			0.06				0.12	0.12	0.03		0.19		0.47				4.70	0.22	
CCM41	57.7		G C							1.37				0.31		0.19		8.05		4.93		
CCM40	56.5		M F			0.03				0.19	0.06			0.28	0.03						0.22	
CCL39	55.9	M F			0.09				0.03	0.06	0.06		0.06							0.09	0.22	
CCL38	54.4	M F							0.43	0.80	0.09		8.42		0.03	0.03			0.74	0.89		
CCCL37	52.9	M C							0.16	0.69	0.31		1.07	0.03						0.19	0.19	
CCK36	50.4	M C		0.25					0.25	0.06			5.28							0.06		
CCK35	48.9	P F							0.11				0.90							0.01		
CCI34	41.9	G A							0.93				0.56							0.06	0.06	
CCI33	40.2	M F							0.13				0.09									
CCI32	39.7	P F							0.08				0.23							0.01		
CCI31	38.2	M F							0.87				0.12									
CCH30	36.5	M A		0.10					0.13				0.22		0.03				0.13	0.13		
CCH29	35	M C		0.15					0.31				0.25						0.18	0.03	0.22	
CCH28	33.5	M C		0.13					0.06	0.09			0.16						0.16	0.16		
CCG27	32.5	M F							0.03	0.06			0.09									
CCG26	31	M F		0.03						0.09			0.09									
CCG25	29.5	B																				
CCF24	29	M F		0.25					0.25	0.06			0.03							0.03		
CCF23	27.9	B																				
CCF22	27.5	M F		0.03					0.13				0.06							0.03	0.03	
CCF21	26	M F		0.25					0.35				0.09									
CCF20	24.5	M P		0.09					0.09			0.03	0.13									
CCE19	24	M C		0.03					0.02	0.02			0.24							0.02		
CCE18	22.8	M C		0.03					0.03	0.03			1.53	0.16	0.03				0.03	0.03	0.03	
CCE17	21	M C		0.03					0.06	0.03			1.08	0.03								
CCE16	19.5	G A		0.09					0.09				0.06									
CCD15	18.5	M C							0.92	0.02			0.03							0.02		
CCD14	14.8	M C							0.03				0.28							0.03		
CCD13	14.5	B																				
CCD12	14.3	M C							0.03	0.03			0.06	0.06								
CCD11	12.5	M C							0.03			0.03	0.16						0.03		0.06	
CCC10	12	M C							0.82	0.41		0.03	0.41	0.06	0.03					0.06		
CCC09	10.5	G A							0.19	0.28		0.03	0.76	0.03	0.03					0.03		
CCC08	9	G A							1.27	0.76			0.79	0.03	0.03					0.13		
CCC07	7.5	M C							0.03	0.03			0.06									
CCB06	7	P F							0.02	0.03		0.02	0.02	0.02								
CCB05	5.5	G C				0.03			1.23	0.38		0.13	0.13		0.03					0.03	0.03	
CCB04	4	G C							0.73	0.95			0.44		0.22					0.06	0.03	
CCB03	2.5	M C							0.08	0.02			0.05	0.02								
CCA02	1.5	M C				0.06			0.38	0.13			4.54	0.13					0.06	0.06	0.06	
CCA01	0.1	M C							0.76				1.96	0.06								





T- 4. Continúa

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Shionodiscus cf. bipora</i>	<i>Shionodiscus praeostripii</i>	<i>Shionodiscus sp1</i>	<i>Shionodiscus ostrupii s.l.</i>	<i>Shionodiscus spp</i>	<i>Shionodiscus tetraostripii</i>	<i>Stellarima stellaris</i>	<i>Stephanopyxis furcata</i>	<i>Stephanopyxis megastoma</i>	<i>Stephanopyxis sp</i>	<i>Stephanopyxis superba</i>	<i>Stephanopyxis tarris</i>	<i>Sterodiscus sp</i>	<i>Tabularia tabulata</i>	<i>Thalassionema cf. lanceolata</i>	<i>Thalassionema nitzschoides var. parva</i>	<i>Thalassiosira antiqua</i>	<i>Thalassiosira californica</i>	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	<i>Thalassiosira cf. eccentrica</i>	<i>Thalassiosira ferrelinaea</i>	<i>Thalassiosira flexuosa</i>	<i>Thalassiosira granowii</i>	<i>Thalassiosira spp.</i>	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Thalassiothrix monospina</i>	<i>Thalassiothrix sp</i>	<i>Trachyneis sp</i>	Concentración de Diatomeas
CCN49	71.2																													0.00
CCN48	68.7		0.09	0.03	0.03													0.06						0.21					19.35	
CCN47	67.2				0.09				0.03	0.03			0.03					0.06				0.09							4.16	
CCN46	65.7		0.06					0.09								0.18							0.06						7.07	
CCN45	64.2																					0.06	0.06						6.89	
CCN44	62.7			0.06	0.31											0.25			1.51		0.06	0.25	0.19	0.06		0.06			13.15	
CCM43	61.2			0.09	0.28			0.03		0.03	0.09	0.03	0.09	0.03	0.06	0.06	0.06	0.06				0.03	0.12	0.06	0.03	0.03			47.34	
CCM42	59.5									0.03					0.06						0.03	0.12	0.06						10.75	
CCM41	57.7		0.31	0.06						0.06	0.06								0.25	0.12									49.28	
CCM40	56.5			0.09	0.03					0.03						0.25					0.03	0.19				0.03	0.03		5.69	
CCL39	55.9		0.03	0.03	1.04	0.06		0.16								0.51	0.06	0.03	0.06	0.19	0.32								16.39	
CCL38	54.4				0.06	0.03				0.03			0.34		0.31	0.31	0.56				0.06	0.19	0.32						19.04	
CCL37	52.9			0.03	0.06								0.03		0.06	0.06	0.35		0.03			0.06							7.24	
CCK36	50.4									0.06	0.06		0.12			0.19			0.19		0.75	0.12							16.28	
CCK35	48.9				0.02					0.01			0.01						0.01		0.31								2.60	
CCJ34	41.9			9.55						0.03	0.03					0.03	0.74	0.06	0.03	0.12	0.03		0.06						32.47	
CCB3	40.2			0.03												0.63	0.13		0.03			0.06			0.03				1.63	
CCB2	39.7				0.01	0.03										0.15			0.04		0.03	0.16							0.90	
CCB1	38.2			0.09				0.06		0.03									0.12		0.03								2.35	
CCH30	36.5										0.03			0.03		0.06			0.16										9.86	
CCH29	35		0.03		0.06											0.09	0.25		0.40	0.03			0.18						4.01	
CCH28	33.5		0.09				0.09	0.03	0.03				0.03	0.03	0.06	0.09	0.03	0.54	0.06						0.03				9.33	
CCG27	32.5				0.09		0.06						0.03		0.06	0.32	0.03						0.06						1.58	
CCG26	31					0.03				0.03						0.12							0.03						1.15	
CCG25	29.5																												0.00	
CCF24	29				0.03					0.03					0.25	0.03		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03						2.79	
CCF23	27.9																													0.00
CCF22	27.5					0.03				0.03						0.25			0.03				0.03		0.03		0.03			1.45
CCF21	26															0.28			0.13				0.06						2.78	
CCF20	24.5									0.03					0.03	0.76			0.19		0.03	0.03							3.28	
CCE19	24												0.02	0.05	0.57						0.06	0.02	0.02		0.02				1.53	
CCE18	22.8			0.03				0.03	0.03	0.03	0.03					1.47	0.09	0.03	0.63		0.06	0.19							6.60	
CCE17	21		0.03	0.03					0.03	0.03	0.03		0.06			0.76			1.46		0.13	0.16							5.19	
CCE16	19.5		0.03	0.03	0.09		0.06	0.03	0.03						0.03	0.38	0.13	0.03	0.41	0.03	0.47	0.25	0.03		0.03				5.33	
CCD15	18.5						0.06		0.02						0.02	0.16			0.24	0.11			0.17	0.03					3.61	
CCD14	14.8								0.03							1.42			0.16	0.03							0.03		4.24	
CCD13	14.5																												0.00	
CCD12	14.3									0.03			0.03			0.89			0.28	0.09		0.09	0.09	0.03					6.17	
CCD11	12.5						0.03		0.03				0.03			0.06	0.47		0.09	0.03		0.09	0.06	0.03					9.08	
CCC10	12														0.19	0.31	0.03	0.66	0.03				0.06	0.53					7.34	
CCC09	10.5			0.03											0.03	1.39	0.47	0.13	0.03	0.03			0.44	0.06					5.90	
CCC08	9				0.19		0.19	0.03	0.03						0.06	0.51	0.19	2.22	0.03	0.38			0.32	0.25					14.02	
CCC07	7.5														0.03	0.25		0.16				0.06	0.03				0.03		2.64	
CCB06	7														0.02	0.49			0.02				0.06						2.15	
CCB05	5.5				0.13		0.03		0.03						0.03	0.41			0.32				0.16	0.47	0.03	0.22			7.63	
CCB04	4		0.03	0.16			0.03	0.03					0.03	0.03	0.19	1.17	0.06	0.03	0.41	0.03		0.03	0.03	0.25	0.54	0.03			8.95	
CCB03	2.5		0.14	0.13			0.06								0.05	0.16		0.05	0.14				0.02	0.08					1.62	
CCA02	1.5	0.06	0.06	0.44					0.06				0.06		0.13	0.95	0.25	1.39	0.06				0.25						10.47	
CCA01	0.1					1.01	0.06	0.06					0.06		0.13	0.95		0.32	2.03					0.06					9.64	

**T- 5.** Abundancia relativa (%) de las Diatomeas, Excluyendo *Thalassionema nitzschioides* y *Chaetoceros* sp (R.S.), de la Sección Cerro Caucato

Código de Muestra	Altura (m)	Biozona (F. Solís)	Preservación	Abund. Grupo	<i>Actinocyclus actinochilus</i> (>80 µ)	<i>Actinocyclus actinochilus</i> (<80 µ)	<i>Actinocyclus curvatus</i>	<i>Actinocyclus elongatus</i>	<i>Actinocyclus erhenbergii</i> var. <i>asteriscus</i>	<i>Actinocyclus otonarius</i>	<i>Actinocyclus otonarius</i> var. <i>tenellus</i>	<i>Actinocyclus</i> sp.1	<i>Actinocyclus</i> spp.	<i>Actinopterychus</i> cf. <i>senarius</i>	<i>Actinopterychus</i> cf. <i>splendes</i>	<i>Actinopterychus</i> sp. (tetra)	<i>Aspetia nodulifera</i>
CCN49	71.2	Zona de <i>Actinocyclus erhenbergii</i> var. <i>asteriscus</i>	B														
CCN48	68.7		G C							0.32				0.47			2.69
CCN47	67.2		M F					15.04						6.77			3.01
CCN46	65.7		M F						0.87	0.43	0.43			1.74			
CCN45	64.2		M F						8.60	0.90				0.90			
CCN44	62.7		P F						13.40	0.48				2.87	0.48		2.39
CCM43	61.2		G C		0.27				1.33	0.07	0.07			0.73			
CCM42	59.5		P F			0.58			1.16	1.16	0.29			1.74			4.35
CCM41	57.7		G C						2.78					0.63			0.38
CCM40	56.5		M F				0.55			3.31	1.10			4.97	0.55		
CCCL39	55.9	M F			0.58				0.19	0.39	0.39		0.39				
CCCL38	54.4	M F							2.27	4.21	0.49		44.25			0.16	
CCCL37	52.9	M C							2.17	9.57	4.35		14.78	0.43			
CCK36	50.4	M C		1.53					1.53	0.38			32.44				
CCK35	48.9	P F							4.38				34.66				
CCJ34	41.9	G A							2.85				1.71				
CCB33	40.2	M F							7.69				5.77				
CCB32	39.7	P F							9.30				25.58				
CCB31	38.2	M F							36.84				5.26				
CCH30	36.5	M A		0.96					1.29				2.25	0.32			
CCH29	35	M C		3.85					7.69				6.15				
CCH28	33.5	M C		1.36					0.68	1.02			1.69				
CCG27	32.5	M F							2.00	4.00							
CCG26	31	M F			2.70					8.11			8.11				
CCG25	29.5	B															
CCF24	29	M F			8.99				8.99	2.25			1.12				
CCF23	27.9	B															
CCF22	27.5	M F			2.17				8.70				4.35				
CCF21	26	M F			9.09				12.50				3.41				
CCF20	24.5	M P		2.88					2.88		0.96		3.85				
CCE19	24	M C		2.06					1.03	1.03			15.46				
CCE18	22.8	M C		0.47					0.47	0.47			23.22	2.37	0.47		
CCE17	21	M C		0.61					1.22	0.61			20.73	0.61			
CCE16	19.5	G A		1.78					1.78				1.18				
CCD15	18.5	M C							25.44	0.44			0.88	0.88			
CCD14	14.8	M C							0.75				6.72				
CCD13	14.5	B															
CCD12	14.3	M C							0.51	0.51			1.03	1.03			
CCD11	12.5	M C							0.35		0.35		1.74				
CCC10	12	M C							11.11	5.56	0.43		5.56	0.85	0.43		
CCC09	10.5	G A							3.21	4.81	0.53		12.83	0.53	0.53		
CCC08	9	G A							9.03	5.42			5.64	0.23	0.23		
CCC07	7.5	M C							1.19	1.19			2.38				
CCB06	7	P F							0.71	1.43		0.71	0.71	0.71			
CCB05	5.5	G C				0.41			16.12	4.96	1.65	1.65			0.41		
CCB04	4	G C							8.13	10.60			4.95	2.47			
CCB03	2.5	M C							4.85	0.97			2.91	0.97			
CCA02	1.5	M C				0.60			3.61	1.20			43.37	1.20			
CCA01	0.1	M C							7.89				20.39	0.66			

T- 5. Continúa

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Azpeitia</i> sp.1	<i>Azpeitia</i> sp. ( <i>A. aff. africana</i> )	<i>Azpeitia</i> sp. ( <i>A. aff. vetustissima</i> var1)	<i>Azpeitia</i> spp.	<i>Azpeitia</i> cf. <i>vetustissima</i>	<i>Bacteriastrium</i> sp.	<i>Cestodiscus pulchellus</i>	<i>Cocconais scutellum</i>	<i>Cocconais</i> sp.	<i>Coscino discus asteromphalus</i>	<i>Coscino discus asteromphalus</i> var. <i>hybrida</i>	<i>Coscino discus obscurus</i>	<i>Coscino discus oculus-iridis</i>	<i>Coscino discus perforatus</i>	<i>Coscino discus</i> spp	<i>Craspedodiscus</i> sp.	<i>Delphineis angustata</i>	<i>Delphineis ischaboensis</i> var. <i>linguiformis</i>	<i>Delphineis ischaboensis</i> var. <i>jippa</i>	<i>Delphineis</i> cf. <i>kippae</i>	<i>Delphineis marginalimbata</i>	<i>Delphineis simonsei</i>
CCN49	71.2																						
CCN48	68.7			0.63								0.16						0.79	89.24	0.95			
CCN47	67.2	1.50		46.62	2.26					3.01	0.75	0.75	1.50							0.75	0.75		
CCN46	65.7				0.43								0.43							0.87	72.17		
CCN45	64.2	0.45	0.45	8.60	1.36								0.45							1.36	73.30		1.36
CCN44	62.7		0.48		9.57					0.48			0.48		0.48	0.48			9.57	1.91	23.44		11.96
CCM43	61.2		0.20	1.06	0.53					0.13	0.07	0.07	0.07			1.33			90.52	0.73			
CCM42	59.5			43.77	2.03					0.58									4.35	0.87			
CCM41	57.7		16.33	10.00						0.13											67.47		0.25
CCM40	56.5				3.87					1.66					0.55					64.64			3.31
CCL39	55.9				0.58	1.35							0.19		0.19				7.90	0.19	0.58	0.77	
CCL38	54.4	0.16		3.89	4.70										0.32				29.66	0.16	0.97	0.16	
CCL37	52.9				2.61	2.61				0.43			0.43		0.87	0.43			35.22	3.04	8.70		
CCK36	50.4				0.38					0.38			0.38		0.38				1.15		50.38		
CCK35	48.9				0.40					0.40			0.40		0.40				2.79		33.86		3.59
CCJ34	41.9				0.19	0.19	0.10								15.70				33.49	7.33			
CCB3	40.2														3.85				9.62	9.62			5.77
CCB2	39.7				1.16					1.16			1.16		11.63				11.63				
CCB1	38.2									1.32					1.32	10.53			7.89				5.26
CCH30	36.5			1.29	1.29										0.32	0.64			0.64				
CCH29	35			4.62	0.77	5.38	0.77								0.77	7.69			7.69	0.77			
CCH28	33.5			1.69	1.69							0.34			0.34	18.98			1.02			4.41	
CCG27	32.5						2.00																
CCG26	31									2.70													13.51
CCG25	29.5																						
CCF24	29				1.12														1.12				21.35
CCF23	27.9																						
CCF22	27.5				2.17	2.17				2.17					2.17				2.17	2.17			13.04
CCF21	26														1.14	9.09							
CCF20	24.5														0.96	12.50			3.85	0.96			0.96
CCEI9	24				1.03					1.03					1.03	5.15			14.43	2.06			
CCEI8	22.8			0.47	0.47	0.47									0.47	0.95			0.95				
CCEI7	21									0.61					0.61	0.61			2.44	2.44			
CCEI6	19.5								0.59				0.59						0.59				0.59
CCD15	18.5				0.44					0.44					3.51				0.88	2.19	0.44		20.61
CCD14	14.8				0.75										0.75				5.97	1.49			16.42
CCD13	14.5																						
CCD12	14.3									1.54					0.51	2.56			2.05	5.64			3.59
CCD11	12.5			0.35		0.70									0.35	3.83			43.90	1.39			0.70
CCC10	12				0.85					0.43					0.43	0.85			2.14	2.56			8.12
CCC09	10.5				0.53					1.60				0.53	0.53	1.07			0.53	2.14			5.88
CCC08	9				0.90							0.23		0.23	9.48	1.35			1.35				11.06
CCC07	7.5									2.38													10.71
CCB06	7														0.71								0.71
CCB05	5.5				0.41	0.41									4.55	2.07			3.31	0.41			
CCB04	4				0.71	0.35				0.35	0.35		0.35	0.35	2.83	0.35	0.71		5.30				17.67
CCB03	2.5											0.97		0.97	2.91	0.97			9.71				1.94
CCA02	1.5			0.60	0.60	0.60				0.60	0.60		0.60	0.60	0.60				0.60			0.60	
CCA01	0.1									0.66	1.32				1.32	0.66			0.66	2.63			





T- 5. Continúa

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Shionodiscus tetraoestrupii</i>	<i>Stellarina stellaris</i>	<i>Stephanopyxis furcata</i>	<i>Stephanopyxis megastoma</i>	<i>Stephanopyxis</i> sp	<i>Stephanopyxis superba</i>	<i>Stephanopyxis turris</i>	<i>Sictodiscus</i> sp	<i>Tabularia tabulata</i>	<i>Thalassionema cf. lanceolata</i>	<i>Thalassionema nitescoides var. parva</i>	<i>Thalassiosira antiqua</i>	<i>Thalassiosira californica</i>	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	<i>Thalassiosira cf. eccentrica</i>	<i>Thalassiosira ferrelinaea</i>	<i>Thalassiosira flexuosa</i>	<i>Thalassiosira granowii</i>	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Thalassiothrix monospina</i>	<i>Thalassiothrix</i> sp	<i>Trachylepis</i> sp
CCN49	71.2																							
CCN48	68.7	0.16											0.32							1.11				
CCN47	67.2			0.75	0.75			0.75					1.50					2.26						
CCN46	65.7		1.30									2.61								0.87				
CCN45	64.2																	0.90		0.90				
CCN44	62.7										1.91			11.48	0.48		1.91	1.44	0.48		0.48			
CCM43	61.2		0.07			0.07		0.20	0.07		0.13		0.13								0.07	0.07		
CCM42	59.5				0.29					0.58						0.29	1.16	0.58						
CCM41	57.7				0.13	0.13							0.51	0.25										
CCM40	56.5				0.55						4.42					0.55	3.31					0.55	0.55	
CCL39	55.9		0.96								3.08		0.39	0.19	0.39	1.16	1.93							
CCL38	54.4	0.16			0.16			1.78			1.62		2.92											
CCL37	52.9							0.43			0.87		4.78		0.43					0.87				
CCK36	50.4				0.38	0.38		0.76					1.15				4.58	0.76						
CCK35	48.9				0.40			0.40					0.40				11.95							
CCJ34	41.9				0.10	0.10				0.10	2.28	0.19	0.10	0.38	0.10				0.19					
CCB3	40.2										38.46	7.69			1.92				3.85			1.92		
CCB2	39.7	3.49									16.28				4.65		3.49	17.44						
CCB1	38.2		2.63		1.32										5.26		1.32							
CCH30	36.5					0.32		0.32			0.64				1.61									
CCH29	35	1.54								2.31	6.15			10.00	0.77				4.62					
CCH28	33.5		1.02	0.34	0.34			0.34	0.34	0.68		1.02	0.34	5.76	0.68							0.34		
CCG27	32.5		4.00					2.00		4.00				20.00	2.00				4.00					
CCG26	31	2.70			2.70						10.81								2.70					
CCG25	29.5																							
CCF24	29				1.12					8.99	1.12		1.12	1.12		1.12	1.12		1.12					
CCF23	27.9																							
CCF22	27.5	2.17			2.17						17.39			2.17					2.17			2.17		
CCF21	26										10.23			4.55					2.27					
CCF20	24.5				0.96			0.96	0.96	23.08			5.77				0.96	0.96						
CCE19	24							1.03	3.09		37.11					4.12			1.03	1.03		1.03		
CCE18	22.8			0.47	0.47	0.47	0.47				22.27	1.42	0.47	9.48			0.95	2.84						
CCE17	21			0.61	0.61	0.61		1.22			14.63			28.05			2.44	3.05						
CCE16	19.5		1.18	0.59	0.59				0.59	7.10	2.37	0.59	7.69	0.59		8.88	4.73				0.59			
CCD15	18.5		1.75		0.44				0.44	4.39			6.58	3.07				4.82	0.88					
CCD14	14.8				0.75						33.58			3.73	0.75							0.75		
CCD13	14.5																							
CCD12	14.3				0.51			0.51			14.36		4.62	1.54			1.54	1.54			0.51			
CCD11	12.5		0.35		0.35			0.35		0.70	5.23		1.05	0.35			1.05	0.70			0.35			
CCC10	12									2.56	4.27	0.43	8.97	0.43			0.85	7.26						
CCC09	10.5									0.53	23.53	8.02	2.14	0.53	0.53			7.49	1.07					
CCC08	9		1.35	0.23	0.23				0.45	3.61	1.35	15.80	0.23	2.71				2.26	1.81					
CCC07	7.5								1.19	9.52			5.95					2.38	1.19				1.19	
CCB06	7								0.71	22.86			0.71					2.86						
CCB05	5.5		0.41		0.41				0.41	5.37			4.13					2.07	6.20	0.41	2.89			
CCB04	4		0.35	0.35				0.35	0.35	2.12	13.07	0.71	0.35	4.59	0.35		0.35	2.83	6.01	0.35				
CCB03	2.5		3.88						2.91	9.71	2.91	8.74					0.97	4.85						
CCA02	1.5				0.60			0.60		1.20	9.04	2.41	13.25	0.60				2.41						
CCA01	0.1	10.53	0.66		0.66			0.66		1.32	9.87		3.29	21.05							0.66			

**T- 6.** Tasa de acumulación de las diatomeas ( $10^6$  valvas /  $m^2$  x Ma) de la Sección Cerro Caucato.

Código de Muestra	Altura (m)	Biozona (F. Solís)	Preservación	Abund. Grupo	<i>Coronodiscus</i> sp	<i>Diactinia</i> sp	<i>Dispinodiscus</i> sp	<i>Dossertia cf. hyalina</i>	<i>Dossertia</i> sp	<i>Gemellodiscus cf. bifurcus</i>	<i>Gemellodiscus singulus var. singulus</i>	<i>Gemellodiscus singulus var. longus</i>	<i>Gemellodiscus</i> sp	<i>Goniolothecium</i> sp	<i>Hyaline type</i>	<i>Litodiscus</i> spp	<i>Quadricostella</i> sp	<i>Stephanogonia</i> sp	<i>Truncatulus</i> spp
CCN49	71.2	Zona de <i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>asteriscus</i>	B																
CCN48	68.7		G C								0.86	0.43			0.43		0.86		
CCN47	67.2		M F								0.32					0.65	0.32		8.08
CCN46	65.7		M F																2.42
CCN45	64.2		M F								0.49	0.98				1.95			12.68
CCN44	62.7		P F									0.71					0.71		4.27
CCM43	61.2		G C		0.59							1.47							0.88
CCM42	59.5		P F													2.27			10.70
CCM41	57.7		G C									2.15							5.39
CCM40	56.5		M F			0.77						1.15				0.77	0.38	0.38	5.75
CCL39	55.9	Zona de <i>Shionodiscus oestrupii</i>	M F													0.43			
CCL38	54.4		M F											1.36			0.68		
CCL37	52.9		M C											1.28					
CCK36	50.4		M C								1.08						0.54	1.08	
CCK35	48.9		P F																
CCJ34	41.9		G A								1.84							0.37	0.37
CCB3	40.2	Zona de <i>Fragilariopsis reinholdii</i>	M F								2.37				0.79			1.58	
CCB2	39.7		P F								0.46								0.23
CCB1	38.2		M F								0.99								
CCH30	36.5		M A								3.22	1.07	0.54		1.61				
CCH29	35		M C								2.92	3.76	0.42					0.42	0.83
CCH28	33.5		M C								0.38	0.76				1.90	1.14		2.28
CCG27	32.5		M F		0.24						1.95				0.49	0.24	0.24		0.24
CCG26	31		M F								0.54	0.80	0.27		0.27	0.27	0.54		0.27
CCG25	29.5		B																
CCF24	29		M F									0.22						0.22	
CCF23	27.9	B																	
CCF22	27.5	Zona de <i>Fragilariopsis aff. cylindrica</i> - <i>F. pliocena</i>	M F								0.87								
CCF21	26		M F								0.80								
CCF20	24.5		M P		0.24						0.24	0.24			0.24		0.49		0.49
CCE19	24		M C								0.22				0.07		0.51		0.07
CCE18	22.8		M C		0.37						0.19	1.87				0.19	0.93		
CCE17	21		M C			0.80	0.80				0.80		0.80	0.80	3.99	3.19	11.97		
CCE16	19.5		G A				0.80				0.80	1.60			1.60	4.81			0.80
CCD15	18.5		M C								0.28				0.83	0.55	0.55		0.55
CCD14	14.8		M C					0.61			0.61	0.61	1.83	6.72	3.05	0.61			7.33
CCD13	14.5		B																
CCD12	14.3	Zona de <i>Fragilariopsis aff. cylindrica</i> - <i>F. pliocena</i>	M C								1.16			1.16	4.66	2.33	1.75		0.58
CCD11	12.5		M C								1.25	0.63							
CCC10	12		M C		0.63							0.63			1.25	5.65			1.88
CCC09	10.5		G A								0.54	0.54	1.63			10.89	0.54	0.54	2.72
CCC08	9		G A					0.55				1.65			5.48	2.74	1.10	0.55	
CCC07	7.5		M C												0.67				
CCB06	7		P F									0.44				0.44			
CCB05	5.5		G C									0.79				6.32	0.79		2.37
CCB04	4		G C			1.72			0.86										
CCB03	2.5		M C																
CCA02	1.5	M C								1.52	4.56			1.52					
CCA01	0.1	M C									1.77								



T- 6. Continúa

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Aspergillus cf. versatilis</i>	<i>Bacterium</i> sp.	<i>Cestodiscus pulchellus</i>	<i>Coccineis scutellum</i>	<i>Coccineis</i> sp.	<i>Coccioidiscus asteromphalus</i>	<i>Coccioidiscus asteromphalus</i> var. <i>hybrida</i>	<i>Coccioidiscus obscurus</i>	<i>Coccioidiscus ocellus-iridis</i>	<i>Coccioidiscus perforatus</i>	<i>Coccioidiscus</i> spp	<i>Craspedodiscus</i> sp.	<i>Delphinopsis angustata</i>	<i>Delphinopsis ischabensis</i> var. <i>linguiformis</i>	<i>Delphinopsis ischabensis</i> var. <i>lippa</i>	<i>Delphinopsis cf. kippae</i>	<i>Delphinopsis margaritallimbaa</i>	<i>Delphinopsis simonseni</i>	<i>Delphinopsis</i> spp	<i>Delphinopsis urbiniae</i>	<i>Delphinopsis wetzeli</i>	<i>Denticlopsis</i> sp
CCN49	71.2																						
CCN48	68.7							0.43															
CCN47	67.2	0.97					1.29	0.32	0.32			0.65		2.14	241.15	2.57		0.32		3.42		0.86	
CCN46	65.7	0.48										0.48					80.50					0.97	
CCN45	64.2	1.46										0.49				1.46	78.99		1.46				
CCN44	62.7	14.22					0.71					0.71	0.71	14.22	2.84		34.84		17.78				
CCM43	61.2	2.35					0.59	0.29	0.29	0.29				5.88	401.67	3.23							
CCM42	59.5	2.27					0.65								4.86	0.97							
CCM41	57.7						0.54										287.07		1.08				
CCM40	56.5						1.15					0.38					44.87		2.30			0.38	
CCL39	55.9	3.00						0.43				0.43		17.56	0.43		1.28	1.71					
CCL38	54.4	19.73										1.36		124.50	0.68		4.08	0.68					
CCL37	52.9	2.56					0.43					0.85	0.43	34.51	2.98		8.52		0.43				
CCK36	50.4						0.54						0.54	1.61			70.97				0.54		
CCK35	48.9						0.11					0.11	0.11	0.75			9.11		0.96				
CCJ34	41.9	0.74	0.37										60.86	129.84	28.40								
CCB3	40.2												1.58	3.95	3.95				2.37				
CCB2	39.7						0.23							0.23	2.28								
CCB1	38.2						0.49					0.49	3.96		2.97				1.98				
CCH30	36.5	2.15										0.54	1.07									133.29	
CCH29	35	2.92		0.42								0.42	4.17	4.17	0.42							12.94	
CCH28	33.5	1.90						0.38				0.38	21.24	1.14			4.93					9.10	
CCG27	32.5			0.24																			
CCG26	31						0.27											1.34				2.14	
CCG25	29.5																						
CCF24	29													0.22				4.12				1.08	
CCF23	27.9																						
CCF22	27.5	0.22					0.22					0.22		0.22	0.22				1.31			1.09	
CCF21	26											0.27	2.14							1.07			
CCF20	24.5											0.24	3.17	0.98	0.24				0.24	0.98			
CCE19	24						0.07					0.07	0.37	1.03	0.15								
CCE18	22.8	0.19										0.19	0.37										
CCE17	21					0.80						0.80	0.80	3.19	3.19								
CCE16	19.5			0.80				0.80								0.80		0.80	0.80		0.80		
CCD15	18.5						0.28					2.20			0.55		1.38	0.28	12.95			0.55	
CCD14	14.8										0.61		0.61	4.89	1.22			13.44				0.61	
CCD13	14.5																						
CCD12	14.3						1.75					0.58	2.91	2.33	6.41			4.08				11.65	
CCD11	12.5	1.25										0.63	6.90	79.02	2.51			1.25	11.29				
CCC10	12						0.63					0.63	1.25	3.14		3.76		11.92	0.63				
CCC09	10.5						1.63		0.54			0.54	1.09	0.54	2.18			5.99				2.18	
CCC08	9							0.55	0.55			23.04	3.29		3.29			26.87					
CCC07	7.5						1.33											5.99					
CCB06	7											0.44						0.44					
CCB05	5.5	0.79										8.69	3.95		6.32	0.79					0.79	1.58	
CCB04	4	0.86					0.86	0.86	0.86			6.89	0.86	1.72	12.93			43.09				1.72	
CCB03	2.5							0.39	0.39			1.18	0.39		3.92			0.78				0.39	
CCA02	1.5	1.52				1.52	1.52		1.52			1.52					1.52						
CCA01	0.1					1.77	3.54					3.54	1.77	1.77	7.08			1.52				1.77	

T- 6. Continua

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Diploneis bombus</i>	<i>Fragilaropsis aff. cilindrica</i>	<i>Fragilaropsis aff. curta</i>	<i>Fragilaropsis micentica</i>	<i>Fragilaropsis plocena</i>	<i>Fragilaropsis plocena var. horribilis</i>	<i>Fragilaropsis plocena var. peruana</i>	<i>Fragilaropsis plocena var. varilobata</i>	<i>Fragilaropsis reinholdii</i>	<i>Fragilaropsis spp</i>	<i>Grammatophora angulosa</i>	<i>Grammatophora arcuata</i>	<i>Grammatophora marina</i>	<i>Grammatophora sp</i>	<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	<i>Koizumia adaroi</i>	<i>Koizumia tatsunokuchiensis</i>	<i>Meduria splendida</i>	<i>Neodolipneis pelagica</i>	<i>Neodolipneis sp</i>	<i>Neodenticula sp.</i>	<i>Neodotonia dohrinae</i>	<i>Nitzschia jousseaue</i>
CCN49	71.2																							
CCN48	68.7									1.28														
CCN47	67.2									1.62														0.32
CCN46	65.7									16.97														
CCN45	64.2									0.49														
CCN44	62.7									1.42														
CCM43	61.2								1.76	2.94														
CCM42	59.5					1.62				38.25														
CCM41	57.7																		0.54					
CCM40	56.5									1.15														
CCL39	55.9	0.43								155.87											1.71			
CCL38	54.4							2.04		4.08														
CCL37	52.9									0.85	0.43										0.43			
CCK36	50.4									2.15														
CCK35	48.9	0.54								0.54														
CCJ34	41.9							0.74		5.53												14.75		
CCB3	40.2																							
CCB2	39.7																							
CCB1	38.2									4.45														
CCH30	36.5	2.15								9.67					0.54						0.54			
CCH29	35									1.25											0.83			
CCH28	33.5	1.90			0.76	1.14		0.76		30.35			0.38				4.55							
CCG27	32.5	0.24								0.97											0.24			
CCG26	31									1.87											0.27			
CCG25	29.5																							
CCF24	29	0.43								4.77														
CCF23	27.9																							
CCF22	27.5	0.44								1.09														
CCF21	26					0.80				4.28							4.55							
CCF20	24.5				0.24					4.15							2.93							
CCE19	24	0.07												0.07						0.07	0.07			
CCE18	22.8	4.66								5.78	0.37										0.37			
CCE17	21	6.39				13.57	0.80														0.80	0.80		
CCE16	19.5	23.23				3.20																		
CCD15	18.5											0.28						0.28			42.46	2.40		
CCD14	14.8	6.11																		5.79	4.41			
CCD13	14.5																0.61			9.16	3.05		0.61	
CCD12	14.3	1.75	1.75			15.72														16.31	9.32	1.75		
CCD11	12.5					8.78	7.53					0.58				0.58				7.53	18.81			
CCC10	12	1.25				1.25														28.86	16.94		0.63	
CCC09	10.5	3.27				0.54	0.54													7.08	2.72		0.54	
CCC08	9	0.55				0.55						0.55								23.58	18.65			
CCC07	7.5	0.67				17.97														6.66	4.66			
CCB06	7	3.98	0.89				2.21	0.44	12.39				0.44							14.60	4.43		0.44	
CCB05	5.5	0.79	4.74				8.69	7.90	18.18					0.79						18.18	8.69			
CCB04	4	1.72						0.86												5.17	9.48			
CCB03	2.5	2.75						0.39										0.86				3.53		
CCA02	1.5					3.04														1.52	18.26			
CCA01	0.1																				35.39			



T- 6. Continua

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Stellarima stellaris</i>	<i>Stephanopyxis furcata</i>	<i>Stephanopyxis megastoma</i>	<i>Stephanopyxis</i> sp	<i>Stephanopyxis superba</i>	<i>Stephanopyxis turris</i>	<i>Sictodiscus</i> sp	<i>Tabularia tabulata</i>	<i>Thalassionema cf. lanceolata</i>	<i>Thalassionema nitzschoides</i>	<i>Thalassionema nitzschoides</i> var- <i>parva</i>	<i>Thalassiosira antiqua</i>	<i>Thalassiosira californica</i>	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	<i>Thalassiosira cf. eccentrica</i>	<i>Thalassiosira ferrelinaea</i>	<i>Thalassiosira flexuosa</i>	<i>Thalassiosira granowii</i>	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Thalassiothrix monosphaera</i>	<i>Thalassiothrix</i> sp	<i>Trachyneis</i> sp
CCN49	71.2																							
CCN48	68.7									25.65		0.86								2.99				
CCN47	67.2			0.32		0.32		0.32		18.74				0.65				0.97						
CCN46	65.7	1.45								9.70	2.91									0.97				
CCN45	64.2									11.22								0.98		0.98				
CCN44	62.7									18.49	2.84				17.06		0.71	2.84		2.13	0.71		0.71	
CCM43	61.2	0.29				0.29	0.88	0.29		33.82	0.59			0.59						0.29			0.29	
CCM42	59.5				0.32				0.65	21.07							0.32	1.30		0.65				
CCM41	57.7				0.54	0.54				6.46				2.15	1.08									
CCM40	56.5				0.38					9.97	3.07						0.38	2.30				0.38	0.38	
CCL39	55.9	2.14								118.62	6.85			0.86	0.43		0.86	2.57		4.28				
CCL38	54.4				0.68		7.48			36.74	6.80			12.25										
CCL37	52.9						0.43			5.54	0.85			4.69			0.43			0.85				
CKK36	50.4				0.54	0.54	1.08			63.44				1.61				6.45		1.08				
CKK35	48.9				0.11		0.11			11.25				0.11				3.21						
CCJ34	41.9				0.37	0.37			0.37	253.04	8.85	0.74		0.37	1.48	0.37				0.74				
CCB3	40.2									364.59	15.78	3.16				0.79				1.58				0.79
CCB2	39.7									29.43	3.19				0.91					3.42				
CCB1	38.2	0.99			0.49					107.89					1.98			0.49						
CCHB0	36.5					0.54		0.54		1130.83	1.07				2.69									
CCH29	35									1.25	722.47	3.34			5.43		0.42			2.50				
CCH28	33.5	1.14		0.38	0.38		0.38		0.38	522.02	0.76	1.14		0.38	6.45		0.76					0.38		
CCG27	32.5	0.49					0.24			155.73	0.49				2.44		0.24			0.49				
CCG26	31				0.27					104.95	1.07									0.27				
CCG25	29.5																							
CCF24	29				0.22					201.19	1.73	0.22				0.22	0.22	0.22		0.22				
CCF23	27.9																							
CCF22	27.5				0.22					191.74	1.74				0.22					0.22			0.22	
CCF21	26									143.36	2.41				1.07					0.53				
CCF20	24.5				0.24		0.24		0.24	62.76	5.86				1.47			0.24		0.24				
CCE19	24						0.07	0.22		25.90	2.64					0.29				0.07	0.07		0.07	
CCE18	22.8	0.19		0.19	0.19	0.19				57.27	8.77	0.56		0.19	3.73			0.37		1.12				
CCE17	21			0.80	0.80	0.80	1.60			144.49	19.16				36.72			3.19		3.99				
CCE16	19.5	1.60		0.80	0.80				0.80	969.45	9.61	3.20		0.80	10.42		0.80	12.02		6.41			0.80	
CCD15	18.5	1.10			0.28				0.28	45.48	2.76				4.13		1.93			3.03	0.55			
CCD14	14.8				0.61					240.08	27.49				3.05		0.61						0.61	
CCD13	14.5																							
CCD12	14.3				0.58		0.58			167.14	16.31				5.24		1.75			1.75	1.75		0.58	
CCD11	12.5	0.63			0.63		0.63			1.25	719.33	9.41			1.88		0.63			1.88	1.25		0.63	
CCC10	12									3.76	77.18	6.27	0.63		13.18		0.63			1.25	10.67			
CCC09	10.5									0.54	746.95	23.95	8.17		2.18	0.54	0.54			7.62	1.09			
CC08	9	3.29		0.55	0.55					1.10	630.72	8.78	3.29		38.39	0.55	6.58			5.48	4.39			
CC07	7.5									0.67	272.27	5.33			3.33					1.33	0.67			0.67
CCB06	7									0.44	128.33	14.16			0.44					1.77				
CCB05	5.5	0.79			0.79					0.79	100.38	10.27			7.90					3.95	11.86	0.79	5.53	
CCB04	4	0.86		0.86		0.86		0.86	0.86	5.17	223.22	31.89	1.72	0.86	11.20		0.86		0.86	6.89	14.65	0.86		
CCB03	2.5	1.57								1.18	172.30	3.92	1.18		3.53				0.39	1.96				
CCA02	1.5				1.52		1.52			3.04	944.76	22.82	6.09		33.47		1.52			6.09				
CCA01	0.1	1.77			1.77		1.77		3.54	1451.02	26.54			8.85		56.63				1.77				

**T- 7.** Tasa de acumulación de diatomeas ( $10^6$  valvas /  $m^2 \times Ma$ ), excluyendo *Thalassionema nitzschioides* y *Chaetoceros* sp (R.S.), de la Sección Cerro Caucato

Código de Muestra	Altura (m)	Biozona (F. Solís)	Preservación	Abund. Grupo	Actinocyclus actinocellus (>80 µ)	Actinocyclus actinocellus (<80 µ)	Actinocyclus curvatus	Actinocyclus elongatus	Actinocyclus ehrenbergii var. asteriscus	Actinocyclus octonarius	Actinocyclus octonarius var. tenellus	Actinocyclus sp.1	Actinocyclus spp.	Actinocyclus cf. senarius	Actinocyclus cf. splendens	Actinocyclus sp. (tetra)	Azpeitia nodulifera	Azpeitia sp.1	Azpeitia sp. (A. aff. africana)	Azpeitia sp. (A. aff. vetustissima var.)	Azpeitia spp.
CCN49	71.2	Zona de <i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>asteriscus</i>	B																		
CCN48	68.7		G C							0.86				1.28			7.28			1.71	
CCN47	67.2		M F		6.47									2.91			1.29	0.65		20.05	
CCN46	65.7		M F			0.97	0.49	0.49						1.95							
CCN45	64.2		M F			9.29			0.98								0.49	0.49		9.29	
CCN44	62.7		P F			19.95			0.71					4.28	0.71		3.56		0.71		
CCM43	61.2		G C		1.18				5.88	0.29	0.29			3.24						0.88	4.71
CCM42	59.5		P F			0.65			1.30	1.30	0.32			1.95			4.87				48.99
CCM41	57.7		G C						11.85					2.69			1.62		69.57		42.57
CCM40	56.5		M F			0.38				2.39	0.77			3.46	0.38						2.69
CCL39	55.9	M F			1.29				0.43	0.86	0.86		0.86							1.29	
CCL38	54.4	M F							9.53	17.70	2.42		185.85			0.69	0.69			16.33	
CCL37	52.9	M C							2.13	9.39	4.27		14.57	0.43						2.56	
CCK36	50.4	M C		2.15					2.15	0.54			45.75							0.54	
CCK35	48.9	P F							1.18				9.37							0.11	
CCJ34	41.9	G A							11.68				6.65							0.74	
CCB3	40.2	M F							3.16				2.37								
CCB2	39.7	P F							1.83				5.39							0.23	
CCB1	38.2	M F							13.88				1.98								
CCB0	36.5	M A		1.61					2.15				3.76	0.54						2.15	
CCH29	35	M C		2.87					4.17				3.34							2.50	
CCH28	33.5	M C		1.52					0.76	1.14			1.90							1.90	
CCG27	32.5	M F							0.24	0.49											
CCG26	31	M F			0.27					0.84			0.84								
CCG25	29.5	B																			
CCF24	29	M F			1.73				1.73	0.43			0.22							0.22	
CCF23	27.9	B																			
CCF22	27.5	M F			0.22				0.87				0.44							0.22	
CCF21	26	M F			2.15				2.94				0.83								
CCF20	24.5	M P		0.73					0.73		0.24		0.98								
CCE19	24	M C		0.15					0.74	0.74			1.96							0.07	
CCE18	22.8	M C		0.19					0.19	0.19			9.15	0.93	0.19				0.19	0.19	
CCE17	21	M C		0.80					1.60	0.80			27.16	0.80							
CCE16	19.5	G A		2.46					2.46				1.64								
CCD15	18.5	M C							15.98	0.27			0.55							0.27	
CCD14	14.8	M C							0.61				5.53							0.61	
CCD13	14.5	B																			
CCD12	14.3	M C							0.58	0.58			1.17	1.17							
CCD11	12.5	M C							0.63		0.63	3.14								0.63	
CCC10	12	M C							16.33	8.16	0.63	8.16	1.26	0.63						1.26	
CCC09	10.5	G A							3.27	4.93	0.54	13.75	0.54	0.54						0.54	
CCC08	9	G A							21.94	13.17			13.72	0.55	0.55					2.19	
CCC07	7.5	M C							0.67	0.67			1.33								
CCB06	7	P F							0.44	0.88	0.44	0.44	0.44								
CCB05	5.5	G C			0.79				3.82	9.48	3.17	3.17				0.79				0.79	
CCB04	4	G C							19.87	25.92			12.97	6.48						1.73	
CCB03	2.5	M C							1.95	0.40			1.17	0.40							
CCA02	1.5	M C			1.52				9.13	3.44			19.59	3.44						1.52	
CCA01	0.1	M C							21.24				54.87	1.77							



T- 7. Continúa

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Diploneis bombus</i>	<i>Fragilaritopsis aff. cilindrica</i>	<i>Fragilaritopsis aff. curta</i>	<i>Fragilaritopsis miocenica</i>	<i>Fragilaritopsis pliocena</i>	<i>Fragilaritopsis pliocena</i> var. <i>horribilis</i>	<i>Fragilaritopsis pliocena</i> var. <i>peruviana</i>	<i>Fragilaritopsis pliocena</i> var. <i>variobata</i>	<i>Fragilaritopsis reinholdii</i>	<i>Fragilaritopsis</i> spp	<i>Grammatophora angulosa</i>	<i>Grammatophora arcuata</i>	<i>Grammatophora marina</i>	<i>Grammatophora</i> sp	<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	<i>Koizumia adori</i>	<i>Koizumia tatsunokuchiensis</i>	<i>Mediaria splendida</i>	<i>Neodelphinis pelagica</i>	<i>Neodelphinis</i> sp	<i>Neodenticula</i> sp.	<i>Neodetonia dobrinae</i>	<i>Nitzschia jouseae</i>
CCN49	71.2																							
CCN48	68.7								1.28															
CCN47	67.2								1.62															
CCN46	65.7								17.02															
CCN45	64.2								0.49															
CCN44	62.7								1.43															
CCM43	61.2							1.76	2.94															
CCM42	59.5						1.62		38.29															
CCM41	57.7																		0.54					
CCM40	56.5								1.15															
CCL39	55.9	0.43							###											1.71				
CCL38	54.4							2.04	4.08															
CCL37	52.9								0.85	0.43										0.43				
CCK36	50.4								2.15															
CCK35	48.9	0.54							0.54															
CCI34	41.9							0.74	5.53											14.76				
CCB3	40.2																							
CCB2	39.7																							
CCB1	38.2								4.46															
CCH30	36.5	2.15							9.68						0.54					0.54				
CCH29	35								1.25											0.83				
CCH28	33.5	1.90	0.76	1.14				0.76	30.37				0.38					4.56						
CCG27	32.5	0.24							0.98											0.24				
CCG26	31								1.88											0.27				
CCG25	29.5																							
CCF24	29	0.43							4.77															
CCF23	27.9																							
CCF22	27.5	0.44							1.09															
CCF21	26					0.80			4.28									4.55						
CCF20	24.5		0.24						4.16									2.94						
CCEI9	24	0.07												0.07					0.07	0.07				
CCEI8	22.8	4.67							5.79	0.37										0.37				
CCEI7	21	6.39		13.58			0.80															0.80	0.80	
CCEI6	19.5	23.26		3.21															42.51	2.41				
CCD15	18.5										0.27							0.27	5.76	4.39				
CCD14	14.8	6.11															0.61		9.17	3.06			0.61	
CCD13	14.5																							
CCD12	14.3	1.75	1.75	15.76								0.58				0.58			16.35	9.34	1.75			
CCD11	12.5	8.79		7.53				7.53											7.53	18.83				
CCC10	12	1.26		1.26															28.89	16.96			0.63	
CCC09	10.5	3.27		0.54	0.54														7.08	2.72			0.54	
CCC08	9	0.55	0.55		0.55						0.55								23.59	18.65				
CCC07	7.5	0.67		18.00				0.67											6.67	4.67				
CCB06	7	3.94	0.88		2.19	0.44	12.25					0.44							14.44	4.38			0.44	
CCB05	5.5	0.79	4.74		8.69	7.90	18.18						0.79						18.18	8.69				
CCB04	4	1.73				0.86												0.86	5.18	9.50				
CCB03	2.5	2.74				0.39														3.52				
CCA02	1.5			3.04															1.52	18.27				
CCA01	0.1																			35.40				



T- 7. Continúa

Código de Muestra	Altura (m)	<i>Stellaria stellaris</i>	<i>Stephanopyxis furcata</i>	<i>Stephanopyxis megastoma</i>	<i>Stephanopyxis</i> sp	<i>Stephanopyxis superba</i>	<i>Stephanopyxis turris</i>	<i>Sicodiscus</i> sp	<i>Tabularia tabulata</i>	<i>Thalassionema cf. lanceolata</i>	<i>Thalassionema mitschkeoides var. parva</i>	<i>Thalassiosira antiqua</i>	<i>Thalassiosira californica</i>	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	<i>Thalassiosira cf. eccentrica</i>	<i>Thalassiosira ferrelmeata</i>	<i>Thalassiosira flexuosa</i>	<i>Thalassiosira grunowii</i>	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Thalassiothrix monospina</i>	<i>Thalassiothrix</i> sp	<i>Trachynis</i> sp
CCN49	71.2																						
CCN48	68.7											0.86								3.00			
CCN47	67.2			0.32	0.32		0.32					0.65					0.97						
CCN46	65.7	1.46								2.92									0.97				
CCN45	64.2																0.98		0.98				
CCN44	62.7									2.85			17.10		0.71		2.85		2.14	0.71		0.71	
CCM43	61.2	0.29			0.29	0.88	0.29		0.59		0.59						2.85		2.14	0.29		0.29	
CCM42	59.5			0.32					0.65							0.32	1.30		0.65				
CCM41	57.7			0.54	0.54								2.16	1.08									
CCM40	56.5			0.38						3.08						0.38	2.31					0.38 0.38	
CCL39	55.9	2.14								6.86			0.86	0.43		0.86	2.57		4.29				
CCL38	54.4			0.68			7.49			6.81			12.25										
CCL37	52.9						0.43			0.85			4.69		0.43				0.85				
CCK36	50.4			0.54	0.54		1.08			1.61			1.61				6.46		1.08				
CCK35	48.9			0.11			0.11			0.11			0.11				3.23						
CCJ34	41.9			0.37	0.37				0.37	8.85		0.74	0.37	1.48	0.37				0.74				
CCB3	40.2									15.79		3.16			0.79				1.58			0.79	
CCB2	39.7									3.21				0.92			0.69		3.44				
CCB1	38.2	0.99			0.50									1.98			0.50						
CCH30	36.5				0.54		0.54			1.08				2.69									
CCH29	35									1.25	3.34			5.43	0.42				2.50				
CCH28	33.5	1.14	0.38	0.38			0.38	0.38	0.76	1.14	0.38	6.45	0.76									0.38	
CCG27	32.5	0.49					0.24			0.49			2.44		0.24				0.49				
CCG26	31			0.27						1.07									0.27				
CCG25	29.5																						
CCF24	29			0.22						1.73		0.22			0.22	0.22	0.22		0.22				
CCF23	27.9																						
CCF22	27.5			0.22						1.74			0.22						0.22			0.22	
CCF21	26									2.41			1.07						0.54				
CCF20	24.5			0.24			0.24	0.24	5.87				1.47				0.24		0.24				
CCE19	24					0.07	0.22		2.63							0.29			0.07	0.07		0.07	
CCE18	22.8	0.19	0.19	0.19	0.19				8.78			0.56	0.19	3.73			0.37		1.12				
CCE17	21		0.80	0.80	0.80		1.60		19.17					36.74			3.19		3.99				
CCE16	19.5	1.60	0.80	0.80				0.80	9.63	3.21	0.80	10.43	0.80	12.03			6.42					0.80	
CCD15	18.5	1.10		0.27					2.74	0.27	2.74		4.11	1.92			3.02	0.55					
CCD14	14.8			0.61					27.52				3.06	0.61								0.61	
CCD13	14.5																						
CCD12	14.3			0.58		0.58			16.35				5.25	1.75					1.75	1.75		0.58	
CCD11	12.5	0.63		0.63		0.63			1.26	9.42			1.88	0.63					1.88	1.26		0.63	
CCC10	12								3.77	6.28	0.63	13.19	0.63						1.26	10.68			
CCC09	10.5								0.54	23.97	8.17	2.18	0.54	0.54					7.63	1.09			
CCC08	9	3.29	0.55	0.55					1.10	8.78	3.29	38.40	0.55	6.58					5.49	4.39			
CCC07	7.5								0.67	5.33			3.33						1.33	0.67		0.67	
CCB06	7								0.44	14.00			0.44						1.75				
CCB05	5.5	0.79		0.79					0.79	10.27			7.90						3.95	11.85	0.79	5.53	
CCB04	4	0.86	0.86			0.86	0.86	0.86	5.18	31.97	1.73	0.86	11.23	0.86			0.86	6.91	14.69	0.86			
CCB03	2.5	1.56							1.17	3.91	1.17		3.52				0.39		1.95				
CCA02	1.5			1.52		1.52			3.04	22.83	6.09	33.49	1.52						6.09				
CCA01	0.1	1.77		1.77		1.77	1.77		3.54	26.55			8.85	56.64						1.77			

**T- 8.** Índices comunitarios de las Diatomeas de la Sección Cerro Caucato. S = Número de especies; H' = Diversidad de Shannon-Wiener; J' = Equidad de Pielou; 1-D = Dominancia de Simpson. (valores máximos (gris), valores mínimos (rojo)).

ID	(m)	S	H'	J'	1-D
CCN48	68.7	25	1.2393	0.3850	0.5518
CCN47	67.2	29	1.7575	0.5219	0.6820
CCN46	65.7	19	1.5720	0.5339	0.6756
CCN45	64.2	20	1.6922	0.5649	0.7234
CCN44	62.7	29	2.5852	0.7677	0.8960
CCM43	61.2	32	1.1658	0.3364	0.5872
CCM42	59.5	24	2.1251	0.6687	0.8298
CCM41	57.7	19	1.3532	0.4596	0.5794
CCM40	56.5	28	1.8806	0.5644	0.7364
CCL39	55.9	31	1.7365	0.5057	0.7428
CCL38	54.4	26	2.0298	0.6230	0.7990
CCL37	52.9	30	1.9956	0.5867	0.7422
CCK36	50.4	24	1.8378	0.5783	0.7852
CCK35	48.9	21	1.9876	0.6529	0.8245
CCJ34	41.9	26	1.6680	0.5120	0.7294
CCI33	40.2	18	1.0379	0.3591	0.5126
CCI32	39.7	20	1.7823	0.5949	0.7306
CCI31	38.2	18	1.3811	0.4778	0.5476
CCH30	36.5	26	0.8000	0.2455	0.3576
CCH29	35	28	0.8514	0.2555	0.3698
CCH28	33.5	40	1.2570	0.3407	0.5977
CCG27	32.5	26	1.0415	0.3197	0.5281
CCG26	31	23	1.0970	0.3499	0.5518
CCF24	29	22	0.7270	0.2352	0.2781
CCF22	27.5	21	0.6862	0.2254	0.3087
CCF21	26	17	1.1304	0.3990	0.5798
CCF20	24.5	32	1.6590	0.4787	0.6480
CCE19	24	28	1.2854	0.3858	0.6072
CCE18	22.8	34	1.6100	0.4566	0.6699
CCE17	21	34	2.0362	0.5774	0.7891
CCE16	19.5	36	0.9385	0.2619	0.3451
CCD15	18.5	36	2.2604	0.6308	0.8222
CCD14	14.8	31	1.3672	0.3981	0.6047
CCD12	14.3	40	1.9334	0.5241	0.7346
CCD11	12.5	36	1.2810	0.3575	0.5705
CCC10	12	39	2.5524	0.6967	0.8681
CCC09	10.5	46	1.0333	0.2699	0.3615
CCC08	9	42	1.6322	0.4367	0.5767
CCC07	7.5	22	1.2092	0.3912	0.5740
CCB06	7	29	1.5954	0.4738	0.6125
CCB05	5.5	42	2.6230	0.7018	0.8634
CCB04	4	43	2.2185	0.5898	0.7962
CCB03	2.5	29	1.3478	0.4003	0.5441
CCA02	1.5	32	1.3036	0.3761	0.5531
CCA01	0.1	25	1.1666	0.3624	0.5126

T-9. Zonación de diatomeas de Barron (1985), con biomarcadores definitorios de zonas, para el pacífico ecuatorial (baja latitud)

Zone	Subzone	Marker <sup>a</sup>
<i>P. doliolus</i>		
<i>Nitzschia reinholdii</i>	B	T. <i>Nitzschia reinholdii</i>
<i>Rhizosolenia praebergonii</i>	A	T. <i>Rhizosolenia praebergonii</i> var. <i>robusta</i>
	C	B. <i>Pseudoeunotia doliolus</i>
<i>Rhizosolenia praebergonii</i>	B	T. <i>Thalassiosira convexa</i>
	A	T. <i>Nitzschia jouseae</i>
<i>Nitzschia jouseae</i>		B. <i>Rhizosolenia praebergonii</i>
	C	B. <i>Nitzschia jouseae</i>
<i>Thalassiosira convexa</i>	B	T. <i>Thalassiosira miocenica</i>
	A	T. <i>Thalassiosira praeconvexa</i>
<i>Nitzschia miocenica</i>	B	B. <i>Thalassiosira convexa</i>
	A	B. <i>Thalassiosira praeconvexa</i>
<i>Nitzschia porteri</i>	B	B. <i>Nitzschia miocenica</i>
	A	T. <i>Thalassiosira burckliana</i>
<i>Coscinodiscus yabei</i>	B	T. <i>Coscinodiscus yabei</i> ( <i>plicatus</i> )
	A	B. <i>Thalassiosira burckliana</i>
<i>Actinocyclus moronensis</i>		T. <i>Actinocyclus moronensis</i>
<i>Craspedodiscus coscinodiscus</i>		T. <i>Craspedodiscus coscinodiscus</i>
<i>Coscinodiscus gigas</i> var. <i>diorama</i>		B. <i>Coscinodiscus temperei</i> var. <i>delicata</i>
<i>Coscinodiscus lewisianus</i>		T. <i>Coscinodiscus lewisianus</i>
<i>Cestodiscus peplum</i>	B	T. <i>Cestodiscus peplum</i>
	A	T. <i>Anellus californicus</i>
<i>Denticulopsis nicobarica</i>	B	B. <i>Cestodiscus peplum</i>
	A	T. <i>Thalassiosira bukryi</i>
<i>Triceratium pileus</i>		B. <i>Denticulopsis nicobarica</i>
<i>Craspedodiscus elegans</i>		T. <i>Craspedodiscus elegans</i>
	C	T. <i>Bogorovia veniamini</i>
<i>Rossiella paleacea</i>	B	T. <i>Coscinodiscus oligocenicus</i>
	A	T. <i>Thalassiosira primalabiata</i>
<i>Rocella gelida</i>		B. <i>Rossiella paleacea</i>
<i>Bogorovia veniamini</i>		B. <i>Rocella gelida</i>
<i>Rocella vigilans</i>	B	B. <i>Bogorovia veniamini</i>
	A	T. <i>Cestodiscus mukhinae</i>
<i>Coscinodiscus excavatus</i>		T. <i>Coscinodiscus excavatus</i>
		B. <i>Coscinodiscus excavatus</i>

<sup>a</sup> B. = first occurrence (bottom); T. = last occurrence (top).

**T- 10.** Valores de los análisis de % de Humedad, Densidad aparente seca (DBD), Tasa de Sedimentación (TS), Concentración de Diatomeas, Tasa de acumulación de diatomeas, % Carbono orgánico y Paleoproduktividad primaria (PaP) de la Sección Cerro Caucato

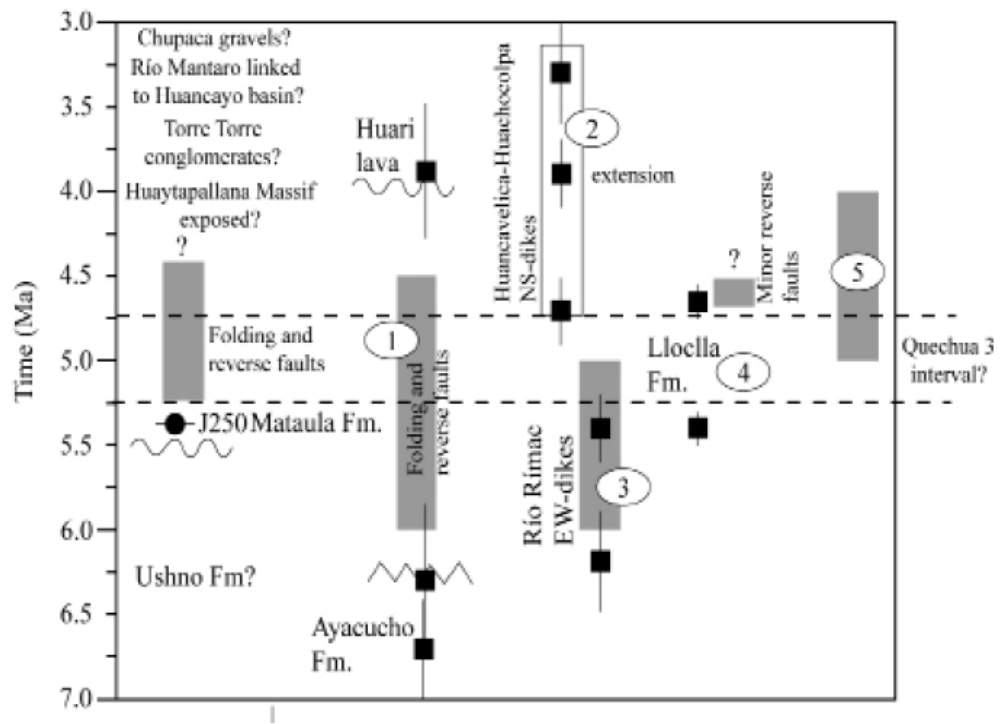
N°	Codigo de Muestra	Altura compuesta (m)	% Humedad	Densidad Aparente Seca (DBD) (10 <sup>6</sup> g / m <sup>3</sup> )	Tasa de sedimentación (m / Ma)	Conc. Diatom. Total (10 <sup>6</sup> valvas/g sed seco)	Tasa acum. Diatomeas (10 <sup>6</sup> valvas / m <sup>2</sup> x Ma <sup>1</sup> )	C-org (%)	PaP (10 <sup>6</sup> gC / m <sup>2</sup> x Ma)
45	CCN48	68.7	8.0195	1.2456	11.23	27.5182	384.9266	0.1461	29.3389
44	CCN47	67.2	6.6206	0.9196	11.23	14.5596	150.3584	0.0730	10.8216
43	CCN46	65.7	6.5827	1.4092	11.23	10.0175	158.5295	0.1642	37.2896
42	CCN45	64.2	5.2767	1.3966	11.23	13.1509	206.2561	0.0182	4.1062
41	CCN44	62.7	5.1181	1.0085	11.23	18.9389	214.4921	0.1461	23.7496
40	CCM43	61.2	6.7992	0.8348	11.23	88.5029	829.6974	0.1901	25.5842
39	CCM42	59.5	5.0374	0.9275	11.23	17.5069	182.3484	0.1584	23.6830
38	CCM41	57.7	3.6814	0.7692	11.23	53.4558	461.7575	0.0947	11.7377
37	CCM40	56.5	6.8545	1.0912	11.23	12.0301	147.4189	0.2214	38.9459
36	CCL39	55.9	5.5534	1.2092	11.23	30.6572	416.3035	0.2216	43.2004
35	CCL38	54.4	2.7243	1.9639	11.23	24.7806	546.5253	0.2212	70.0096
34	CCL37	52.9	6.7053	1.2077	11.23	14.2514	193.2841	0.0633	12.3252
33	CCK36	50.4	3.5388	0.7714	11.23	27.5241	238.4362	0.2854	35.4831
32	CCK35	48.9	3.3845	0.9249	11.23	4.5891	47.6657	0.2218	33.0632
31	CCJ34	41.9	3.6080	1.0633	11.23	96.5811	1153.2609	0.2526	43.2975
30	CCI33	40.2	3.3471	1.8019	11.23	22.7854	461.0694	0.0360	10.4674
29	CCI32	39.7	4.5616	1.5629	14.00	3.2130	70.3031	0.1088	25.6565
28	CCI31	38.2	3.1332	1.1439	14.00	10.3394	165.5818	0.3236	55.8445
27	CCH30	36.5	14.7872	1.2113	14.00	84.2560	1428.8306	0.5766	105.3789
26	CCH29	35	5.4817	0.9673	14.00	68.5525	928.3521	0.3267	47.6756
25	CCH28	33.5	5.3114	0.8575	14.00	87.4064	1049.3142	0.3805	49.2292
24	CCG27	32.5	5.2423	1.0303	14.00	33.4805	482.9293	0.3611	56.1316
23	CCG26	31	6.2710	1.1464	18.44	21.5961	456.5338	0.1440	22.9238
22	CCF24	29	4.7290	0.9227	18.44	34.3439	584.3475	0.1810	23.1964
21	CCF22	27.5	3.6396	0.9240	18.44	33.7252	574.6281	0.3245	41.6465
20	CCF21	26	18.8744	1.1287	18.44	35.8780	746.7366	0.1006	15.7657
19	CCF20	24.5	25.1304	1.0338	18.44	14.6755	279.7631	0.2011	28.8803
18	CCE19	24	12.7726	0.8161	18.44	14.9557	225.0662	0.1341	15.1991
17	CCE18	22.8	10.1332	1.0527	18.44	35.1970	683.2366	0.2011	29.4083
16	CCE17	21	6.8658	1.0662	18.44	20.7614	408.1835	0.1341	19.8570
15	CCE16	19.5	10.2633	1.0737	18.44	47.3719	937.9175	0.1341	19.9966
14	CCD15	18.5	18.8388	0.7311	18.44	8.2417	111.1110	0.1006	10.2120
13	CCD14	14.8	6.0117	0.8161	18.44	40.2332	605.4642	0.2011	22.7986
12	CCD12	14.3	6.7320	0.7800	18.44	24.5712	353.4125	0.1676	18.1585
11	CCD11	12.5	19.0982	0.8379	18.44	60.0370	927.6249	0.1083	12.6053
10	CCC10	12	4.4156	0.8464	18.44	14.4828	226.0421	0.0720	8.4685
9	CCC09	10.5	5.5087	0.7290	18.44	54.5262	732.9828	0.2169	21.9603
8	CCC08	9	3.9360	0.7322	18.44	56.9469	768.8834	0.1843	18.7427
7	CCC07	7.5	32.2148	0.8949	18.44	22.4714	370.8217	0.1441	17.9146
6	CCB06	7	6.0044	1.2054	18.44	7.3759	163.9481	0.3248	54.3908
5	CCB05	5.5	25.0937	1.0591	18.44	16.0450	313.3555	0.1805	26.5549
4	CCB04	4	25.5131	1.1541	18.44	23.0895	491.3820	0.7930	127.1191
3	CCB03	2.5	31.0290	1.0496	18.44	10.7100	207.2883	0.2525	36.8140
2	CCA02	1.5	26.0000	1.0200	18.44	61.4060	1154.9728	0.3246	45.9883
1	CCA01	0.1	30.0000	1.1800	18.44	78.20194295	1701.6117	0.3983	65.2887

**T- 11. Edad Calculada por interpolación**

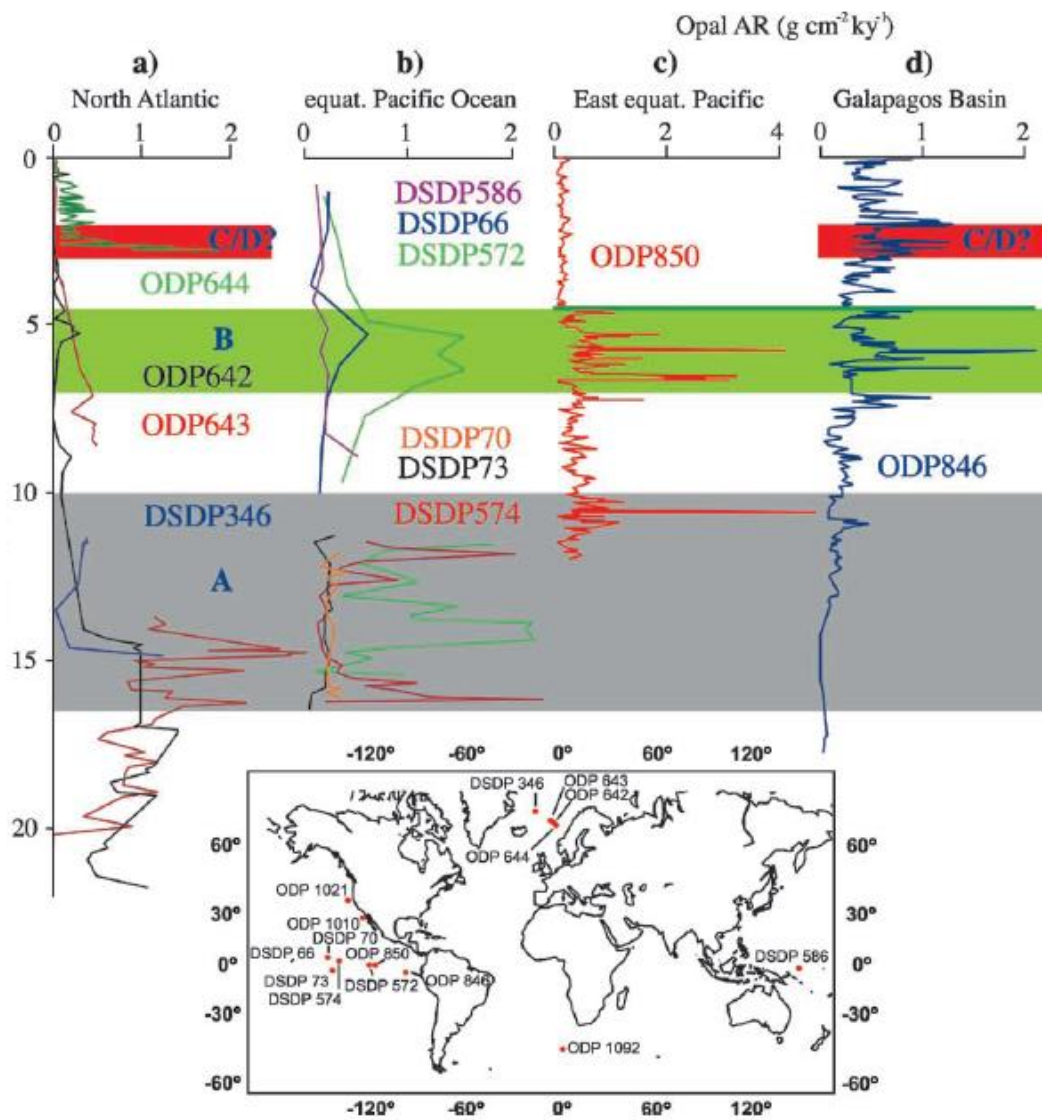
<b>Código</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Edad (Ma)</b>	<b>TS</b>
CCN49	71.2	2.99	11.23
CCN48	68.7	3.21	11.23
CCN47	67.2	3.35	11.23
CCN46	65.7	3.48	11.23
CCN45	64.2	3.61	11.23
CCN44	62.7	3.75	11.23
CCM43	61.2	3.88	11.23
CCM42	59.5	4.03	11.23
CCM41	57.7	4.19	11.23
CCM40	56.5	4.30	11.23
CCL39	55.9	4.35	11.23
CCL38	54.4	4.49	11.23
CCL37	52.9	4.62	11.23
CCK36	50.4	4.84	11.23
CCK35	48.9	4.98	11.23
CCJ34	41.9	5.60	11.23
CCI33	40.2	5.72	14.00
CCI32	39.7	5.76	14.00
CCI31	38.2	5.86	14.00
CCH30	36.5	5.99	14.00
CCH29	35	6.09	14.00
CCH28	33.5	6.20	14.00
CCG27	32.5	6.25	18.44
CCG26	31	6.34	18.44
CCG25	29.5	6.42	18.44
CCF24	29	6.44	18.44
CCF23	27.9	6.50	18.44
CCF22	27.5	6.53	18.44
CCF21	26	6.61	18.44
CCF20	24.5	6.69	18.44
CCE19	24	6.72	18.44
CCE18	22.8	6.78	18.44
CCE17	21	6.88	18.44
CCE16	19.5	6.96	18.44
CCD15	18.5	7.01	18.44
CCD14	14.8	7.21	18.44
CCD13	14.5	7.23	18.44
CCD12	14.3	7.24	18.44
CCD11	12.5	7.34	18.44
CCC10	12	7.37	18.44
CCC09	10.5	7.45	18.44
CCC08	9	7.53	18.44
CCC07	7.5	7.61	18.44
CCB06	7	7.64	18.44
CCB05	5.5	7.72	18.44
CCB04	4	7.80	18.44
CCB03	2.5	7.88	18.44
CCA02	1.5	7.94	18.44
CCA01	0.1	8.01	18.44

**T- 12.** Tabla con las coordenadas de las sub-secciones del Cerro Caucato muestreadas, azimut, rumbo, buzamiento, altura y espesor.

CODIGO	Sexagesimales		Azimut	Rumbo	Buzamiento	Altura compuesta	Espesor
	X	Y					
Secc-N	13°39'14.6"S	76°10'44.2"W	345°	N 15° O	20° E	62.2 - 71.4	9.2
Secc-M	13°39'13.4"S	76°10'44.7"W	307°	N 53° O	18° E	56.2 - 62.2	6
Secc-L	13°39'12.1"S	76°10'46.8"W	329°	N 31° O	22° E	52.9 - 56.2	3.3
Secc-K	13°39'07.8"S	76°10'48.2"W	287°	N 73° O	12° E	47.9 - 52.9	5
Secc-J	13°39'16.3"S	76°10'47.9"W	326°	N 34° O	10° E	40.4 - 47.9	7.5
Secc-I	13°39'13.4"S	76°10'49.0"W	312°	N 48° O	12° E	37.7 - 40.4	2.7
Secc-H	13°38'52.0"S	76°10'57.5"W	310°	N 50° O	11° E	33.5 - 37.7	4.2
Secc-G	13°39'07.8"S	76°10'53.0"W	331°	N 29° O	12° E	29.5 - 33.5	4
Secc-F	13°39'03.8"S	76°10'53.8"W	4°	N 4° E	6° E	24.5 - 29.5	5
Secc-E	13°38'59.6"S	76°10'55.9"W	304°	N 56° O	11° E	19.5 - 24.5	5
Secc-D	13°38'58.0"S	76°10'57.5"W	321°	N 39° O	10° E	12.5 - 19.5	7
Secc-C	13°38'57.0"S	76°10'59.2"W	315°	N 45° O	11° E	7.5 - 12.5	5
Secc-B	13°38'54.7"S	76°11'01.0"W	322°	N 38° O	8° E	2.5 - 7.5	5
Secc-A	13°38'54.9"S	76°11'01.3"W	330°	N 30° O	10° E	0 - 2.5	2.5
						<b>TOTAL</b>	<b>71.4</b>



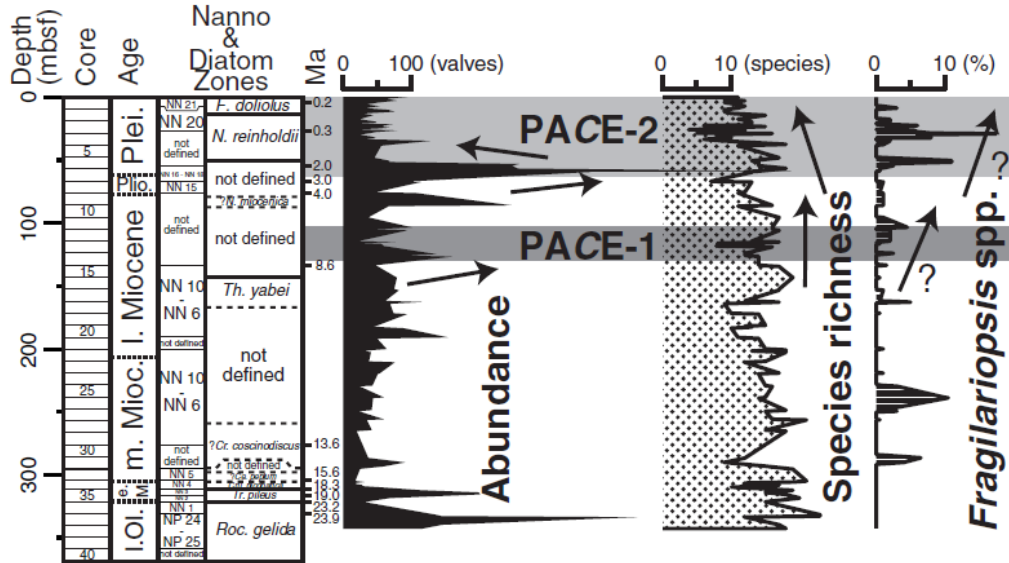
F- 1. Limitación de edad para el evento contraccional Quechua III (Wise, 2007)



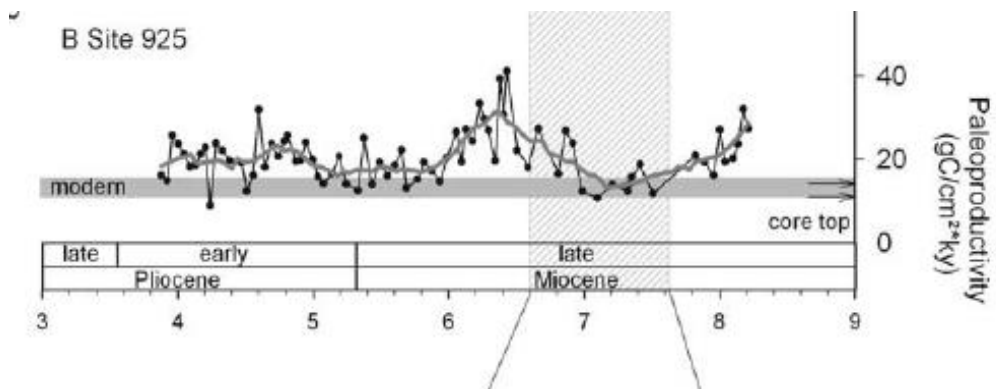
F- 2. Tasa de acumulación de ópalo (Opal AR) en el Océano Pacífico, Sitio

# Eastern Equatorial Pacific

## ODP Hole 682A



F- 3. Explosión de Chaetoceros del pacífico 1 + 2 (PACE), en el sitio 682A del pacífico ecuatorial este (Suto, 2012)



F- 4. Curva de Paleoproductividad ( $gC/cm^2ky$ ), del sitio 925 ODP para el pacífico ecuatorial. Diester-Haass et al (2005)