



Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas



Reconstrucción paleontológica frente al sistema costero Taltal-Paposo,
mediante foraminíferos (Phylum Foraminífera) como
bioindicadores ambientales, en el Norte de Chile

Seminario de Título para optar a Título de Biólogo

Fernando Martínez González

Concepción-Chile

2024

Profesora Guía: Margarita Marchant San Martín

Profesora co-guía: Laura Tavera Martínez

Departamento de Zoología,

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas

Universidad de Concepción

Resumen:

La bahía de Taltal se localiza en la zona norte del Sistema de la Corriente de Humboldt. Esta bahía ha sufrido contaminación por metales pesados debido a actividad antrópica, específicamente por la actividad minera, afectándose tanto su biodiversidad como su productividad primaria. En este seminario se propuso utilizar foraminíferos como bioindicadores, analizando su diversidad y las anomalías presentes en sus caparazones, como estrategia de evaluación del grado de afectación del talud continental por esta contaminación. Los resultados observados muestran una alta diversidad taxonómica de especies foraminíferas presentes en las muestras y la presencia de anomalías de diversos tipos en los caparazones de los foraminíferos. Se identificaron 141 especies de foraminíferos distribuidas en 12 Órdenes, 43 Familias y 66 Géneros. De estas, 23 especies fueron foraminíferos planctónicos. En relación con anomalías, se determinó una correlación positiva entre los valores del Índice de Anormalidad de Foraminíferos (FAI) y las concentraciones de metales pesados. Estos resultados, en conjunto con las condiciones de estrés debidas a metales pesados detectados en las muestras de los estratos superiores sugieren que, efectivamente, la actividad antrópica es uno de los factores principales del impacto negativo observado en la bahía de Taltal, Chile.

Abstract:

Taltal Bay is located in the northern area of the Humboldt Current System. This bay has suffered heavy metal contamination due to anthropogenic activity, specifically mining activity, affecting both its biodiversity and primary productivity. In this seminar it was proposed to use foraminifera as bioindicators, analyzing their diversity and the abnormalities present in their shells, as a strategy to evaluate the degree of impact of the continental slope by this contamination. The observed results show a high taxonomic diversity of foraminiferal species present in the samples and the presence of abnormalities of various types in the shells of the foraminifera. 141 species of foraminifera are identified distributed in 12 Orders, 43 Families and 66 Genera. Of these, 23 species were planktonic foraminifera. In relation to abnormalities, a positive evaluation between Foraminifera Abnormality Index (FAI) values and heavy metal concentrations will be considered. These results, together with stress conditions due to heavy metals detected in the samples from the upper strata, suggest that, indeed, anthropic activity is one of the main factors of the negative impact observed in Taltal Bay, Chile.

Introducción

Taltal

La bahía de Taltal constituye una de las zonas surgencia más importantes del Territorio Nacional debido al ascenso de masas de aguas de la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO), lo cual la caracteriza una de las zonas con mayor productividad biológica del país. El fenómeno de surgencia corresponde al flujo o ascenso de masas de aguas ecuatoriales subsuperficiales frías, altas concentraciones salinas, ricas en nutrientes y pobres en oxígeno disuelto, a la superficie. Este fenómeno es clave para mantener la productividad biológica que caracteriza las costas de Chile (Rovira & Herreros, 2016).

La comuna de Taltal se encuentra en el sur de la región de Antofagasta; esta comuna posee una jurisdicción de 20.405,10 Km² y está integrada por los poblados Cifuncho, Paposo y la ciudad Taltal, como la capital comunal. Esta zona se caracteriza por su importancia cultural e histórica al ser cuna de los antiquísimos asentamientos humanos, los Changos, un pueblo originario de alrededor de 10 mil años de antigüedad y cuya cultura está dedicada a la pesca y explotación de los recursos marinos (Costa, 2015).

En la actualidad, las actividades antrópicas que generan mayores repercusiones en el ecosistema marino de la bahía de Taltal están representadas principalmente por la industria minera y la pesca artesanal e industrial. La actividad minera, específicamente, ha tenido una mayor incidencia en el ecosistema marino de la comuna (Valenzuela, 2018), debido a que, desde sus inicios en 1850 hasta hace unos años, no contó con ninguna regulación ambiental y por décadas los residuos líquidos y sólidos provenientes de la industria minera fueron vertidos en el mar o acoplados en las cercanías de las áreas de procesamiento de estos materiales. Como consecuencia del estrés ambiental producto de estas acciones, el ecosistema marino de la comuna ha sufrido una disminución de los recursos hidrobiológicos y la bioacumulación de compuestos contaminantes en los tejidos de organismos marinos de importancia comercial y biológica. Esto afecta directamente al segundo sector productivo más importante: la pesca artesanal e industrial. La pesca es una práctica heredada, con una fuerte identidad en la comuna debido a su pasado étnico Chango, por lo que corresponde a la actividad productiva más antigua de la comuna (Costa, 2015).

Entre los contaminantes presentes en la costa Taltal-Paposo se encuentran cobre (57,5mg/kg-1), níquel (14,3mg/kg-1), plomo (17,5mg/kg-1) y vanadio (33,8mg/kg-1) (Valenzuela, 2018). Lo que es más importante, existe incertidumbre con respecto a la distribución de metales pesados en la región del talud continental, ya que los pocos estudios que se han realizado se han centrado principalmente en la costa del golfo y la zona intermareal (Braun *et al.*, 2008; León Cortés, 2014; Valenzuela, 2018).

Para poner en evidencia esta dinámica, es necesario aplicar bioindicadores que respondan al estrés ambiental, reflejado por cambios cualitativos y cuantitativos en la estructura y funcionalidad de una determinada comunidad, identificando eventos que no pueden ser observados directamente (Linton, 2003, pág. 262). Los bioindicadores se definen como toda especie que permiten conocer características ecológicas del medio ambiente o evidenciar alteraciones en el ecosistema como respuesta a la contaminación (Capó *et al.*, 2002).

Existen algunos organismos invertebrados que se pueden utilizar como bioindicadores de contaminación por metales pesados como los nematodos, diatomeas y silicoflagelados (Ortlieb, 1994, Pág. 45). No obstante, en Chile, se ha intensificado el uso de foraminíferos como bioindicadores y como indicadores (proxies) para realizar reconstrucciones paleoceanográficas, pues permiten una caracterización ambiental más detallada y completa. Así, por ejemplo, la alteración del ambiente genera efectos en su distribución, diversidad o presencia de anomalías en su caparazón (Marchant *et al.*, 1999, pág. 116; Carnahan, 2005, pág. 11).

Foraminíferos, su importancia y uso

El Phylum Foraminífera corresponde al grupo de protozoos más abundantes del ambiente marino, así como el mayor componente de la fauna bentónica (Gooday, 2012, pág. 5). Estos organismos están representados por más de 5.000 especies conocidas en la actualidad, siendo los foraminíferos bentónicos más abundantes que los planctónicos, siendo 30 veces más numerosos (Buzas & Culver, 1991, pág. 123). Sin embargo, nuevas estimaciones sugieren que este número puede ser mucho mayor, con más de 6.000 especies (Jones, 2014, pág. 11).

Los foraminíferos son capaces de formar caparazones de carbonato de calcio, sílice o a partir de aglutinación de partículas, y estos caparazones se fosilizan fácilmente, lo que constituye una herramienta básica indispensable para la reconstrucción paleoceanográfica de los océanos antiguos. Los foraminíferos se dividen en dos grupos según su función en el hábitat. Como se ha señalado, un grupo vive en el ambiente planctónico y el otro, en el ambiente bentónico (en el fondo del océano) a diferentes profundidades (Arenillas, 2000, pág. 108). Así, los foraminíferos bentónicos se encuentran en un amplio rango batimétrico de profundidades oceánicas (Laprida *et al.*, 2014), habiéndose reportados incluso a profundidades superiores a los 10.000 m como en zonas sometidas a desecamientos periódicos, lo que indica la alta eficiencia y adaptabilidad ecológica de estos protozoos para adaptarse a diferentes sustratos (Páez, 2001, pág. 123). Así, los foraminíferos bentónicos se constituyen en bioindicadores efectivos de estrés ambiental debido a su rápida respuesta a los cambios ambientales, alta diversidad y baja movilidad (Debenay, 2005).

Los foraminíferos planctónicos, por otra parte, viven en un rango de profundidad de agua específico para cada especie, desde la superficie hasta más de 200 m de profundidad. La profundidad a la que viven está determinada por factores ecológicos y biológicos, como la disponibilidad de alimentos, temperatura, salinidad y los cambios durante la ontogenia (Bé & Tolderlund, 1971; Hemleben, 2012; Álvarez, 2019). Se estima que los foraminíferos planctónicos se originaron a mediados del período Jurásico y se mantuvieron prácticamente sin cambios durante unos 500.000 años (Culver, 1993). Por esta razón, son ampliamente utilizados como indicadores o proxies en paleoceanografía para reconstruir ambientes marinos del pasado (Hemleben, 2012; Pados, 2014).

En el presente Seminario de Título se utilizaron tanto los foraminíferos bentónicos como planctónicos en el análisis, ya que ambos grupos son buenos indicadores biológicos debido a sus ciclos de vida bien estudiados y relativamente cortos y debido a que reaccionan rápidamente a las condiciones ambientales a escala local y global (Yanko *et al.*, 1998, pág. 218). Además, su distribución y abundancia están delimitadas por diversos factores ambientales como la temperatura, la profundidad, la salinidad, la concentración de nutrientes y oxígeno (Bernhard, 1992; González-Regalado *et al.*, 2010; Laprida *et al.*, 2014; Fonseca, 2018; Pillasagua & Lenin, 2022). Esta especificidad ambiental, sumado al hecho de que sus caparazones calcáreos fosilizan con facilidad, les hace ser ampliamente considerados herramienta útil como bioindicadores o proxies en la paleoceanografía para la datación de sedimentos en medios marinos y para las reconstrucciones paleoclimáticas y paleoceanográficas (Álvarez, 2019, pág. 5; Arenillas, 2000, pág. 109 y Fonseca, 2018).

Debido a que sus caparazones también son sensibles al estrés ambiental, sufriendo cambios morfológicos debido a diversos factores como a la temperatura, salinidad, pH y la presencia de contaminantes como los metales pesados (Yanko *et al.*, 1998, pág. 177). Esto sucede cuando los metales pesados ingresan a través de la membrana incorporándose como iones los cuales, durante el

proceso de calcificación, se incorporan al citoesqueleto, provocando anormalidades en su morfología (Yanko *et al.*, 1998).

Se identificaron y clasificaron los tipos de anormalidades presentes con el objetivo de evidenciar el impacto antropogénico en el talud a partir del Índice de Anormalidad de Foraminíferos o FAI (Frontalini & Coccioni, 2008 y Antonarakou *et al.*, 2018).

Además, se clasificaron los morfogrupos de los foraminíferos identificados en cada estrato del testigo a partir de sus morfologías con el objetivo de identificar cambios en el ambiente a partir de cambios de su abundancia relativa (Scott *et al.*, 2007), debido a que la morfología de sus caparazones refleja sus estrategias alimenticias las cuales están relacionadas con el tipo de ambiente que habitan (Sen-Gupta, 1993; Páez, 2001 y Murray, 1991).

En el presente seminario, se propone utilizar el modelo establecido en el trabajo de tesis realizado por la Dra. Laura Tavera Martínez titulada *Foraminíferos bentónicos como bioindicadores de contaminación en la Bahía de Mejillones, norte de Chile*, a partir de un testigo obtenido en una isobata de 920 metros de profundidad (25°03'56" S; 70°39'53" W) como método para identificar y cuantificar, en una escala temporal, las anormalidades morfológicas en los caparazones de foraminíferos bentónicos y planctónicos, para verificar si la contaminación producto de la acción antrópica se esparció hasta el talud continental en el tiempo. Así mismo, el análisis de la diversidad taxonómica y zonación de la comunidad de foraminíferos, permitieran establecer los parámetros comunitarios y distribución espacial en el talud continental.

Los resultados se compararon con el trabajo de Tesis de Laura Tavera Martínez, el cual evidencio un efecto de estrés en la costa de Bahía de Mejillones y también con el trabajo de Unidad de Investigación, Sr. Fernando Martinez titulado *Reconstrucción paleontológica frente a mejillones mediante foraminíferos (Phylum Foraminifera) como bioindicadores ambientales*, el cual se enfocó en el talud de Mejillones y evidenció un valor de FAI alto en estratos superficiales.

Hipótesis y Objetivos:

Hipótesis:

La contaminación debida a la actividad antrópica en la bahía de Taltal-Paposo ha producido incremento del número de foraminíferos con anormalidades en su caparazón, presentes en sedimentos superficiales de testigo del talud continental.

Objetivo General:

Reconstituir la paleoceanografía del talud continental entre las costas de Taltal y Paposo, en forma general, utilizando foraminíferos como bioindicadores para determinar la presencia y el alcance del impacto antropogénico sobre el talud.

Objetivos Específicos:

- 1) Reconstituir la paleoceanografía del talud continental utilizando un testigo (25°03'56" S; 70°39'53" W) a 920 metros de profundidad.

- 2) Analizar la diversidad taxonómica y zonación de la comunidad de foraminíferos tanto bentónicos como planctónicos, con el fin de comprender sus parámetros comunitarios y distribución espacial en el talud continental.
- 3) Identificar el efecto de la contaminación por metales pesados en los foraminíferos bentónicos y planctónicos de las costas de Taltal y Paposo a partir de las anomalías morfológicas en sedimentos superficiales.

Metodología

Muestras

Se trabajó con muestras de un testigo de sedimento del fondo marino sin perturbación, obtenidas frente al sistema costero Taltal-Paposo (25°03'56"S; 70°39'53" W). Este testigo fue obtenido a 920 metros de profundidad. Recolectadas por medio de un multicorer (MUC) equipado con tubos plásticos de seis metros de largo, en la expedición alemana del Crucero SO-211 realizado en 2010. El testigo obtenido por el MUC, se cortó en porciones de 1cm de espesor y se tiñeron con rosa bengala para investigar la presencia de foraminíferos bentónicos y planctónicos vivos (Hebbeln *et al.*, 2010). Las muestras fueron lavadas en tamices >63, 150 y >220 μm y mantenidas en el laboratorio de Foraminíferos, en embaces de plástico, a temperatura ambiente, hasta su uso en esta Tesis.

Procesamiento de las muestras.

Cada muestra del testigo fue pasada por un splitter (1-3 veces), hasta obtener una fracción homogénea para facilitar la separación, conteo (con un mínimo 300 ejemplares) y análisis de los ejemplares de foraminíferos presentes. El resto de sedimento en cada paso fue regresado al envase original. La fracción homogénea final de cada muestra se depositó en rejillas para permitir la separación de los foraminíferos presentes mediante un pincel y bajo una lupa estereoscópica.

Específicamente, se analizaron las muestras de la fracción de 212 μm , debido a que los foraminíferos de estadios tempranos de desarrollo, que suelen ser encontrados en fracciones entre 63 μm y 150 μm , pueden ser confundidos con anomalías en sus caparazones (Yanko *et al.*, 1999).

Análisis cualitativo

Se realizaron análisis cualitativos de las muestras, utilizando lupas estereoscópicas. Se utilizaron las guías y claves taxonómicas descritas por Cushman (1929), Malumián (2002), Hromic' & Zuñiga (2003), Acosta-Herrera (2004), Coloma *et al.* (2005), Debenay (2012), Holbourn *et al.* (2013), Luzuriaga (2015), Schiebel (2017) y Brummer & Kučera (2022); para identificar las especies de foraminíferos.

Morfogrupos

Los morfogrupos de los foraminíferos fueron identificados a lo largo del testigo, a partir de la morfología de los caparazones calcáreos observados. La abundancia relativa de los morfogrupos identificados permitió determinar la existencia o ausencia de cambios en el ambiente del talud

continental (Sen-Gupta, 1993; Páez, 2001; Fernands, 2006; Murray, 1991; Rivas,. 2015 y Saraswat *et al.*, 2018). Los foraminíferos analizados se clasificaron en uno de los siguientes grupos:

Planispiral: El enrollamiento del caparazón se orienta a un solo plano.

Trocospiral: El enrollamiento del caparazón se orienta a ambos lados.

Uniserial: Las cámaras se arreglan de forma lineal en una sola columna.

Biserial: Las cámaras se arreglan de forma lineal en dos columnas.

Triserial: Las cámaras se arreglan de forma lineal en tres columnas.

Miliolina: Enrollamiento de las cámaras de 72°, observando cuatro cámaras por un lado y tres en el otro.

Esférico: Las cámaras se arreglan de forma que se pueden definir tres ejes virtualmente iguales.

Anormalidades

A través de un microscopio óptico se identificaron y clasificaron los tipos de anomalías presentes en caparazones, de acuerdo con lo descrito por Alve (1991), Yanko *et al.* (1994, 1998), Geslin *et al.* (2002), Antonarakou *et al.* (2018), Smith *et al.* (2020) (Tabla I). Obteniendo el número de anomalías por especies y estrato (Tabla I).

Tabla I. Tipos de anomalías en caparazones de foraminíferos, tanto bentónicos como planctónicos, considerados en este estudio.

Tipo de anomalía	Autores
Abertura doble	Alve (1991); Yanko <i>et al.</i> (1994, 1998).
Agrandamiento de la abertura	Alve (1991); Antonarakou <i>et al.</i> (2018).
Cámaras adicionales	Yanko <i>et al.</i> (1994, 1998); Antonarakou <i>et al.</i> (2018).
Cicatrices	Geslin <i>et al.</i> (2002); Antonarakou <i>et al.</i> (2018).
Descalcificación	Geslin <i>et al.</i> (2002).
Enrollamiento de cámaras distorsionado	Alve (1991); Yanko <i>et al.</i> (1994, 1998); Antonarakou <i>et al.</i> (2018).
Forma aberrante de las cámaras	Alve (1991); Yanko <i>et al.</i> (1994, 1998); Geslin <i>et al.</i> (2002).
Protuberancias en una o más cámaras	Alve (1991); Yanko <i>et al.</i> (1994, 1998); Geslin <i>et al.</i> (2002); Antonarakou <i>et al.</i> (2018).
Reducción del tamaño de cámaras	Alve (1991); Geslin <i>et al.</i> (2002).
Testas dobles	Alve (1991); Yanko <i>et al.</i> (1994, 1998); Geslin <i>et al.</i> (2002); Antonarakou <i>et al.</i> (2018).
Testas extremadamente comprimidas	Yanko <i>et al.</i> (1994, 1998).
Testas triples	Geslin <i>et al.</i> (2002).

Análisis cuantitativo, Abundancia relativa

Se estimó la abundancia relativa para cada estrato, subdividiendo las muestras con un cuarteador o splitter, para realizar el conteo de los ejemplares de una manera más eficiente. Posteriormente, se cuantificó el número de individuos por cada una de las especies encontradas y se calculó la abundancia relativa, expresada en términos de individuos/cm³ (Chao *et al.*, 2006).

Índice de anormalidad de foraminíferos (FAI)

Se estimó el porcentaje total de foraminíferos anormales por cada muestra a partir del conteo de anomalías en los caparazones (Yanko *et al.* (1998 y 1999), Frontalini & Coccioni, 2008; Prazeres *et al.*, 2020). FAI se define como el porcentaje de especímenes anormales en cada estrato (Frontalini & Coccioni, 2008; Antonarakou *et al.*, 2018). Permite determinar si las anomalías identificadas se consideran como indicadores de estrés, con los estratos que presentaron un valor de FAI <1 no siendo considerados como indicadores de estrés (Antonarakou *et al.*, 2018).

Porcentaje mínimo y máximo de anomalía

Se calculó el porcentaje mínimo (Pmin) y máximo de anomalía (Pmax), empleando el método sugerido por Geslin *et al.* (2002) y Debenay *et al.* (2001), ya que la distinción entre caparazones normales y anormales puede ser algo confusa. El porcentaje mínimo indica los caparazones fuertemente anómalos mientras que el porcentaje máximo incluye aquellos que se observaron con un menor grado de anomalía. Con los valores iguales o menores a 1 no considerándose como indicadores de estrés ambiental Geslin *et al.* (2002).

Riqueza y diversidad de especies

La riqueza de especies se obtuvo mediante el número de taxa encontradas para cada muestra de sedimento. El índice de diversidad de Shannon Weiner (H') se calculó como medida de heterogeneidad (Yanko *et al.*, 1998), el índice de Shannon mide el grado promedio de la incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar en una comunidad (Pla L, 2006 y Valdez, 2018). Su fórmula es $H' = -\sum (p_i \ln p_i)$ donde p_i se define como la proporción del número total de individuos en la especie i , n_i/N (Reyes *et al.*, 2009).

Por último, se estimó la Dominancia de Simpson (D), expresándose de manera inversa al índice de diversidad, El índice de Simpson determina la probabilidad de que dos individuos elegidos aleatoriamente en una comunidad pertenezcan a la misma especie y se calcula como $D = 1 - \lambda$, con $\lambda = \sum (p_i)^2$ (Valdez, 2018). Mientras más cercanos sean los valores a 1 indicaría una mayor uniformidad, mientras que los valores más bajos indicarían una dominancia por parte de una o más especies (Rosa-del Río *et al.*, 2011).

Similitud

Se realizó un análisis de clúster basado en la similitud del índice de Bray-Curtis y Jaccal, (Villardón, 2007) el cual comparó las abundancias y riqueza entre especies y construirá una matriz de distancia. Además, al ser fuertemente influido por las especies dominantes, resta importancia a las especies raras (Chao *et al.*, 2006). Para lo cual se organizaron los estratos en dos grupos el primero conformado por 7 estratos más superficiales (5-6 cm al 11-12 cm) y el segundo conformado

por los 8 estratos más profundos (12-13 cm al 19-20 cm). Además, se obtuvo los porcentajes de similitud (SIMPER), identificando las especies que más contribuyen a la formación de los grupos formados en el clúster. A su vez, se efectuó un Análisis de Escalamiento Multidimensional (MDS), para representar espacialmente los grupos formados por el clúster (Villardón, 2007). Así, la distancia entre cada agrupación reflejó mayor o menor similitud, observándose diferencias entre las distintas asociaciones de foraminíferos. Así mismo, se consideró el valor del coeficiente de estrés que oscila entre 0 y 1, midiendo el grado de acierto del gráfico de MDS (<0,05: excelente, <0,1: bueno, <0,2 potencialmente útil) (Carnahan, 2005). Complementariamente, con el fin de soportar estadísticamente los resultados obtenidos a partir del MDS, se desarrolló un análisis de similitudes (ANOSIM), para determinar si existen diferencias significativas entre las estaciones con respecto a la composición de especies con un valor $p > 0,05$ y un valor estadístico R que denota similitud si su valor se aproxima a 0.

Resultados

Metales pesados y elementos contaminantes

Gracias al apoyo del Dr. Roberto Abdala de la Universidad de Málaga, se obtuvieron las concentraciones de metales pesados presentes en las muestras de foraminíferos del Genero *Bolivina* del sedimento, tales como silicio (Si), calcio (Ca), aluminio (Al), hierro (Fe), sodio (Na), potasio (K), titanio (Ti), magnesio (Mg), fósforo (P), azufre (S), manganeso (Mn), vanadio (V), cloro (Cl), cromo (Cr), estroncio (Sr) y zinc (Zn) (Tabla II).

A su vez, también se obtuvieron las concentraciones de óxidos como dióxido de silicio (SiO_2), óxido de aluminio (Al_2O_3), óxido de calcio (CaO), trióxido de hierro (Fe_2O_3), dióxido de sodio (Na_2O), óxido de magnesio (MgO), óxido de potasio (K_2O), dióxido de titanio (TiO_2), pentóxido de difósforo (P_2O_5), óxido de manganeso (MnO), trióxido de azufre (SO_3), óxido de azufre (SO_2), óxido de estroncio (SrO), pentóxido de vanadio (V_2O_5), óxido de zinc (ZnO) y trióxido de cromo (Cr_2O_3) (Tabla II). A partir de estas concentraciones se realizó una correlación con los valores de FAI, riqueza y abundancia de las especies de foraminíferos identificadas en cada estrato, a partir de un modelo lineal generalizado (GLM), con un valor $p < 0,05$ determinando una correlación fuerte.

Tabla II. Concentración promedio de elementos contaminantes en el testigo y error estadístico.

Estratos	5-6cm	6-7cm	7-8cm	8-9cm	9-10cm	10-11cm	11-12cm	12-13cm	13-14cm	14-15cm	15-16cm	16-17cm	17-18cm	18-19cm	19-20cm
Si	24,78	25,78	26,7	26,74	25,62	27,67	24,87	26,65	24,15	27,42	25,29	26,24	26,39	25,72	24,96
Est.Error	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Ca	7,46	6,36	5,56	5,63	7,15	4,45	8,21	6,15	7,98	5,04	7,9	6,25	6,58	7,05	8,08
Est.Error	0,2	0,19	0,18	0,18	0,2	0,16	0,21	0,18	0,21	0,17	0,21	0,19	0,19	0,2	0,21
Al	5,32	5,48	5,7	5,74	5,5	5,82	5,22	5,59	5,49	5,84	5,52	5,78	5,72	5,67	5,41
Est.Error	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,17	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Fe	5,7	5,68	5,53	5,35	5,41	5,6	5,57	5,08	5,66	5,16	5,17	5,07	5,08	5,1	5,19
Est.Error	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Na	2,96	3,12	3,34	3,19	3,16	3,36	2,89	3,19	3,63	3,41	3,14	3,36	3,41	3,18	3,11
Est.Error	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

K	1,96	2,08	2,06	2,22	1,99	2,19	1,94	2,04	1,96	2,04	1,91	2,06	1,98	1,96	1,89
Est.Err or	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Mg	1,31	1,39	1,38	1,41	1,33	1,36	1,3	1,34	1,41	1,38	1,3	1,34	1,34	1,33	1,39
Est.Err or	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ti	0,47 2	0,53 3	0,5	0,50 4	0,49	0,50 1	0,48 9	0,47 2	0,51 6	0,51 6	0,48 8	0,47	0,49 4	0,46 8	0,48 9
Est.Err or	0,00 74	0,00 83	0,00 78	0,00 79	0,00 77	0,00 78	0,00 76	0,00 74	0,00 81	0,00 81	0,00 76	0,00 73	0,00 77	0,00 73	0,00 76
Px	0,20 4	0,2	0,18 1	0,18 7	0,16 5	0,18 3	0,20 1	0,24 4	0,19 9	0,15 6	0,16	0,19 6	0,21 3	0,18	0,24 3
Est.Err or	0,00 68	0,00 66	0,00 6	0,00 62	0,00 55	0,00 61	0,00 67	0,00 81	0,00 66	0,00 52	0,00 53	0,00 65	0,00 71	0,00 6	0,00 81
Sx	0,03 61	0,03 08	0,02 46	0,02 66	0,02 7	0,02 23	0,02 95	0,02 98	0,03 17	0,02 55	0,02 74	0,02 98	0,02 98	0,03 73	0,03 44
Est.Err or	0,00 22	0,00 19	0,00 6	0,00 62	0,00 55	0,00 61	0,00 67	0,00 81	0,00 66	0,00 52	0,00 53	0,00 65	0,00 71	0,00 6	0,00 81
Mn	0,06 13	0,06 93	0,06 7	0,06 44	0,06 51	0,06 58	0,06 59	0,06 21	0,06 4	0,06 13	0,06 27	0,06 14	0,06 21	0,05 83	0,05 86
Est.Err or	0,00 23	0,00 26	0,00 25	0,00 24	0,00 25	0,00 25	0,00 25	0,00 24	0,00 25	0,00 23	0,00 24	0,00 23	0,00 24	0,00 22	0,00 22
Sr	0,06 2	0,04 64	0,04 65	0,05 13	0,05 35	0,04 38	0,05 53	0,06 22	0,04 6	0,04 54	0,06 11	0,05 32	0,05 66	0,05 7	0,05 84
Est.Err or	0,00 1	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 1	0,00 08	0,00 08	0,00 09	0,00 09	0,00 09	0,00 08	0,00 09
V	0,01 26	0,01 29	0,01 38	0,01 31	0,01 3	0,01 32	0,01 22	0,01 3	0,01 36	0,01 31	0,01 28	0,01 26	0,01 24	0,01 28	0,01 21
Est.Err or	0,00 06	0,00 06	0,00 07	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 07
Cl	0,02 15	0,01 21	-	0,01 29	-	-	-	0,01 29	-	-	-	-	-	-	-
Est.Err or	0,00 16	0,00 11	-	0,00 11	-	-	-	0,00 12	-	-	-	-	-	-	-
Cr	0,00 98	0,01 03	0,00 83	0,00 89	0,00 78	0,00 94	0,00 92	0,00 75	0,00 92	0,00 81	0,00 82	0,00 94	0,00 7	0,00 73	0,00 83
Est.Err or	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 05	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 05	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06
Zn	0,01 03	0,01 22	0,01 07	0,01 08	0,01 04	0,01 04	0,01 13	0,01 04	0,01 06	0,00 96	0,01 04	0,01 03	0,00 95	0,00 97	0,01 15
Est.Err or	0,00 05	0,00 05	0,00 05	0,00 05	0,00 05	0,00 05	0,00 05	0,00 05	0,00 05	0,00 05	0,00 05	0,00 05	0,00 05	0,00 05	0,00 06
SiO2	53,0 1	55,1 4	57,1 2	57,2 1	54,8	59,1 9	53,2 1	57,0 1	51,6 6	58,6 5	54,0 9	56,1 3	56,4 6	55,0 1	53,3 9
Est.Err or	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Al2O3	10,0 6	10,3 5	10,7 8	10,8 5	10,3 9	11	9,86	10,5 5	10,3 7	11,0 3	10,4 4	10,9 1	10,8 2	10,7 2	10,2 2
Est.Err or	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
CaO	10,4 4	8,9	7,77	7,87	10	6,22	11,4 9	8,6	11,1 6	7,05	11,0 5	8,75	9,2	9,86	11,3
Est.Err or	0,28	0,26	0,25	0,25	0,27	0,22	0,29	0,26	0,29	0,23	0,29	0,26	0,26	0,27	0,29
Fe2O3	8,15	8,12	7,91	7,65	7,73	8	7,96	7,26	8,09	7,38	7,4	7,25	7,26	7,3	7,42
Est.Err or	0,22	0,22	0,22	0,21	0,22	0,22	0,22	0,21	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Na2O	3,98	4,2	4,5	4,3	4,25	4,53	3,89	4,3	4,89	4,6	4,23	4,52	4,59	4,28	4,19
Est.Err or	0,1	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,1	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
K2O	2,36	2,5	2,48	2,67	2,39	2,64	2,34	2,46	2,36	2,45	2,31	2,49	2,38	2,36	2,28
Est.Err or	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
MgO	2,18	2,3	2,28	2,34	2,2	2,26	2,15	2,23	2,34	2,3	2,15	2,22	2,22	2,21	2,3
Est.Err or	0,16	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17
TiO2	0,78 7	0,88 9	0,83 5	0,84	0,81 8	0,83 6	0,81 6	0,78 7	0,86	0,86	0,81 5	0,78 5	0,82 4	0,78 1	0,81 5
Est.Err	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

or	2	4	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	2	3
P2O5	0,46 7	0,45 9	0,41 5	0,42 9	0,37 9	0,41 9	0,46 1	0,55 9	0,45 7	0,35 8	0,03 67	0,44 9	0,48 8	0,41 2	0,55 8
Est.Err or	0,01 5	0,01 5	0,01 4	0,01 4	0,01 3	0,01 4	0,01 5	0,01 9	0,01 5	0,01 2	0,01 2	0,01 5	0,01 6	0,01 4	0,01 8
MnO	0,07 92	0,08 95	0,08 65	0,08 31	0,08 41	0,08 5	0,08 51	0,08 02	0,08 45	0,07 92	0,08 1	0,07 93	0,08 02	0,07 53	0,07 57
Est.Err or	0,00 3	0,00 34	0,00 33	0,00 31	0,00 32	0,00 32	0,00 32	0,00 3	0,00 32	0,00 3	0,00 31	0,00 3	0,00 3	0,00 29	0,00 29
SO3	0,09 01	0,07 69	0,06 14	0,06 64	0,06 73	0,05 58	0,07 37	0,07 44	0,07 93	0,06 38	0,06 85	0,07 44	0,07 44	0,09 53	0,08 58
Est.Err or	0,00 56	0,00 48	0,00 38	0,00 41	0,00 42	0,00 35	0,00 46	0,00 46	0,00 49	0,00 4	0,00 43	0,00 46	0,00 46	0,00 58	0,00 53
SrO	0,73 3	0,07 69	0,05 5	0,06 06	0,06 33	0,05 18	0,06 55	0,07 35	0,05 44	0,05 37	0,07 23	0,06 29	0,06 69	0,06 74	0,06 91
Est.Err or	0,00 11	0,00 09	0,00 1	0,00 1	0,00 1	0,00 09	0,00 1	0,00 12	0,00 09	0,00 09	0,00 11	0,00 1	0,00 11	0,00 1	0,00 11
V2O5	0,22 5	0,02 3	0,02 47	0,02 34	0,02 32	0,02 35	0,02 17	0,02 31	0,02 44	0,02 34	0,02 28	0,02 25	0,02 21	0,02 29	0,02 16
Est.Err or	0,00 11	0,00 11	0,00 12	0,00 11	0,00 11	0,00 11	0,00 11	0,00 11	0,00 11	0,00 11	0,00 11	0,00 11	0,00 11	0,00 12	0,00 11
ZnO	0,01 28	0,01 52	0,01 34	0,01 34	0,01 3	0,01 3	0,01 41	0,01 29	0,01 34	0,01 2	0,01 3	0,01 29	0,01 18	0,01 2	0,01 43
Est.Err or	0,00 06	0,00 06	0,00 07	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 07	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 06	0,00 07
Cr2O3	0,01 43	0,01 51	0,01 21	0,01 29	0,01 14	0,01 38	0,01 34	0,01 1	0,01 32	0,01 18	0,01 2	0,01 38	0,01 02	0,01 06	0,01 21
Est.Err or	0,00 08	0,00 09	0,00 09	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 08	0,00 09

Resultados cualitativos

Se identificaron 141 especies de foraminíferos las cuales fueron distribuidas en 12 Órdenes, 43 Familias y 66 Géneros (Tabla III). De estas, 23 especies corresponden a foraminíferos planctónicos.

Tabla III. Composición taxonómica de la Comunidad de foraminíferos.

Orden	Familia	Géneros	Especie
Astrorhizida	Hyperamminidae	<i>Hyperammina</i>	<i>Hyperammina elongata</i> Brady, 1878
	Rhabdamminidae	<i>Bathysiphon</i>	<i>Bathysiphon sp.</i> Sars, 1872
		<i>Rhabdammina</i>	<i>Rhabdammina sp.</i> Eimer & Fickert, 1899
Buliminida	Rhizamminidae	<i>Rhizammina</i>	<i>Rhizammina sp</i> Brady, 1879
	Buliminellidae	<i>Bulimina</i>	<i>Bulimina aculeata</i> d'Orbigny, 1826
			<i>Bulimina inflata</i> Seguenza, 1862
			<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny, 1826
			<i>Bulimina patagonica</i> d'Orbigny, 1839
			<i>Trifarina angulosa</i> (Williamson, 1858)
			<i>Trifarina bradyi</i> (Cushman, 1923)
			<i>Trifarina earlandi</i> (Parr, 1950)
			<i>Trifarina fluens</i> (Cushman & McCulloch, 1948)
	Uvigerinidae	<i>Uvigerina</i>	<i>Uvigerina sp</i> d'Orbigny, 1826
			<i>Uvigerina asperula</i> Čížek, 1848
			<i>Uvigerina auberiana</i> d'Orbigny, 1839
			<i>Uvigerina bifurcata</i> d'Orbigny, 1839
			<i>Uvigerina bortotara</i> (Finlay, 1939)
			<i>Uvigerina brunnensis</i> Karrer, 1877

<i>Globigerinida</i>	Globigerinidae	<i>Globigerina</i> <i>Globigerinella</i>	<i>Uvigerina peregrina</i> Cushman, 1923
			<i>Uvigerina semiornata</i> d'Orbigny, 1846
		<i>Globigerinoides</i> <i>Globorotaloides</i> <i>Trilobatus</i>	<i>Uvigerina striata</i> d'Orbigny, 1839
			<i>Uvigerina tenuistriata</i> Reuss, 1870
			<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny, 1826
			<i>Globigerinella aequilateralis</i> Brady, 1879
			<i>Globigerinella calida</i> (Parker, 1962)
			<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny, 1839)
			<i>Globorotaloides hexagonus</i> (Natland, 1938)
			<i>Trilobatus sacculifer</i> (Brady, 1877)
		<i>Orbulina</i>	<i>Trilobatus trilobus</i> (Reuss, 1850)
			<i>Orbulina suturalis</i> Brönnimann, 1951
	Globorotaliidae	<i>Globorotalia</i>	<i>Orbulina universa</i> d'Orbigny, 1839
			<i>Globorotalia inflata</i> (d'Orbigny, 1839)
			<i>Globorotalia menardii</i> (Parker, Jones & Brady, 1865)
			<i>Globorotalia scitula</i> (Brady, 1882)
			<i>Globorotalia theyeri</i> Fleisher, 1974
			<i>Globorotalia truncatulinoides</i> (d'Orbigny, 1839)
		<i>Neogloboquadrina</i>	<i>Globorotalia truncatulinoides</i> (d'Orbigny, 1839)
			<i>Neogloboquadrina dutertrei</i> (d'Orbigny, 1839)
			<i>Neogloboquadrina incompta</i> (Cifelli, 1961)
			<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (Ehrenberg, 1861)
Lituolida	Pulleniatinidae	<i>Pulleniatina</i>	<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parker & Jones, 1865)
	Trochamminidae	<i>Trochammina</i>	<i>Trochammina inflata</i> (Montagu, 1808)
	Cyclamminidae	<i>Cyclammina</i>	<i>Cyclammina cancellata</i> Brady, 1879
	Hauerinidae	<i>Pyrgo</i>	<i>Pyrgo ringens</i> (Lamarck, 1804)
	Nodosariidae	<i>Dentalina</i>	<i>Dentalina</i> sp Risso, 1826
	Lagenidae	<i>Lagena</i>	<i>Lagena</i> sp Walker & Jacob, 1798
Polymorphinida	Ellipsolagenidae	<i>Hyalinonetrion</i> <i>Favulina</i>	<i>Lagena elegantissima</i> (Bornemann, 1855)
			<i>Lagena striata</i> (d'Orbigny, 1839)
		<i>Fissurina</i>	<i>Hyalinonetrion clavatum</i> (d'Orbigny, 1846)
			<i>Favulina</i> sp Patterson & Richardson, 1988
		<i>Oolina</i>	<i>Favulina hexagona</i> (Williamson, 1848)
			<i>Fissurina</i> sp Reuss, 1850
Robertinida	Bolivinitidae	<i>Bolivina</i>	<i>Fissurina lucida</i> (Williamson, 1848)
			<i>Oolina</i> sp d'Orbigny, 1839
			<i>Oolina apiopleura</i> (Loeblich & Tappan, 1953)
			<i>Bolivina</i> sp d'Orbigny, 1839
			<i>Bolivina costata</i> d'Orbigny, 1839
			<i>Bolivina inflata</i> Heron-Allen & Earland, 1913
			<i>Bolivina interjuncta</i> Cushman, 1926
			<i>Bolivina ordinaria</i> Phleger & Parker, 1952
			<i>Bolivina plicata</i> d'Orbigny, 1839
			<i>Bolivina seminuda</i> Cushman, 1911
			<i>Bolivina spissa</i> Cushman, 1926
			<i>Bolivina striatula</i> Cushman, 1922

Rotaliida			<i>Bolivina variabilis</i> (Williamson, 1858)
		<i>Fursenkoina</i>	<i>Fursenkoina</i> sp Loeblich & Tappan, 1961
			<i>Fursenkoina fusiformis</i> (Cushman, 1930)
			<i>Fursenkoina rotundata</i> (Parr, 1950)
			<i>Fursenkoina spinosa</i> (Heron-Allen & Earland, 1932)
		<i>Sagrina</i>	<i>Sagrina</i> sp d'Orbigny, 1839
	Epistominidae	<i>Hoeglundina</i>	<i>Hoeglundina</i> sp Brotzen, 1948
			<i>Hoeglundina elegans</i> (d'Orbigny, 1826)
	Robertinidae	<i>Robertinoides</i>	<i>Robertinoides bradyi</i> (Cushman & Parker, 1936)
	Alabaminidae	<i>Oridorsalis</i>	<i>Oridorsalis subtener</i> (Galloway & Wissler, 1927)
	Anomalinidae	<i>Anomalinoides</i>	<i>Anomalinoides minimus</i> (Förster, 1892)
	Astrononionidae	<i>Astrononion</i>	<i>Astrononion</i> sp Cushman & Edwards, 1937
	Buliminidae	<i>Buliminella</i>	<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny, 1839)
	Cancrisidae	<i>Cancris</i>	<i>Cancris auricula</i> (Fichtel & Moll, 1798)
		<i>Valvulineria</i>	<i>Valvulineria bradyana</i> (Fornasini, 1900)
			<i>Valvulineria inflata</i> (d'Orbigny, 1839)
			<i>Valvulineria scintillans</i> Coryell & Mossman, 1942
	Candeinidae	<i>Tenuitellita</i>	<i>Tenuitellita iota</i> (Parker, 1962)
	Cassidulinidae	<i>Cassidulina</i>	<i>Cassidulina carinata</i> Silvestri, 1896
			<i>Cassidulina laevigata</i> d'Orbigny, 1826
		<i>Globocassidulina</i>	<i>Globocassidulina crassa</i> (d'Orbigny, 1839)
		<i>Ehrenbergina</i>	<i>Ehrenbergina pupa</i> (d'Orbigny, 1839)
	Chilostomellidae	<i>Chilostomella</i>	<i>Chilostomella ovoidea</i> Reuss, 1850
	Cibicididae	<i>Cibicides</i>	<i>Cibicides</i> sp Montfort, 1808
			<i>Cibicides aknerianus</i> (d'Orbigny, 1846)
			<i>Cibicides ornatus</i> Bogdanovich, 1960
		<i>Cibicidoides</i>	<i>Cibicidoides dispars</i> (d'Orbigny, 1839)
		<i>Lobatula</i>	<i>Lobatula wuellerstorfi</i> (Schwager, 1866)
	Discorbidae	<i>Discorbis</i>	<i>Discorbis</i> sp Lamarck, 1804
			<i>Discorbis peruvianus</i> (d'Orbigny, 1839)
		<i>Discorbinella</i>	<i>Discorbinella</i> sp Cushman & Martin, 1935
	Discorbinellidae	<i>Hanzawaia</i>	<i>Hanzawaia boueana</i> (d'Orbigny, 1846)
	Elphidiidae	<i>Elphidium</i>	<i>Elphidium</i> sp Montfort, 1808
	Gavelinellidae	<i>Gyroidina</i>	<i>Gyroidina rothwelli</i> Natland, 1950
		<i>Hansenisca</i>	<i>Hansenisca soldanii</i> (d'Orbigny, 1826)
	Globigerinitidae	<i>Globigerinita</i>	<i>Globigerinita glutinata</i> (Egger, 1893)
			<i>Globigerinita uvula</i> (Ehrenberg, 1861)
	Globobuliminidae	<i>Globobulimina</i>	<i>Globobulimina pyrula</i> (d'Orbigny, 1846)
	Hastigerinidae	<i>Hastigerinella</i>	<i>Hastigerinella digitata</i> (Rhumbler, 1911)
	Haynesinidae	<i>Haynesina</i>	<i>Haynesina</i> sp Banner & Culver, 1978
			<i>Haynesina depressula</i> (Walker & Jacob, 1798)
	Melonidae	<i>Melonis</i>	<i>Melonis</i> sp Montfort, 1808
			<i>Melonis affinis</i> (Reuss, 1851)
			<i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel & Moll, 1798)
			<i>Melonis sphaeroides</i> Voloshinova, 1958

	Nonionidae	<i>Nonion</i>	<i>Nonion sp</i> Montfort, 1808
		<i>Nonionella</i>	<i>Nonionella sp</i> Cushman, 1926
			<i>Nonionella auris</i> (d'Orbigny, 1839)
			<i>Nonionella stella</i> Cushman & Moyer, 1930
		<i>Nonionoides</i>	<i>Nonionoides grateloupi</i> (d'Orbigny, 1839)
			<i>Nonionoides turgidus</i> (Williamson, 1858)
		<i>Pseudononion</i>	<i>Pseudononion chiliensis</i> (Cushman & Kellett, 1929)
	Nummulitidae	<i>Operculina</i>	<i>Operculina sp</i> d'Orbigny, 1826
	Planulinidae	<i>Planulina</i>	<i>Planulina sp</i> d'Orbigny, 1826
			<i>Planulina limbata</i> Natland, 1938
	Pseudoparrellidae	<i>Epistominella</i>	<i>Epistominella afueraensis</i> McCulloch, 1977
			<i>Epistominella exigua</i> (Brady, 1884)
			<i>Epistominella obesa</i> Bandy & Arnal, 1957
		<i>Pseudoparrella</i>	<i>Pseudoparrella pacifica</i> (Cushman, 1927)
Textulariida	Pulleniidae	<i>Pullenia</i>	<i>Pullenia alazanensis</i> Cushman, 1927
			<i>Pullenia bulloides</i> (d'Orbigny, 1846)
			<i>Pullenia subcarinata</i> (d'Orbigny, 1839)
			<i>Rosalina cora</i> d'Orbigny, 1839
	Rosalinidae	<i>Rosalina</i>	<i>Rosalina floridana</i> (Cushman, 1922)
	Rotaliidae	<i>Ammonia</i>	<i>Ammonia sp</i> Brönnich, 1772
	Sphaeroidinidae	<i>Sphaeroidina</i>	<i>Sphaeroidina sp</i> d'Orbigny, 1826
	Trichohyalidae	<i>Buccella</i>	<i>Buccella frigida</i> (Cushman, 1922)
			<i>Buccella peruviana</i> (d'Orbigny, 1839)
	Turrilinae	<i>Eubuliminella</i>	<i>Eubuliminella curta</i> (Cushman, 1925)
Vaginulinida	Vaginulinidae	<i>Eggerella</i>	<i>Eggerella bradyi</i> (Cushman, 1911)
		<i>Karrerella</i>	<i>Karrerella bradyi</i> (Cushman, 1911)
		<i>Martinottiella</i>	<i>Martinottiella sp</i> Cushman, 1933
		<i>Lenticulina</i>	<i>Lenticulina sp</i> Lamarck, 1804
			<i>Lenticulina argentinensis</i> (Boltovskoy, 1954)
		<i>Saracenaria</i>	<i>Saracenaria sp</i> Defrance, 1824

Análisis cuantitativo.

1. Abundancia relativa:

La Figura 1, representa la abundancia relativa de los foraminíferos identificados. El orden más abundante corresponde a Rotaliida, registrándose en un 31% de los foraminíferos observados (Figura 1.3); A nivel de familia, Bolinitidae correspondió a la más abundante, representando el 26% (Figura 1.2). A nivel de género, los principales representantes fueron *Bolivina* y *Bulimina*, correspondiendo al 31 y 27%, respectivamente (Figura 1.1). La figura 2, muestra la abundancia relativa de los foraminíferos identificados a lo largo del testigo a nivel de género, evidenciando al género *Bolivina* como el más abundante (Figura 2).

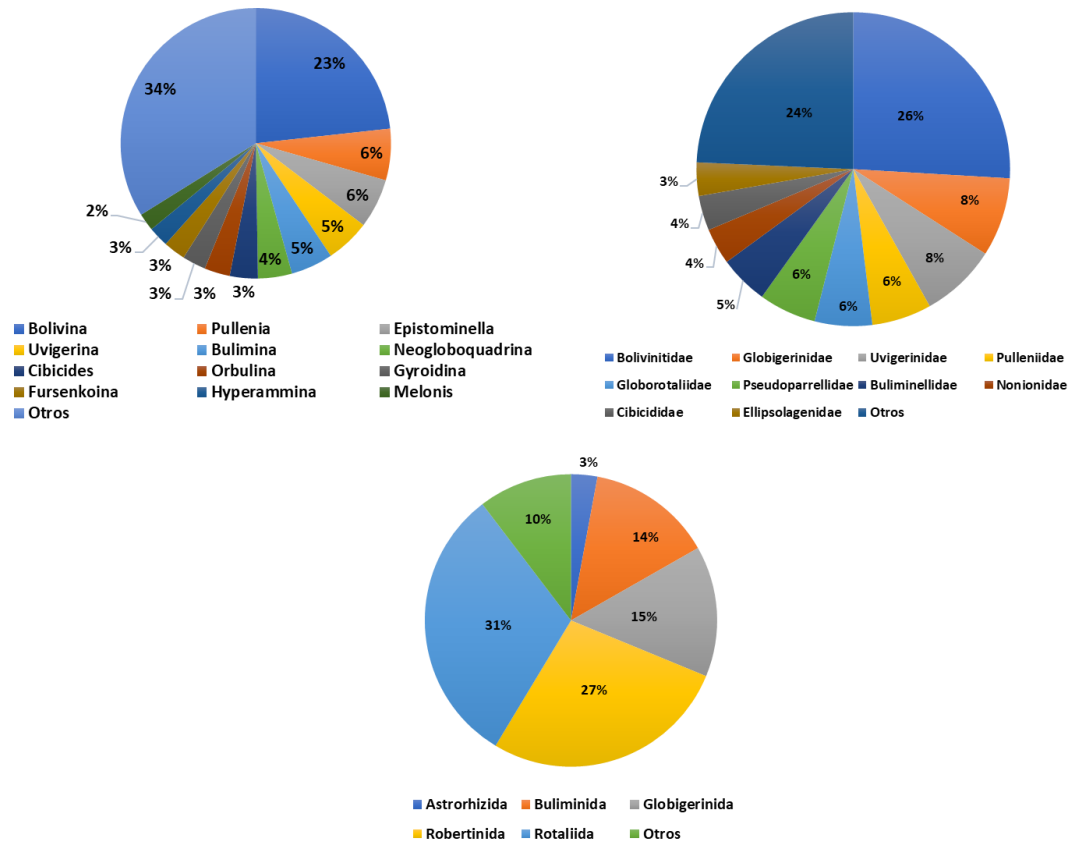


Figura 1. Abundancia (%) de los foraminíferos del talud continental a nivel de 1.1) *Géneros*, 1.2) Familia, 1.3) orden.

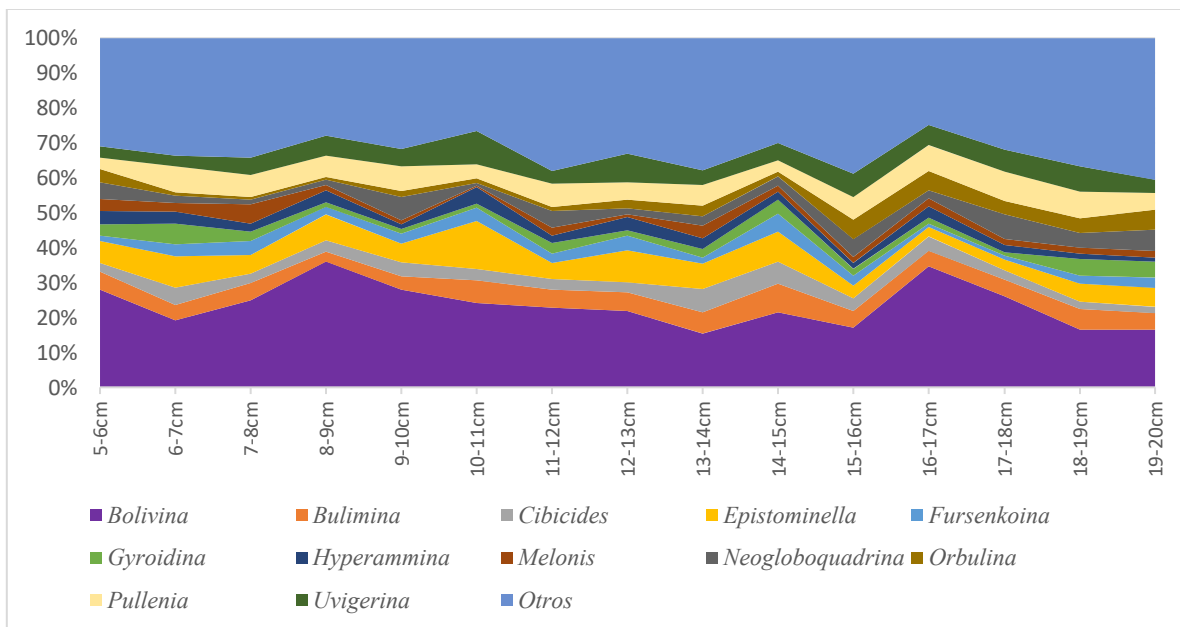


Figura 2. Abundancia (%) de *Géneros* predominantes a lo largo de la muestra.

2. Morfogrupos

La forma predominante de los caparazones corresponde a la trocoespiral, correspondiendo al 36% de la muestra. Los caparazones planispirales fueron reflejados en el 13%. Los caparazones biserials estuvieron representados por el 26%, mientras que las formas uniserial y triserial representaron un 7% cada una. La forma esférica correspondió a 6%. Finalmente, la forma miliolina, característica de ambientes costeros, fue la menos representada, correspondiendo sólo el 2% de la muestra (Figura 3). En la figura 4, se representa de manera visual los morfogrupos más abundantes a lo largo del testigo.

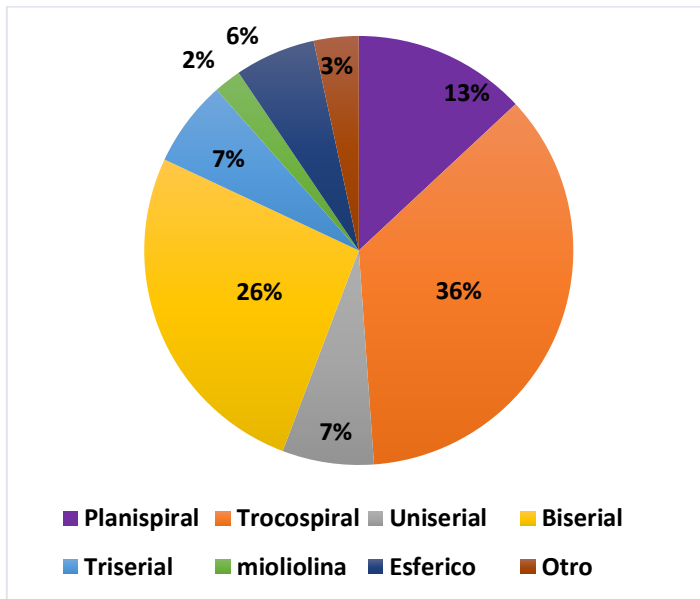


Figura 3. Morfogrupos identificados del testigo.

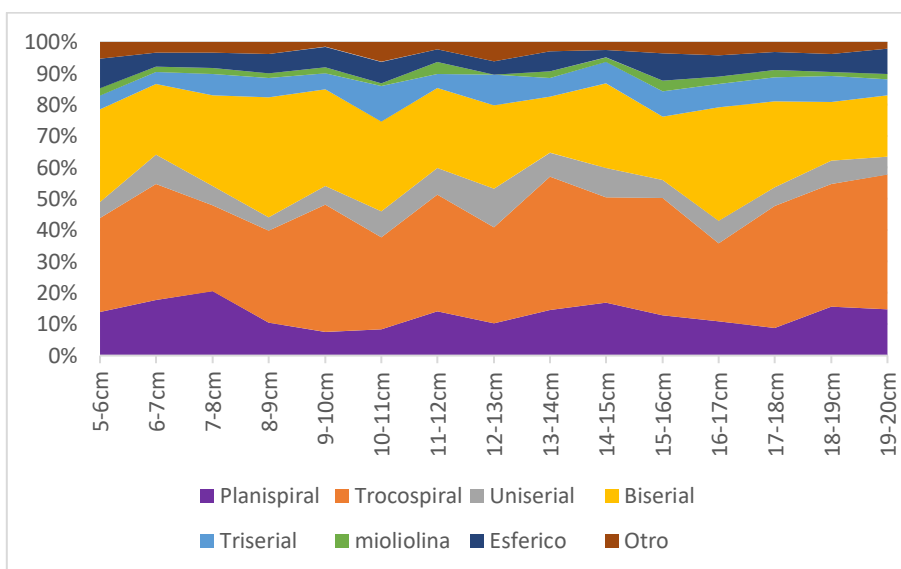


Figura 4. Abundancia de morfogrupos a lo largo del testigo.

3. Anormalidades:

Índice de anomalía en foraminíferos (FAI)

Los valores de FAI fueron constantes a lo largo de los estratos más superficiales. El mayor valor de anomalía se evidenció en el primer centímetro del testigo (5-6) con un 5,3%, las muestras 6-7 y 15-16 también arrojaron índices de anomalía con un 4,3 y 4,2%, respectivamente. Las muestras 12-13, 14-15 y 17-18 no presentaron anomalías y en la muestra 18-19 presentó un índice de anomalía bajo (0,7%) por lo que las anomalías identificadas no se consideraron no se consideraron como indicativos de estrés (Figura 5).

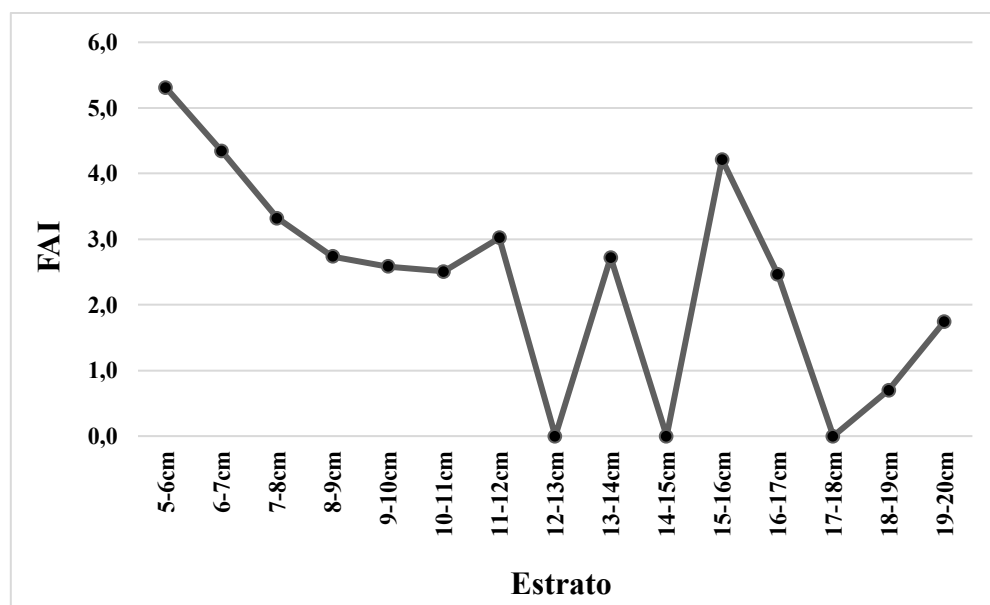


Figura 5. Valores de FAI estimados a lo largo del testigo.

Porcentaje mínimo, máximo y medio de anomalía

El mayor porcentaje de anomalía (Pmax) se reflejó en la muestra correspondiente a la fracción 5-6 con un valor de 5%. Mientras que el valor mínimo de anomalía (Pmin) fue registrado en el segmento 18-19 arrojando un valor de 0,2% (Tabla IV.)

Tabla IV. Valores mínimos (Pmin), máximos (Pmax) y medios (Pmed) de anomalía. Los valores menores o iguales a 1, no son considerados como valores de estrés.

Estratos	5-6cm	6-7cm	7-8cm	8-9cm	9-10cm	10-11cm	11-12cm	12-13cm	13-14cm	14-15cm	15-16cm	16-17cm	17-18cm	18-19cm	19-20cm
Pmin	3	2	1	1	2	1	1	0	2	0	2	1	0	0,2	1
Pmax	5	4	3	2	2	2	2	0	2	0	3	2	0	1	1

El mayor número de anomalías se reflejó en el Género *Bolivina* (Figura 6) correspondiendo al 40% de las anomalías identificadas. Siendo *Bolivina costata* y *Bolivina plicata* las especies con mayor proporción de anomalías, con un 15 y 9%, respectivamente (Figura 7).

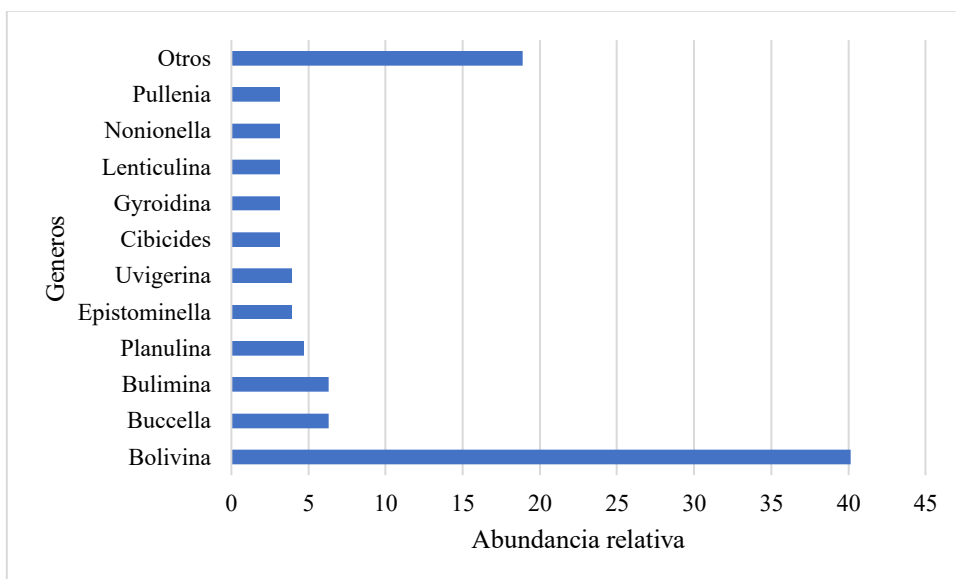


Figura 6. Abundancia de anomalías en *Géneros* de foraminíferos.

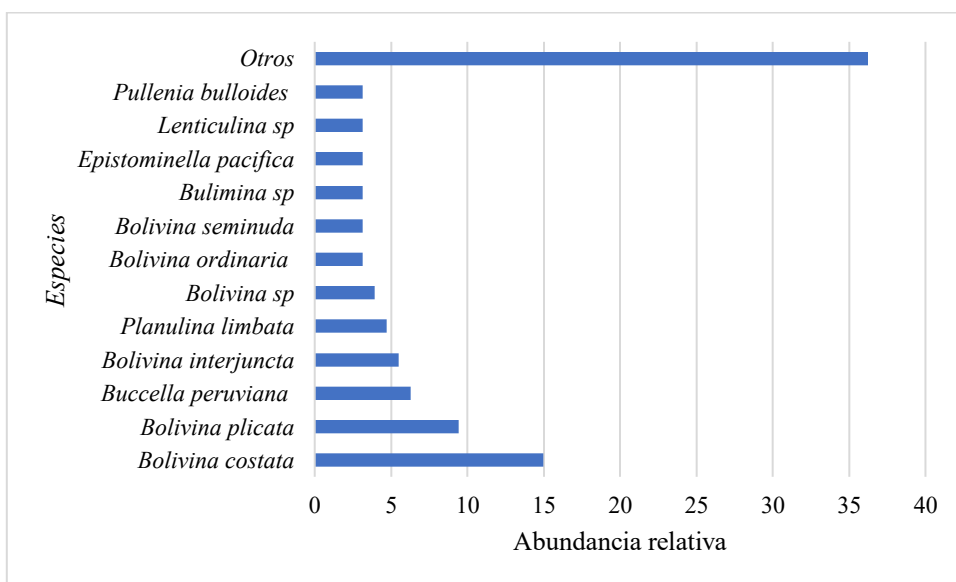


Figura 7. Abundancia de anomalías en *Especies* de foraminíferos.

Tipos de anomalías

Se evidenció la descalcificación de los caparazones como la anomalía más abundante en los foraminíferos del testigo, representando el 42% del total de las anomalías identificadas. Las

cicatrices por regeneración se registraron en el 14 % de los foraminíferos anormales, mientras que las de una o más cámaras y el enrollamiento de cámaras distorsionadas corresponden al 11 y 10 % de las anomalías identificadas (Figura 8 y 9).

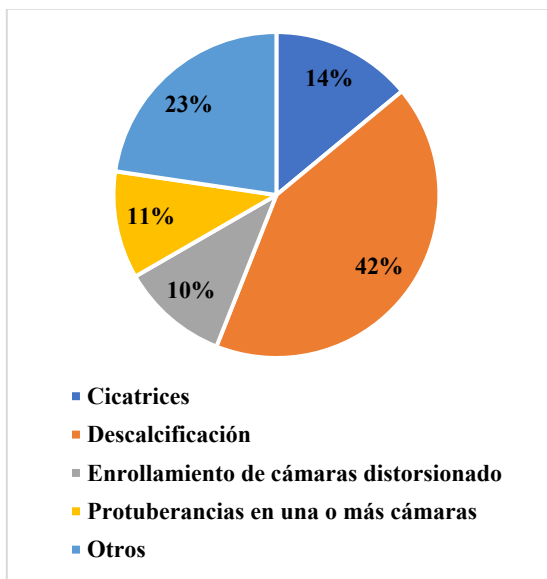


Figura 8. Tipos de anomalías identificadas en el testigo.



Figura 9. Tipos de anomalías registradas. 9a) Descalcificación y protuberancias en *Cyclammina cancellata* 9b) Descalcificación en *Cibicidoides wuellerstorfi* 9c) Descalcificación en *Buccella peruviana* 9d) Descalcificación y reducción de cámaras *Buccella peruviana* 9e) Descalcificación en *Planulina limbata* 9f) Descalcificación en *Cibicides sp.* 9g) Descalcificación en *Gyroidina soldanii* 9h) Descalcificación en *Epistominella exigua* 9i) Descalcificación en *Epistominella exigua* 9j) Protuberancia en *Pullenia bulloides* 9k) Enrollamiento de cámaras distorsionado en *Bolivina costata* 9l) Testas dobles *Bolivina plicata* 9m) Reducción del tamaño de las cámaras en *Bolivina seminuda* 9n) Enrollamiento distorsionado en *Bolivina costata* 9o) 9p) Abertura doble en *Uvigerina bifurcata* 9q) Cicatriz en *Bolivina plicata* 9r) Reducción del tamaño de las cámaras en *Bolivina seminuda* 9s) Enrollamiento distorsionado de *Bolivina costata*.

Diversidad

Los valores del índice de diversidad de Shannon-Weiner (H') fueron elevados (3,79-4,33) a lo largo de la muestra, con los valores más altos en el estrato 11-12 cm y de los estratos 18 al 20 cm. El

índice de dominancia de Simpson (D) mantuvo valores menos variables (0,94-0,98) a lo largo del testigo (Tabla. V).

Tabla V. Riqueza de especies (S), Índice de Shannon-Wiener (H') y Simpson (D) para cada estrato del testigo del sedimento.

Estrato	S	H'	D
5-6 cm	65	3,85	0,97
6-7 cm	80	4,02	0,98
7-8 cm	81	4,00	0,94
8-9 cm	78	3,81	0,97
9-10 cm	82	3,99	0,97
10-11cm	73	3,89	0,97
11-12 cm	118	4,33	0,98
12-13cm	69	3,92	0,97
13-14 cm	87	4,10	0,98
14-15 cm	75	3,95	0,97
15-16 cm	96	4,17	0,98
16-17cm	86	3,79	0,96
17-18 cm	92	3,97	0,97
18-19 cm	105	4,25	0,98
19-20 cm	110	4,27	0,98

4. Similitud

Se generó un clúster de similitud tanto para la riqueza como para la dominancia, a partir del índice de Jaccard y Bray-Curtis, respectivamente y organizando los estratos en dos grupos, el primero conformado por 7 estratos más superficiales (5-6 al 11-12) en color verde y el segundo conformado por los 8 estratos más profundos (12-13 al 19-20) en color rojo (Figura 10).

Para la riqueza se formaron tres grupos con alta similitud a partir de los valores del índice de Jaccard, con un porcentaje de similitud mayor al 65%. El primero conformado por las fracciones 11-12 cm, 18-19 cm, 19-20 cm y el 15-16 cm. Con los estratos 18-19 cm y 19-20 cm siendo los más similares con un 74%. Otro grupo formado por los sedimentos 5-6 cm, 6-7 cm, 8-9 cm y 9-10 cm con los estratos 5-6 cm y 8-9 cm presentando mayor similitud (68%); y un grupo formado por sólo por dos estratos (16-17 cm y 17-18 cm) evidenciando la mayor similitud con un 82% de similitud (Figura 10.1).

A partir de los valores del índice de Bray Curtis para la abundancia de foraminíferos identificados, se formaron 5 agrupamientos con una similitud mayor al 60%. El primero formado por los sedimentos 15-16 cm, 18-19 cm y 19-20 cm, con los estratos 18-19 cm y 19-20 cm teniendo una similitud del 74%. El segundo agrupamiento conformado por los estratos 7-8 cm, 8-9 cm, 9-10 cm y 11-12 cm, los subgrupos 8-9 cm y 9-10 cm arrojando un 71% de similitud. El tercer grupo conformado por los sedimentos 5-6 cm, 6-7 cm, 16-17 cm y 17-18 cm, siendo el subgrupo conformado por las fracciones 16-17 cm y 17-18 cm con una similitud del 74%. El cuarto grupo conformado por los estratos 13-14 cm y 14-15 cm con una similitud del 67%. Finalmente, el quinto grupo conformado por los estratos 10-11 cm y 12-13 cm con un 61% de similitud (Figura 10.2).

Los valores SIMPER para el clúster de similitud de la riqueza evidenció a *Bolivina plicata*, *Pullenia bulloides* y *Orbulina bulloides* como los mayores contribuyentes, aportando un 5, 4,1 y 3,6% respectivamente. Para el clúster de similitud para la abundancia, se evidenció a *Bolivina plicata*, *Orbulina bulloides* y *Bolivina sp.* contribuyendo en un 4,3, 3 y 2,9% de la agrupación, respectivamente.

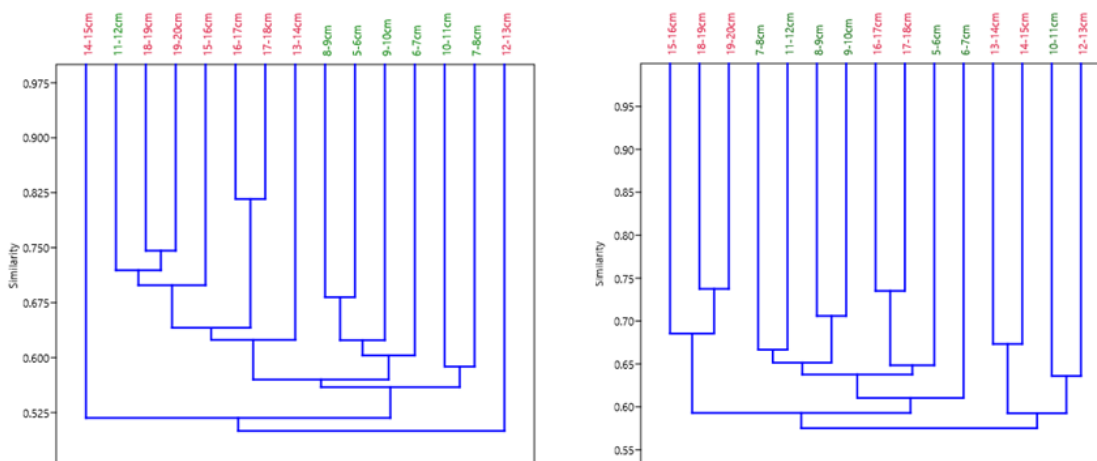


Figura 10. Clúster UPGMA de similitud con respecto a 10.1) las Riqueza de las especies de foraminíferos registradas 10.2) la Abundancia de las especies de foraminíferos registradas.

5. Escalamiento multidimensional (MDS)

Al reflejar espacialmente la similitud tanto de la riqueza como de la abundancia de las especies identificadas a lo largo del testigo, evidencia una aparente diferenciación entre los dos grupos, a su vez los estratos de mismos grupos se observan distantes entre sí, implicando que existe una alta diferencia entre los mismos grupos (Figura 11).

Los valores del coeficiente de estrés para los gráficos MDS tanto para la riqueza como para la abundancia fueron considerablemente alto siendo de 0,18 y 0,27 respectivamente. Estos valores indican un grado de acierto “potencialmente útil” en el caso de la riqueza, mientras que en el caso de la abundancia al ser mayor a 0,2 no se considera útil (Carnahan, 2005).

El ANOSIM arrojó un valor R de 0,299 y 0,6213 para la riqueza y abundancia respectivamente. Ambos valores al ser mayores a 0, sugiere una alta disimilitud entre los mismos grupos. A su vez, los valores P fueron 0,0052 y 0,0001 para la riqueza y abundancia respectivamente, lo que implica una alta diferencia entre los estratos superficiales y profundos.

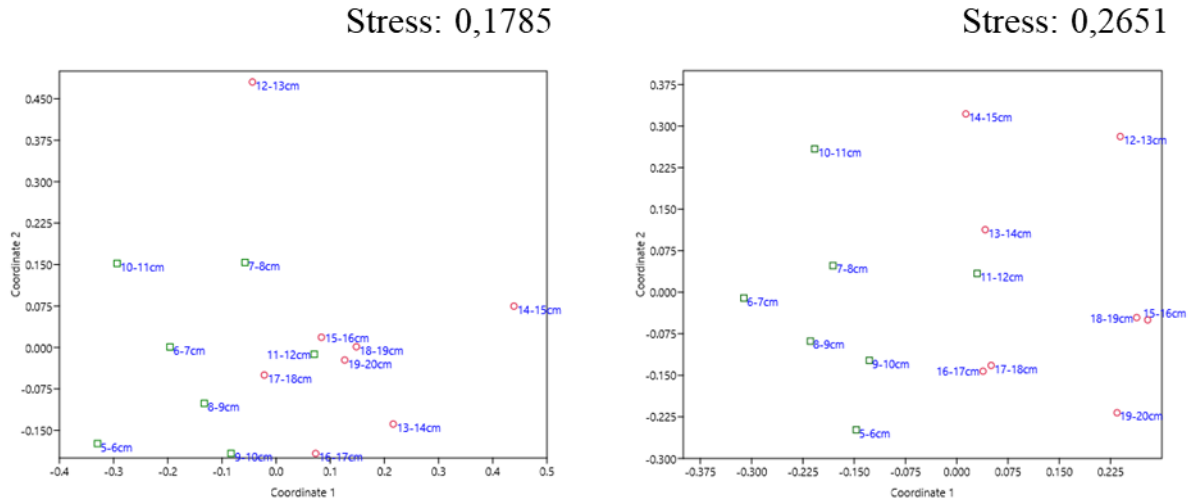


Figura 11. Análisis de Escalamiento Multidimensional (MDS) con respecto a 11.1) la Riqueza de cada estrato 11.2) la Abundancia de las especies de cada estrato.

6. Correlación entre anormalidades, riqueza y abundancia con metales pesados.

A partir del GLM se determinó una correlación positiva entre anormalidades con calcio, titanio, azufre, manganeso, vanadio, cloro, óxido de calcio, dióxido de titanio, óxido de manganeso, trióxido de azufre, pentóxido de vanadio y trióxido de cromo. También se determinó una correlación negativa con silicio, aluminio, sodio, potasio, magnesio, fósforo y estroncio. dióxido de silicio, dióxido de sodio, óxido de magnesio, óxido de potasio, pentóxido de fósforo. Se determinó una correlación fuertemente positiva con cromo, hierro, zinc, trióxido de hierro, óxido de estroncio, óxido de zinc; y una correlación fuertemente negativa con el aluminio y el trióxido de aluminio (Figura 12).

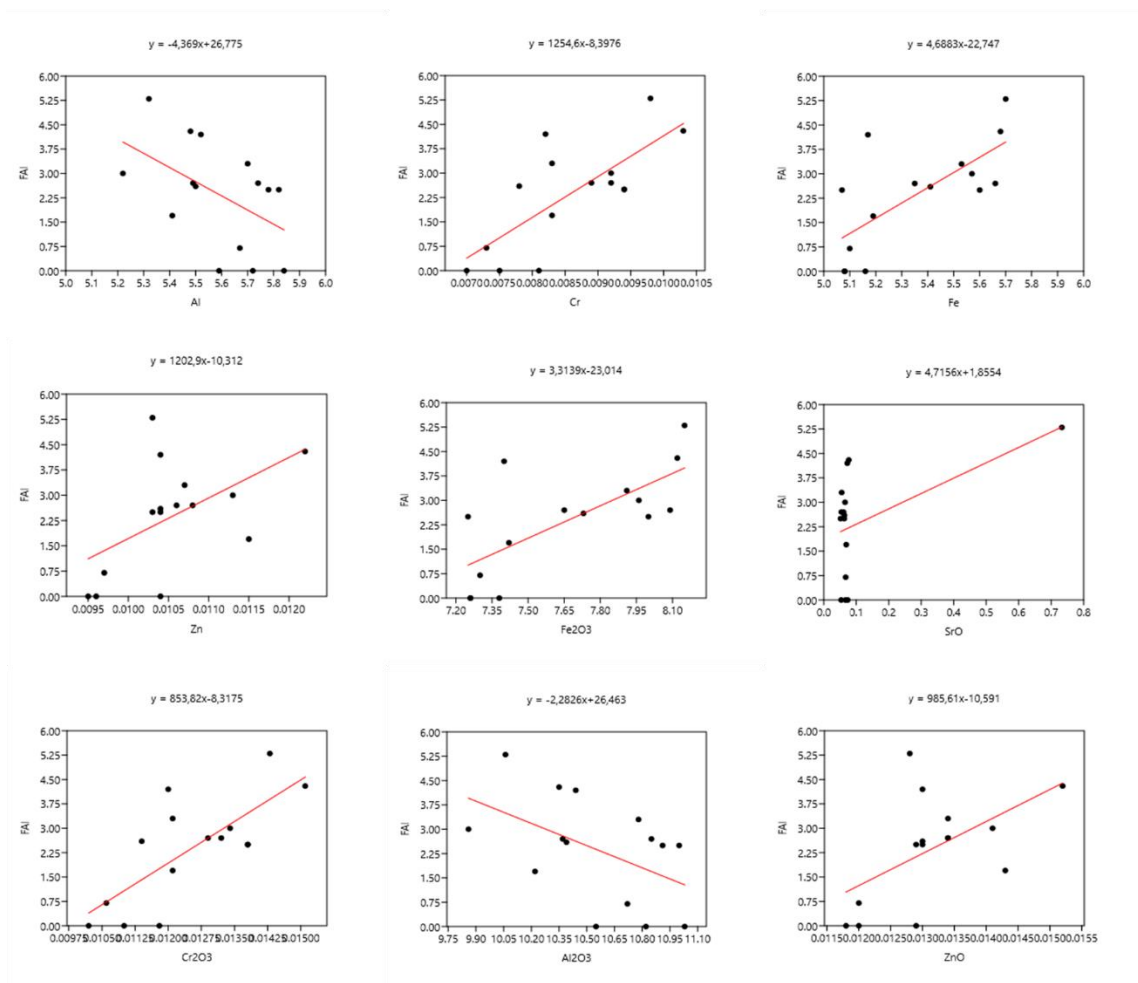


Figura 12. Correlaciones significativas ($p < 0,05$). entre las concentraciones de metales pesados y valores del índice de anomalía de foraminíferos (FAI).

En cuanto a la correlación entre la riqueza y la concentración de metales pesados, se determinó una correlación positiva con fósforo, azufre, estroncio, zinc, pentóxido de fósforo, trióxido de azufre y óxido de zinc; y una correlación negativa con las concentraciones de silicio, aluminio, hierro, sodio, potasio, titanio, manganeso, cloro, cromo, dióxido de silicio, trióxido de aluminio, trióxido de hierro, dióxido de sodio, óxido de magnesio, dióxido de titanio, óxido de manganeso, óxido de estroncio, pentóxido de vanadio y trióxido de cromo. Presentando una correlación fuertemente positiva con las concentraciones de calcio y óxido de calcio y fuertemente negativa con magnesio, vanadio y óxido de potasio (Figura 13).

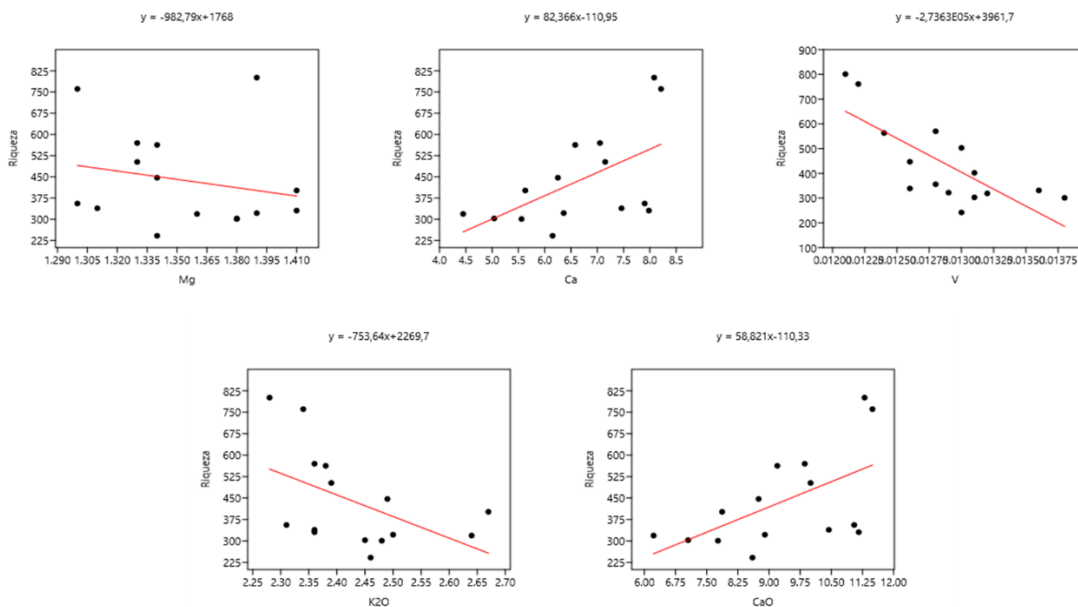


Figura 13. Correlaciones significativas ($p < 0,05$). entre la riqueza y concentraciones de metales pesados.

Finalmente se determinó una correlación positiva entre la abundancia y las concentraciones de fósforo, azufre, estroncio, zinc, pentóxido de fósforo, trióxido de azufre y óxido de zinc; y una correlación negativa con las concentraciones de aluminio, hierro, sodio, magnesio, titanio, manganeso, cromo, trióxido de aluminio, trióxido de hierro, dióxido de sodio, óxido de magnesio, dióxido de titanio, óxido de estroncio, pentóxido de vanadio y trióxido de cromo. Evidenciando una correlación significativamente negativa con silicio, potasio y cloro (Figura 14).

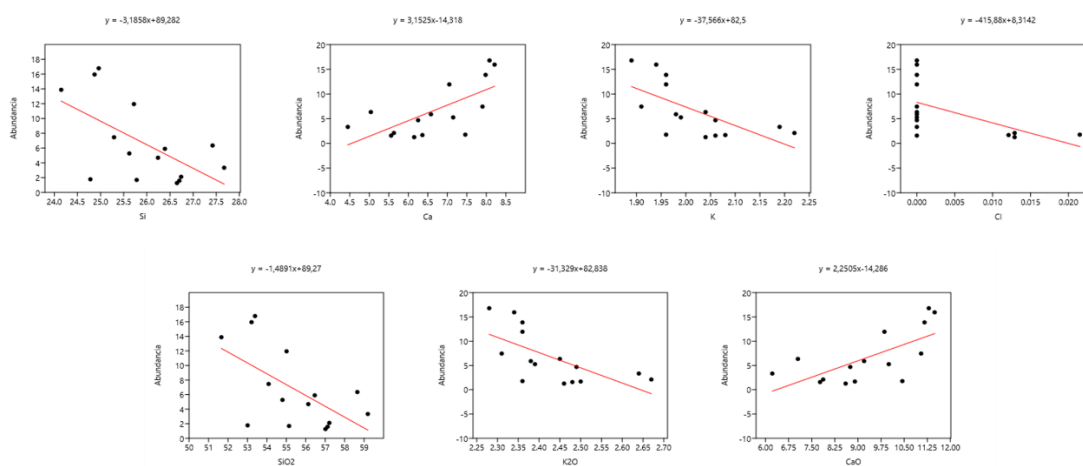


Figura 14. Correlaciones significativas ($p < 0,05$). entre la abundancia y concentraciones de metales pesados.

Discusión

Diversidad taxonómica

El orden más abundante corresponde a Rotaliida abarcando el 31% total del testigo. Este orden se caracteriza por poseer caparazones calcáreos hialinos, generalmente con arreglos trocospirales, planispirales y en algunos casos irregulares. Esta gran diversidad morfológica en sus testas les permite adherirse mejor al sustrato marino, en especial cercano a la costa (Sanjuán Lamata & Blazquez Morilla, 2017, pág 112). A su vez, el Orden Robertinida correspondió al 27% de la abundancia del testigo. Corresponden a foraminíferos con caparazones calcáreos planispirales y trocospirales (Figueroa *et al.*, 2006). Los órdenes Globigerinida y Buliminida abarcaron el 15% y 14% de la abundancia total, respectivamente. Estos ordenes corresponden a foraminíferos hialinos, con caparazones calcáreos y con poros, Globigerinida está compuesto por foraminíferos planctónicos (Vaquer, 2015; Petró, 2018.).

Bolivina corresponde al género más abundante, correspondiendo al 23% del total del testigo, indicando así un ambiente micróxico, con productividad alta y surgencias estacionales, pues este género está adaptado a sobrevivir en ambientes con falta de oxígeno (Sen-Gupta, 1993, Antonarakou, 2018). Otros géneros presentaron una dominancia baja, con *Epistominella* y *Pullenia* siendo los más altos arrojando un 6% cada uno.

Respecto a nivel de especies, no se evidenció ninguna especie dominante, con *Pullenia bulloides*, *Bolivina costata* y *B. plicata* como las especies más abundantes. Estas especies suelen preferir ambientes en condición de micróxia, cálidos y de alta productividad.

Morfogrupos

La forma trocoespiral arrojó los valores más altos de abundancia (Figura 3). Los foraminíferos con morfología trocoespiral habitan en ambientes someros, intermedios y profundos (Fuentes, 2019), pero siendo más abundantes en ambientes costeros. También son caracterizados por habitar en condiciones de micróxia, salinidad alta y de temperaturas tanto templadas y bajas (Caulle *et al.*, 2014). Además, la forma de los foraminíferos planctónicos corresponde a este morfogrupo (Petró, 2018). Las especies más abundantes de este morfotipo corresponden a *Pullenia bulloides*, correspondiendo al 15,2% de los foraminíferos trocoespirales, seguidos por *Epistominella pacifica*, *E. afueransis*, *Cibicides dispars*, y *Neoglobobulimina incompta* reflejando el 7,4; 5,4; 5,2 y 5,1%, respectivamente.

Los foraminíferos planispirales reflejaron una abundancia del 13%, estos morfogrupos presentan un modo de vida adaptado a ambientes tanto a la costa como de talud (Rivas, 2015). Sin embargo, este morfogrupo está más relacionado con ambientes costeros, de alta energía, alta tasa de sedimentación y mayor tasa de oxigenación (Saraswat *et al.*, 2018).

El morfogrupo esférico arrojó un valor de abundancia del 6% (Figura 3), el 51% este morfotipo es típico de ambientes costeros y fue representado por el Género *Orbulina*. *Miliolina* se evidencio como el morfogrupo con menor abundancia, presentado en un 2%.

Los foraminíferos con caparazones alargados se evidenciaron en los morfotipos uniserial, biserial y triserial, con los foraminíferos biserials correspondiendo al segundo morfogrupo más abundante (Figura 3) y está representado principalmente por el Género *Bolivina*, con *B. plicata* (21,5%), *B. costata* (19,6%), *B. seminuda* (11,4%) y *B. ordinaria* (11,4%). Tanto los foraminíferos uniserials como triserials arrojaron una abundancia del 7% (Figura 3). Estos morfotipos se caracterizan por

ser oportunistas y estar asociados a zonas de mínimo oxígeno (ZMO), con alta productividad, fuertes pulsos de materia orgánica y surgencias estacionales, además de ser tolerantes concentraciones altas de salinidad (Sen-Gupta, 1993 y Páez, 2001).

La baja abundancia de morfogrupos planispirales, esféricos y miliolinos, se debe a que estos morfotipos prefieren ambientes más oxigenados típicos de zonas costeras (Saraswat *et al.*, 2018), contrastando con la poca oxigenación del talud. Se observó una mayor abundancia de morfogrupos típicos de ambientes costeros, especialmente foraminíferos planispirales en el estrato 8-9 cm (Figura 4), sugiere una posible condición de turbulencia, producto de una descarga continental.

Anormalidades

Los valores de FAI fueron elevados y continuos en los estratos más superficiales del talud continental (Figura 5). Este resultado sugiere la existencia de un impacto antrópico en el talud, pero, se requiere contar con las dataciones correspondientes de cada muestra, para establecer conclusiones definitivas.

El valor de Pmin y Pmax más altos fueron evidenciados en el primer estrato arrojando un 3 y 5%, respectivamente y los estratos 18-19 cm y 19-20 cm, presentaron valores muy bajos para ser considerados como indicadores de estrés. Además, los estratos 12-13 cm, 14-15 cm y 17-18 cm no presentaron anomalías (Tabla IV).

La descalcificación de las testas de foraminíferos se evidenció como la anomalía más abundante, representando el 42% (Figura 8) esto sugiere una posible acidificación por presencia de aceites contaminantes en el medio marino (Geslin *et al.*, 2002). Las cicatrices o marcas de regeneración correspondieron al 14% de la abundancia de anomalías, este tipo de anomalía suele estar relacionado con la presencia de fuertes hidrodinámicas (Antonarakou, 2018)

Anomalías relacionadas con la morfología de los foraminíferos y el ordenamiento o tamaño de sus cámaras están fuertemente relacionados con la presencia de altas concentraciones de metales pesados (Yanko *et al.*, 1999, Geslin *et al.*, 2002, Ruiz, 2012, Antonarakou, 2018), de estas anomalías la reducción del tamaño de las cámaras, la presencia de protuberancias en una o más cámaras y el enrollamiento de cámaras distorsionado en su conjunto correspondieron al 30% de los foraminíferos anormales identificados (Figura 8).

El género con mayor proporción de anomalías correspondió a *Bolivina*, representando un 40% de los foraminíferos anómalos. mientras que la distribución de anomalías en especies, *B. costata* presentó la mayor proporción de anomalías consistiendo en 15%. El Género *Bolivina*, al igual que los géneros *Buccella*, *Bullimina* y *Uvigerina* que también presentaron individuos anómalos, aunque en menor proporción, se caracterizan por estar adaptadas a condiciones de hipoxia la cual dificulta la formación de caparazones calcáreos, resultando en testas más delgadas y menos ornamentadas (Yanko *et al.*, 1999, Merma Mora, 2016). Esto a su vez reduce la permeabilidad de la membrana facilitando la entrada de iones de metales pesados durante la formación del carbonato de calcio del citoesqueleto, provocando una deformación en la morfología (Yanko *et al.*, 1998).

Similitud

El índice de diversidad de Shannon-Weiner (H') fueron elevados a lo largo de la muestra, mientras que el índice de dominancia (D) se mantuvo elevado y no varió a lo largo del testigo (Tabla V). Esto evidencia una alta biodiversidad y una baja dominancia de las especies presentes en el talud continental. Estos valores indicarían que el impacto antrópico es de menor magnitud que en el caso de Mejillones, esto puede deberse a que el desarrollo industrial en Mejillones fue mayor que en Taltal.

El clúster de similitud de la riqueza evidenció una mayor estructuración entre los estratos superficiales y profundos en comparación con la abundancia (Figura 10). En ambos casos la similitud fue dada principalmente por *Bolivina plicata* y *Orbulina bulloides*. En el escalamiento multidimensional (MDS) sin embargo, para la riqueza de foraminíferos se mostró ligeramente menos estructurado que con la abundancia (Figura 11). Sin embargo, el escalamiento multidimensional para la abundancia presentó un valor de estrés significativamente alto, por lo que no debe tomarse en cuenta (Carnahan, 2005).

Correlación entre anomalías, riqueza y abundancia con metales pesados

Respecto a la correlación entre FAI y la abundancia de metales pesados se determinó una correlación positiva entre la presencia de metales pesados y los valores del índice de anomalía de foraminíferos (Anexo D y E). Además, se determinó una fuerte correlación con la abundancia de hierro, cromo, zinc, trióxido de hierro, óxido de estroncio y óxido de zinc (Figura 11). También se evidenció una correlación, con vanadio y manganeso lo cual coincide con Yanko *et al.* (1998) y (1999). Sin embargo, esta fue menos significativa. Esto podría deberse a que los niveles de metales pesados fueron relativamente bajas. Además, hay que considerar que descalcificación, la cual corresponde a la anomalía más abundante en el testigo, suele estar relacionada con la acidificación de las aguas (Geslin *et al.*, 2002).

La correlación negativa entre la abundancia y riqueza con la mayoría de las concentraciones de elementos contaminantes y metales pesados (Anexo F-I) concuerda con diversos autores como Sen-Gupta. (1993), Yanko *et al.* (1999), Geslin *et al.* (2002), Ruíz *et al.* (2012), y Antonarakou (2018). Presentando una correlación fuertemente negativa con magnesio, vanadio y silicio (Figura 12 y 13). La correlación negativa entre los metales pesados con la abundancia y riqueza de foraminíferos se debe a que los metales pesados afectan a procesos biológicos tales como el metabolismo y síntesis de proteínas, además de alterar la permeabilidad de la membrana.

Comparación con Mejillones

Al comparar los resultados con los obtenidos en el trabajo de Unidad de Investigación (Reconstrucción paleontológica frente a mejillones mediante foraminíferos (Phylum Foraminifera) como bioindicadores ambientales), se evidenció una mayor diversidad de especies en el testigo de Taltal registrándose 141 especies en total en comparación con Mejillones en donde se identificaron 106 especies. La mayor diversidad de especies en Taltal puede deberse a que el impacto antropogénico en Taltal no ha sido de la misma magnitud que en Mejillones (Anexo A y C).

Así mismo, el Valor FAI en el talud de la Bahía de Mejillones fue mayor que la encontrada en Taltal, lo cual nuevamente se relaciona a que el impacto antropogénico ha sido mayor en Mejillones (Valdés, 2009), aunque se debe señalar que en el trabajo de Unidad de Investigación en Mejillones

no se utilizó microscopio electrónico para confirmar las anomalías, de manera que deben realizarse en estudios posteriores (Anexo B).

Conclusiones

La mayor diversidad de especies de foraminíferos se evidenció en el estrato 12-13 cm y los estratos 18-19 cm y 19-20 cm cada uno presentando una riqueza superior a 100 especies. Mientras que la diversidad menor se presentó en el primer estrato del testigo (5-6 cm). Los morfogrupos más abundantes corresponden a aquellos típicos de zonas profundas, con bajas cantidades de oxígeno (micróxia), baja temperatura, con alta productividad y altos niveles de salinidad. Con el estrato 8-9 cm teniendo una mayor abundancia de foraminíferos planispirales a una condición de disoxia y mayor temperatura.

Se evidencia una correlación negativa entre la riqueza y abundancia de especies de foraminíferos con la abundancia de metales pesados, y una correlación negativa con el índice de anomalías. Con la especie *B. costata* presentando un mayor número de anomalías. Sin embargo, al no poderse obtener dataciones correspondientes no se puede determinar si los valores de estrés corresponden a la actividad antrópica. Estos resultados indican la importancia del estudio de las comunidades de foraminíferos como bioindicadores de estrés por cambios ambientales y de contaminación.

Al comparar los resultados con el trabajo de Unidad de Investigación de Mejillones, se evidencia una mayor abundancia, riqueza y valores de FAI más bajo en Taltal, indicando un menor impacto antrópico, esto debido a que el desarrollo antrópico en la bahía de Mejillones ha sido mayor que en Taltal.

Los valores de FAI indicarían un efecto de estrés en los caparazones debido al impacto antrópico en el talud continental de manera que se acepta la hipótesis.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a la Dra. Margarita Marchant, por su guía, apoyo y disponibilidad durante el desarrollo de este proyecto de investigación.

A la Dra. Laura Tavera, quien además de aportarme con la metodología y guías para la identificación también me ayudó con la interpretación de resultados.

A mi compañera Damaris Beltrán quien me acompañó y me brindó su apoyo con entusiasmo durante las distintas etapas del trabajo.

Al grupo científico de la expedición ChiMeBo (SO-211) financiado por el Ministerio Alemán de Investigación (BMBF) y a todas las instituciones participantes de este, gracias a quienes se permitió la obtención de las muestras el año 2010.

Al Dr. Roberto Abdala de la Universidad de Málaga, quien tuvo la disponibilidad para medir las concentraciones de metales pesados.

Finalmente, a mis padres y abuelos por la paciencia, comprensión, apoyo y guía que, durante todos estos años de estudio, me han dado la fuerza y motivación para seguir adelante con este proyecto.

Bibliografía:

- Acosta-Herrera, N. C. 2004. Compendio de foraminíferos de Colombia. Colección monografías. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 143 pp.
- Alve, E. 1991. Benthic foraminifera in sediment cores reflecting heavy metal pollution in Sorfjord, western Norway. *The Journal of Foraminiferal Research*, 21(1): 1-19.
- Álvarez, M. A. E. 2019. Maestro en Ciencias: Ecología Marina. Tesis Doctoral. Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 72 pp.
- Antonarakou, A., Kontakiotis, G., Zarkogiannis, S., Mortyn, P. G., Drinia, H., Koskeridou, E., & Anastasakis, G. 2018. Planktonic foraminiferal abnormalities in coastal and open marine eastern Mediterranean environments: A natural stress monitoring approach in recent and early Holocene marine systems. *Journal of Marine Systems*, 181: 63-78.
- Arenillas, I., Alegret, L., Sola, J. A. A., & Molina, E. 2000. Uso didáctico de los foraminíferos en la Enseñanza de Ciencias de la Tierra: su distribución Paleooceanográfica en el tránsito Cretácico-Terciario, *El. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8(2): 108-118.
- Bé, A. W. H. & D. S. Tolderlund. 1971. Distribution and ecology of living planktonic foraminifera in surface waters of the Atlantic and Indian Oceans. *In: The Micropaleontology of the Oceans*. B. M. Furnell & W. R. Riedel (Eds.). Cambridge Univ. Press. 105-149.
- Bernhard, J. M. 1992. Benthic foraminiferal distribution and biomass related to pore-water oxygen content: central California continental slope and rise. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 39(3-4): 585-605.
- Braun Alegría, M., Castillo Pizarro, J., Espíndola Rebolledo, F., Letelier Pino, J., Pizarro Revello, E., Reyes Rivas, H., ... & Catasti Barraza, V. 2008. Informe final. Proyecto FIP No. 2007-11. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la I y IV regiones año 2007.
- Brummer, G. J. A., & Kučera, M. 2022. Taxonomic review of living planktonic foraminifera. *Journal of Micropalaeontology*, 41(1): 29-74.
- Buzas, M. A., & Culver, S. J. 1991. Species diversity and dispersal of benthic foraminifera. *BioScience*, 41(7): 483-489.
- Capó M., Miguel A. 2002. Principios de Ecotoxicología. Ediciones McGraw-Hill Profesional, España. 343 pp.

- Carnahan, E. A. 2005. Foraminiferal Assemblages as bioindicators of potentially toxic elements in Biscayne Bay, Florida. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. College of Marine Science. University of South Florida. 228 pp.
- Caille, C., Koho, K. A., Mojtahid, M., Reichart, G. J., & Jorissen, F. J. 2014. Live (Rose Bengal stained) foraminiferal faunas from the northern Arabian Sea: faunal succession within and below the OMZ. *Biogeosciences*, 11(4): 1155-1175.
- Chao, A., Chazdon, R. L., Colwell, R. K. & Shen, T. J. 2006. Abundance-based similarity indices and their estimation when there are unseen species in samples. *Biometrics*, 62: 361–371.
- Costa, L., Morera, R., Beaumontt, P, Maria Arce, A., Thomas, I., Mascaró, C., Quijada, José. 2015. Ilustre Municipalidad de Taltal. PLADECO TALTAL 2022. 164 pp.
- Coloma, C., Marchant, M., & Hebbeln, D. 2005. Foraminíferos planctónicos durante El Niño 1997-98 del área de Coquimbo (30 S; 73 W), Chile. *Gayana (Concepción)*, 69(1): 48-77.
- Culver, S. J. 1993. Foraminifera. *In: Fossil Prokaryotes and Protists*, Lipps J.H. (ed.), Blackwell Scientific Publications. 203-247.
- Cushman, J. A., & Kellett, B. 1929. Recent foraminifera from the west coast of South America. *Proceedings of the United States National Museum*, 75(25): 1-21.
- Debenay, J. P., Geslin, E., Eichler, B. B., Duleba, W., Sylvestre, F. & Eichler, P. 2001. Foraminiferal assemblages in a hypersaline lagoon Araruama (RJ) Brazil. *Journal of Foraminiferal Research*, 31: 133-151.
- Debenay, J. P., Millet, B. & Angelidis, M. O. 2005. Relationships between foraminiferal assemblages and hydrodynamics in the Gulf of Kalloni, Greece. *Journal of Foraminiferal Research*, 35: 327-343.
- Debenay, J. P. 2012. A guide to 1,000 foraminifera from Southwestern Pacific: New Caledonia. IRD Editions. 384 pp.
- Fernands, J. 2006. Evolución paleoambiental de la formación Cubagua (Península de Araya) a partir de patrones de distribución de morfogrupos de foraminíferos béticos. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 21(3): 45-56.
- Figueroa E, S., Marchant SM, M., Giglio, S., & Ramírez, M. 2006. Foraminiferos Bentonicos Del Talud Continental Desde concepción a las Islas Guaitecas (36°- 44° S), Chile (Foraminifera: Lagenina, Miliolina y Robertinina). *Gayana (Concepción)*, 70(2):255-279.
- Fonseca Valdebenito, F. J. 2018. Paleoecología de foraminíferos bentónicos holocenos de la Bahía de Guanaqueros, Región de Coquimbo, Chile. 129 pp.

- Frontalini, F., & Coccioni, R. 2008. Benthic foraminifera for heavy metal pollution monitoring: a case study from the central Adriatic Sea coast of Italy. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(2): 404-417.
- Fuentes Vásquez, M. 2019. Análisis de la abundancia de foraminíferos sedimentados en el pozo ANOMA-1, para inferir los paleoambientes ocurridos entre el Mioceno-Pleistoceno inferior en la costa de Tamaulipas, México. Campus Puerto Ángel Puerto Ángel, Oaxaca. Tesis para optar el grado de Maestro en ciencias: Ecología marina. Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, México. 82 pp.
- Geslin, E., Debenay, J. P., Duleba, W., & Bonetti, C. 2002. Morphological abnormalities of foraminiferal tests in Brazilian environments: comparison between polluted and non-polluted areas. *Marine Micropaleontology*, 45(2): 151-168.
- González-Regalado Montero, M. L., Civis Llovera, J., Abad de los Santos, M., Valle Hernández, M. F., González Delgado, J. Á., Ruiz Muñoz, F., ... & García, E. X. 2010. Micropaleontología del testigo "Huelva" (Huelva, SO de España). I: foraminíferos bentónicos del tramo medio. 46 (2): 159-170.
- Gooday, A. J., Bett, B. J., Jones, D. O. & Kitazato, H. 2012. The influence of productivity on abyssal foraminiferal biodiversity. *Marine Biodiversity*, 42(4): 415-431.
- Hebbeln, D., M. Mohtadi, A. Avila, M. Bergenthal., M. Caniupan, R. De Pol-Holz, R. Duessmann, T. Freudenthal, C. Janssen, K. Kaszemeik, H. Keil, M. Klann, S. Klar, C. Lange, M. Marchant, G. Martinez, A. Mix, J. Renken, D. Reyes, U. Rosiak, W. Schmidt, C. Seiter, V. Spiess, A. Stachowski, S. Wenau. 2010. Report and preliminary results of RV SONNE Cruise SO-211, Valparaíso-Valparaíso, 2 November-29 November 2010. ChiMeBo. Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, No. 279, 143 pp.
- Hemleben, C., Spindler, M., & Anderson, O. R. 2012. Modern planktonic foraminifera. Springer Science & Business Media. 362 pp.
- Holbourn, A. E., Henderson, A. S., MacLeod, N., & MacLeod, N. 2013. Atlas of benthic foraminifera. Natural History Museum, London: Wiley-Blackwell. 642 pp.
- Hromic, T., & Zúñiga, M. 2003. Foraminíferos (Protozoa: Foraminiferida) de la Superfamilia Buliminacea Jones 1875, en Canales y Fiordos Patagónicos, Chile. Buliminacea Super Family Foraminifers Jones 1875, (Protozoa: Foraminiferida) in Patagonics Channels and Fjords, Chile. In *Anales del Instituto de la Patagonia* (Vol. 31, pp. 55-74).
- Jones, R. W. 2014. Foraminifera and their Applications. Cambridge University Press. 391 pp.
- Laprida, C., García Chapori, N., Ramón Mercáu, J., Watanabe, S., Totah, V., Marcolini, S., & Violante, R. 2014. Condicionantes ambientales de comunidades de foraminíferos bentónicos durante el pleistoceno medio en el Atlántico sudoccidental. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71(3): 356-368.

- León Cortés, T. 2014. Geología marina de la bahía de Taltal e implicancias para la prospección arqueológica submarina. Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 118 pp.
- Linton, D. M., & Warner, G. F. 2003. Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 46(3-4): 261-276.
- Luzuriaga Villarreal, M. 2015. Foraminíferos planctónicos vivos en condiciones normales del mar ecuatorial y durante el evento "El Niño" 1997-1998. 20(1): 99-125.
- Malumián, N., & Caramés, A. 2002. Foraminíferos de sedimentitas ricas en carbono orgánico: Formación La Barca, Paleoceno superior, Tierra del Fuego, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 57(3):219-231.
- Marchant, M., Hebbeln, D., & Wefer, G. 1999. High resolution planktic foraminiferal record of the last 13,300 years from the upwelling area off Chile. *Marine Geology*, 161(2-4): 115-128.
- Merma Mora, L., 2016. Foraminíferos bentónicos asociados a condiciones de hipoxia costera y bajo pH en la Bahía de Paracas. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias del Mar. Universidad Peruana Cayetano Heredia, 134 pp.
- Murray, J.W. 1991. *Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera* (1st ed.). Routledge. 408 pp.
- Ortlieb, L., Zúñiga, O., Follegati, R., Escribano, R., Kong, I., Rodríguez, L., Mourguiart, P., Valdés, J. & Iratchet, P. 1994. Paleooceanografía de la bahía de Mejillones del Sur (Antofagasta, Chile): Resultados preliminares para el último milenio. *Estudios Oceanológicos*, 13: 45-55.
- Pados, T. 2014. Recent planktic foraminifera in the Fram Strait: ecology and biogeochemistry. Tesis doctoral. Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Kiel University, Alemania, 103 pp.
- Páez, M., Zúñiga, O., Valdés, J., & Ortlieb, L. 2001. Foraminíferos bentónicos recientes en sedimentos micróxicos de la bahía Mejillones del Sur (23° S), Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 36(2): 129-139.
- Petró, S. M. 2018. *Introdução ao estudo dos Foraminíferos*. 51 pp.
- Pillasagua, A., & Lenin, K. 2022. Abundancia y diversidad de foraminíferos bentónicos y su relación con temperatura, pH y granulometría en playas del puerto pesquero de Anconcito, mayo-agosto 2022 (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022. 60 pp.
- Pla, L. 2006. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8): 583-590.

- Prazeres, M., Martínez-Colón, M., & Hallock, P. 2020. Foraminifera as bioindicators of water quality: The ForAM Index revisited. *Environmental Pollution*, 257 pp.
- Reyes, P. R., & Torres-Florez, J. P. 2009. Diversidad, distribución, riqueza y abundancia de condrictios de aguas profundas a través del archipiélago patagónico austral, Cabo de Hornos, Islas Diego Ramírez y el sector norte del paso Drake. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(1): 243-251.
- Rivas, L., Caramés, A., Concheyro, A., & Tunik, M. A. 2015. Morfogrupos (foraminíferos) de la Formación Los Molles, Jurásico Inferior-Medio, Provincia de Neuquén, Cuenca Neuquina, República Argentina. In XIV Congreso Geológico Chileno. 4 pp.
- Rosa-del Río, S., Ángel, M., Ávila Serrano, G. E., Téllez-Duarte, M. A., Gonzalez-Yajimovich, O., & Cupul Magaña, L. A. 2011. Distribución y abundancia de tanatocenosis de foraminíferos bentónicos submareales en el delta del río Colorado. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(3): 445-458.
- Rovira, J., & Herreros, J. 2016. Clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva. Departamento de Planificación y Políticas en Biodiversidad. División de Recursos Naturales y Biodiversidad. Ministerio del Medio Ambiente. 48 pp.
- Ruiz, F., González-Regalado, M. L., Galán, E., González, M. I., Prudencio, M. I., Dias, M. I., ... & Mara García, E. X. 2012. Benthic foraminifera as bioindicators of anthropogenic impacts in two north African lagoons: a comparison with ostracod assemblages. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 29(3): 527-533.
- Sanjuán Lamata, D., & Blazquez Morilla, A. M. 2017. Foraminíferos bentónicos actuales en la marjal de Almenara (Castelló): subzonación de ambientes parálidos mediante la taxonomía y la ecología. *Nereis*, (9): 103-114.
- Saraswat, R., Roy, C., Khare, N., Saalim, S. M., & Kurtarkar, S. R. 2018. Assessing the environmental significance of benthic foraminiferal morpho-groups from the northern high latitudinal regions. *Polar Science*, 18: 28-38.
- Schiebel, R., & Hemleben, C. 2017. Planktic foraminifers in the modern ocean. Springer Verlag Berlin Heidelberg. 358 pp.
- Scott, D. B., Medioli, F. S., & Schafer, C. T. 2007. Monitoring in coastal environments using foraminifera and thecamoebian indicators. Cambridge University Press. 176 pp.
- Sen-Gupta, B., and Machain-Castillo, M. 1993. Benthic foraminifera in oxygen poor habitats. *Mar. Micropaleontol.* 201 pp.
- Smith, C. W., Fehrenbacher, J. S., & Goldstein, S. T. 2020. Incorporation of heavy metals in experimentally grown foraminifera from Sapelo Island, Georgia and Little Duck Key, Florida, USA. *Marine Micropaleontology*, 156: 101854.

- Tavera Martínez, L. 2019. Foraminíferos bentónicos como bioindicadores de contaminación en la Bahía de Mejillones, norte de Chile. Tesis de Magíster. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 18 pp.
- Tavera Martínez L, Marchant M, Muñoz P and Abdala Díaz RT. 2022. Spatial and Vertical Benthic Foraminifera Diversity in the Oxygen Minimum Zone of Mejillones Bay, Northern Chile. Programa de Doctorado en Sistemática y Biodiversidad, Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 81 pp.
- Valdez, C. G., Guzmán, M. A., Valdés, A., Forougbakhch, R., Alvarado, M. A., & Rocha, A. 2018. Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*, 66(4): 1674-1682.
- Valdés, J., & Sifeddine, A. 2009. Composición elemental y contenido de metales en sedimentos marinos de la bahía Mejillones del Sur, Chile: evaluación ambiental de la zona costera. *Latin american journal of aquatic research*, 37(2): 131-141.
- Valenzuela, N., Guíñez, M., Orrego, R. 2018. Concentración de metales pesados en sedimentos intermareales y organismos bentónicos en la costa de Taltal-Paposo, Antofagasta, Chile.
- Vaquer Talavera, E. 2015. Estudio de los foraminíferos como bioindicadores del Puerto de Sóller. *Universitat de les Illes Balears, Departament de Biología*, 25 pp.
- Villardón, J. L. V. 2007. Introducción al análisis de clúster. Departamento de Estadística, Universidad de Salamanca. 22 pp.
- Yanko, V., Kronfeld, J., & Flexer, A. 1994. Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 24(1): 1-17.
- Yanko, V., Ahmad, M. & Kaminski, M. 1998. Morphological deformities of benthic foraminiferal tests in response to pollution by heavy metals: implications for pollution monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 28: 177–200.
- Yanko, V., Arnold, A.J. & Parker, W.C., 1999. Effects of marine pollution on benthic Foraminifera. *In* Sen Gupta & K. Barun, eds. *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, pp. 217-235.

Anexo A. Número de individuos registrados, abundancia total e individuos por centímetro cúbico de las especies identificadas del testigo.

Especie	Individuos registrados	Abundancia relativa	Individuos /cm³
<i>Ammonia sp</i>	31	0	2

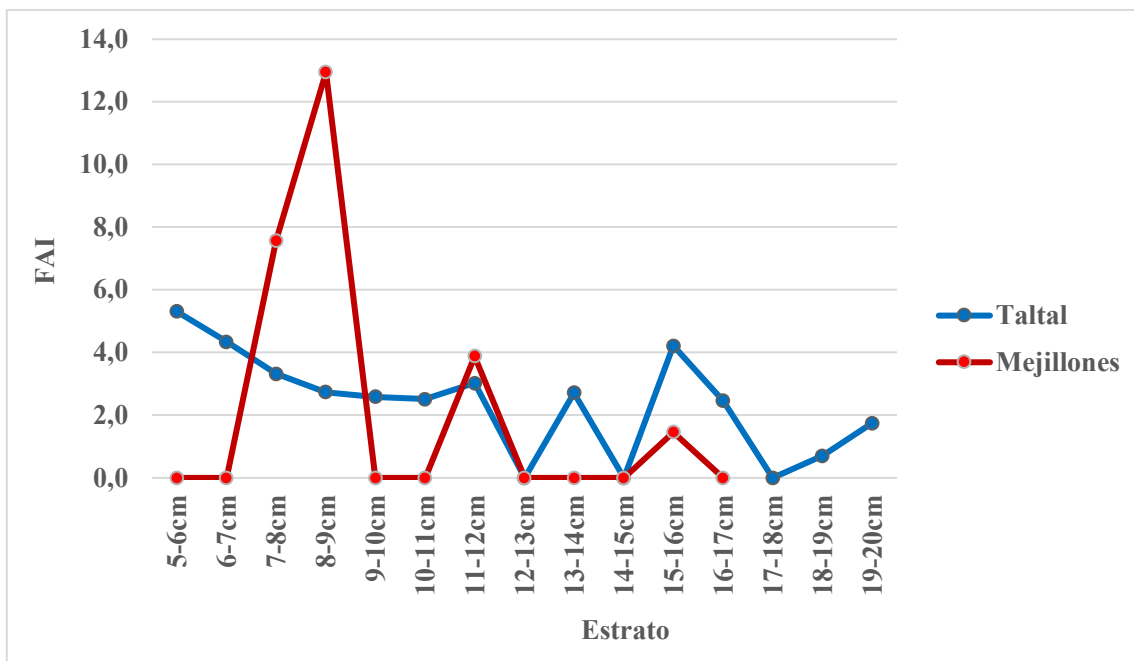
<i>Angulogerina angulosa</i>	94	1	7
<i>Anomalinoides minimus</i>	29	1	3
<i>Astrononion sp</i>	19	0	1
<i>Bathysiphon sp</i>	11	0	1
<i>Bolivina sp</i>	183	3	14
<i>Bolivina costata</i>	337	5	23
<i>Bolivina inflata</i>	20	0	1
<i>Bolivina interjuncta</i>	139	2	9
<i>Bolivina seminuda</i>	195	3	13
<i>Bolivina spissa</i>	53	1	3
<i>Bolivina striatula</i>	15	0	1
<i>Bolivina ordinaria</i>	195	2	12
<i>Bolivina plicata</i>	369	5	23
<i>Bolivina variabilis</i>	20	0	2
<i>Buccella frigida</i>	17	0	2
<i>Buccella peruviana</i>	104	2	9
<i>Bulimina aculeta</i>	33	0	2
<i>Bulimina inflata</i>	90	1	7
<i>Bulimina marginata</i>	66	1	5
<i>Bulimina patagonica</i>	124	2	10
<i>Bulimina pyrula</i>	18	0	2
<i>Buliminella curta</i>	6	0	1
<i>Buliminella elegantissima</i>	13	0	1
<i>Cancris auriculus</i>	29	1	3
<i>Cancris inflatus</i>	7	0	1
<i>Cassidulina carinata</i>	26	1	3
<i>Cassidulina crassa</i>	8	0	1
<i>Cassidulina laevigata</i>	19	0	2
<i>Chilostomella ovoidea</i>	16	0	1
<i>Cibicides sp</i>	33	0	2
<i>Cibicides aknerianus</i>	12	0	1
<i>Cibicides dispars</i>	127	2	11
<i>Cibicides ornatus</i>	48	1	4
<i>Cibicidoides wuellerstorfi</i>	15	0	1
<i>Cyclammina cancellata</i>	79	1	5
<i>Dentalina sp</i>	1	0	0
<i>Discorbinella sp</i>	16	0	1
<i>Discorbis sp</i>	46	1	3
<i>Discorbis peruvianus</i>	4	0	0
<i>Eggerella bradyi</i>	6	0	0
<i>Ehrenbergina pupa</i>	10	0	1
<i>Elphidium sp</i>	16	0	1
<i>Epistominella afueransis</i>	122	2	7

<i>Epistominella exigua</i>	81	1	6
<i>Epistominella obesa</i>	11	0	1
<i>Epistominella pacifica</i>	174	3	14
<i>Favulina sp</i>	22	0	1
<i>Favulina hexagona</i>	14	0	1
<i>Fissurina sp</i>	27	0	2
<i>Fissurina lucida</i>	69	1	6
<i>Fursenkoina sp</i>	40	0	2
<i>Fursenkoina fusiformis</i>	116	2	9
<i>Fursenkoina spinosa</i>	18	0	2
<i>Globigerina bulloides</i>	98	2	8
<i>Globigerinella aequilateralis</i>	37	1	3
<i>Globigerinella calida</i>	40	1	3
<i>Globigerinita glutinata</i>	37	1	3
<i>Globigerinita uvula</i>	5	0	0
<i>Globigerinoides ruber</i>	66	1	6
<i>Globigerinoides sacculifer</i>	22	0	2
<i>Globigerinoides trilobus</i>	33	1	3
<i>Globorotalia inflata</i>	53	1	4
<i>Globorotalia menardii</i>	20	0	2
<i>Globorotalia scitula</i>	25	0	2
<i>Globorotalia theyeri</i>	15	0	1
<i>Globorotalia truncatulinoides</i>	9	0	1
<i>Globorotaloides hexagonus</i>	37	1	3
<i>Gyroidina rothwelli</i>	106	2	9
<i>Gyroidina soldanii</i>	27	0	2
<i>Gyroidina subtenera</i>	52	1	4
<i>Hanzawaia boueana</i>	7	0	1
<i>Hastigerina digitata</i>	25	1	2
<i>Haynesina sp</i>	12	0	1
<i>Haynesina depressula</i>	65	1	5
<i>Hoeglundina sp</i>	16	0	1
<i>Hoeglundina elegans</i>	70	1	6
<i>Hyperammmina elongata</i>	158	2	10
<i>karreriella bradyi</i>	2	0	0
<i>Lagena sp</i>	30	0	2
<i>Lagena apliopleura</i>	16	0	1
<i>Lagena clavata</i>	8	0	0
<i>Lagena elegantissima</i>	2	0	0
<i>Lagena striata</i>	13	0	1
<i>Lenticulina sp</i>	87	1	6
<i>Lenticulina argentinensis</i>	12	0	1
<i>Martinottiella sp</i>	31	0	2

<i>Melonis sp</i>	27	0	1
<i>Melonis barleeanus</i>	34	1	3
<i>Melonis pompilioides</i>	71	1	6
<i>Melonis sphaeroides</i>	6	0	1
<i>Neogloboquadrina dutertrei</i>	93	1	7
<i>Neogloboquadrina incompta</i>	119	2	10
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i>	55	1	4
<i>Nonion sp</i>	16	0	1
<i>Nonionella sp</i>	8	0	1
<i>Nonionella auris</i>	24	0	2
<i>Nonionella chilensis</i>	8	0	1
<i>Nonionella stella</i>	60	1	4
<i>Nonionella turgida</i>	2	0	0
<i>Nonionoides grateloupi</i>	50	1	4
<i>Oolina sp</i>	94	1	6
<i>Operculina sp</i>	14	0	1
<i>Orbulina suturalis</i>	16	0	1
<i>Orbulina universa</i>	184	3	15
<i>Planulina sp</i>	3	0	0
<i>Planulina limbata</i>	12	0	1
<i>Pullenia alazanensis</i>	24	0	2
<i>Pullenia bulloides</i>	358	5	26
<i>Pullenia subcarinata</i>	22	0	1
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i>	27	0	2
<i>Pyrgo ringens</i>	39	1	3
<i>Rhabdammina sp</i>	6	0	0
<i>Rhizammina sp</i>	16	0	1
<i>Robertinoides bradyi</i>	11	0	1
<i>Rosalina cora</i>	28	0	2
<i>Rosalina floridana</i>	5	0	0
<i>Sagrina sp</i>	1	0	0
<i>Saracenaria sp</i>	7	0	1
<i>Sphaeroidina bulloides</i>	21	0	1
<i>Tenituella iota</i>	10	0	1
<i>Trifarina angulosa</i>	7	0	1
<i>Trifarina bradyi</i>	12	0	1
<i>Trifarina carinata</i>	2	0	0
<i>Trifarina earlandi</i>	39	1	3
<i>Trifarina fluens</i>	12	0	1
<i>Trochammina inflata</i>	7	0	0
<i>Uvigerina sp</i>	65	1	5
<i>Uvigerina asperula</i>	3	0	0

<i>Uvigerina auberiana</i>	12	0	1
<i>Uvigerina bifurcata</i>	49	1	4
<i>Uvigerina bortotara</i>	10	0	0
<i>Uvigerina brunnensis</i>	7	0	1
<i>Uvigerina peregrina</i>	121	2	8
<i>Uvigerina semiornata</i>	12	0	1
<i>Uvigerina striata</i>	67	1	5
<i>Uvigerina tenuistriata</i>	2	0	0
<i>Valvulineria bradyana</i>	2	0	0
<i>Valvulineria inflata</i>	6	0	1
<i>Valvulineria scintillans</i>	11	0	1
<i>Virgulinella rotundata</i>	14	0	0
<i>Total</i>	6560		486

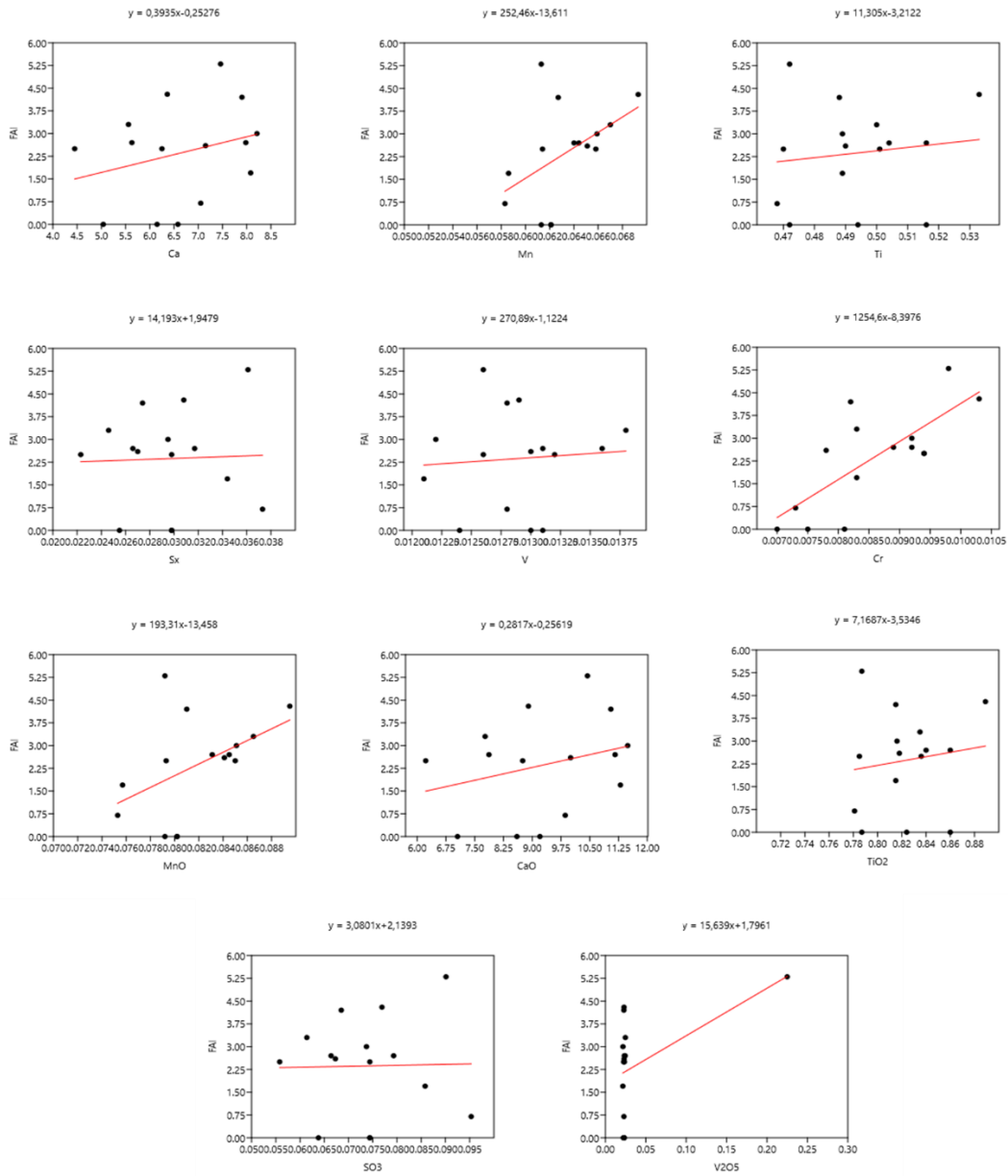
Anexo B. Comparación de FAI entre el Talud continental de B.1) Taltal y B.2) Mejillones.



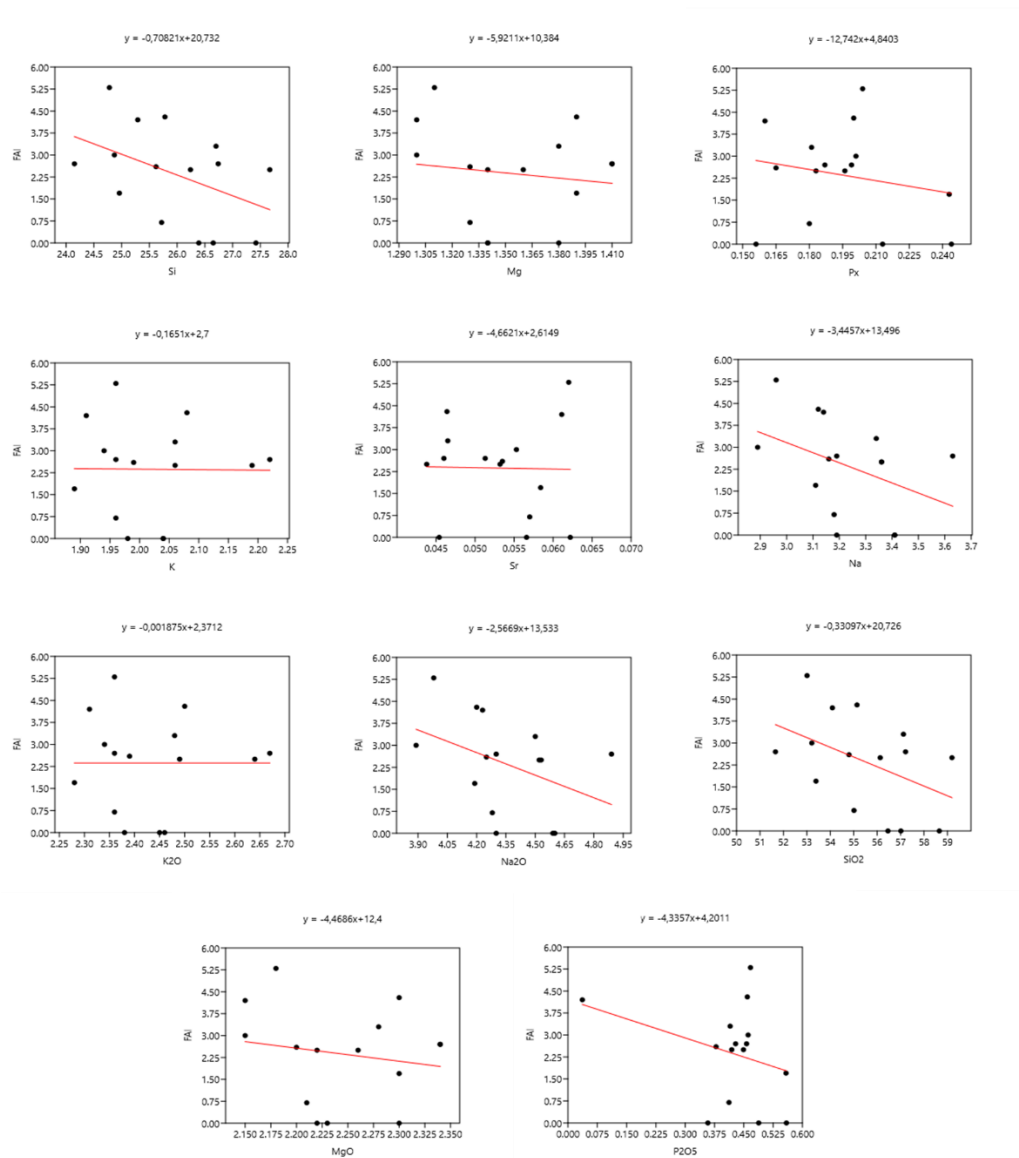
Anexo C. Comparación de FAI entre el Talud continental de B.1) Taltal y B.2) Mejillones.

Parámetros	Taltal	Mejillones
Riqueza de especies	141	106
Riqueza de géneros	66	58
Riqueza de familias	43	41
Riqueza de ordenes	12	10
Pmin	2,9%	8,6%
Pmax	5,0%	12,9%

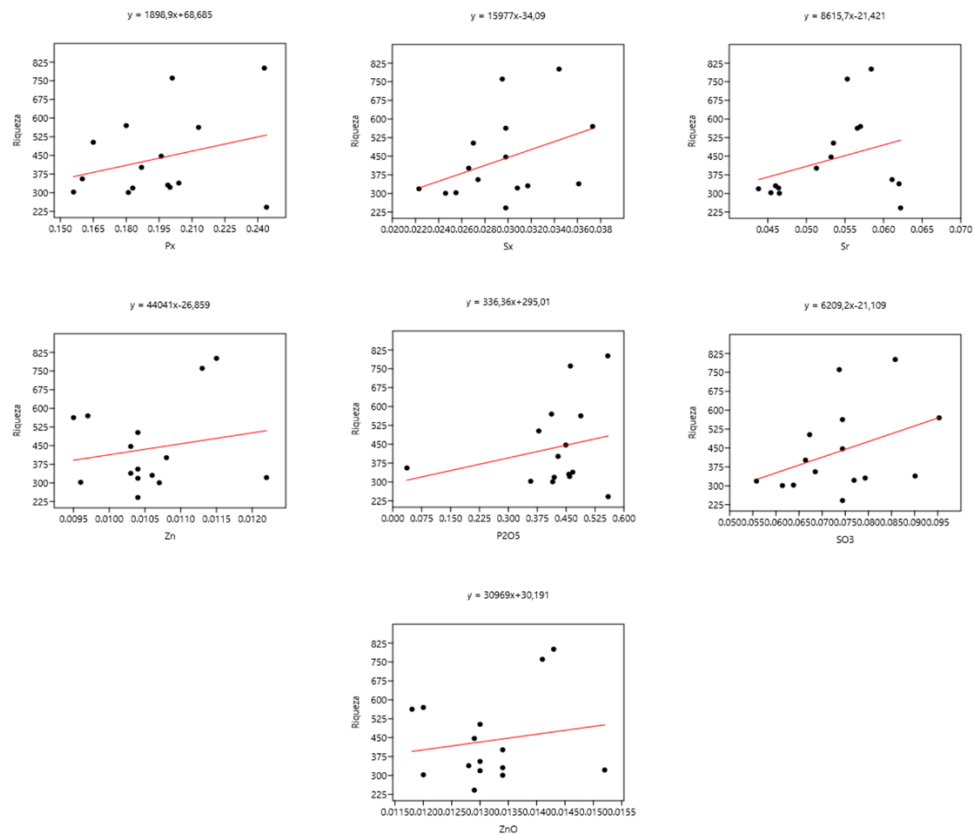
Anexo D. Correlación positiva entre las concentraciones de metales pesados y valores del índice de anomalía de foraminíferos (FAI).



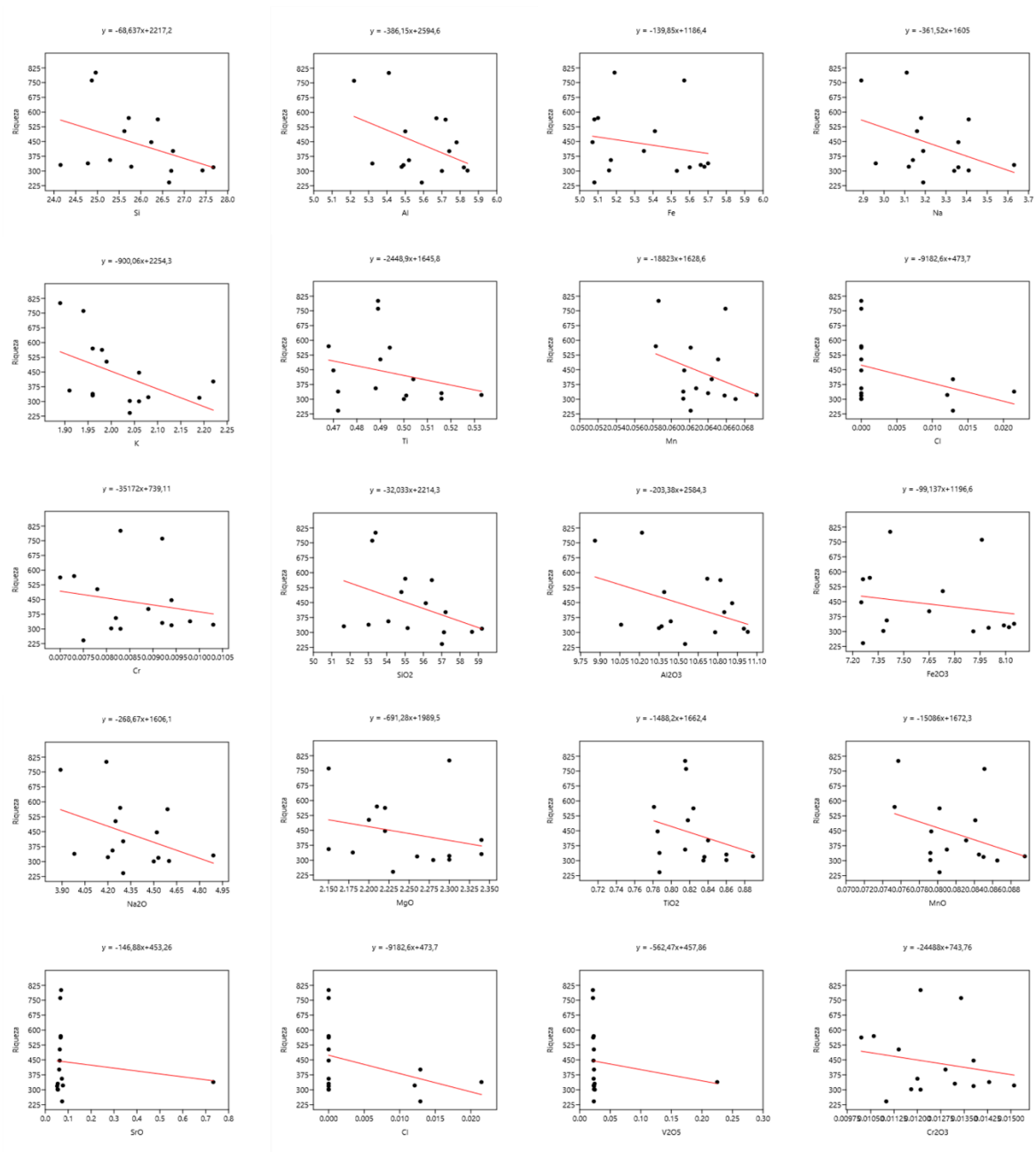
Anexo E. Correlación negativa entre las concentraciones de metales pesados y valores del índice de anomalía de foraminíferos (FAI).



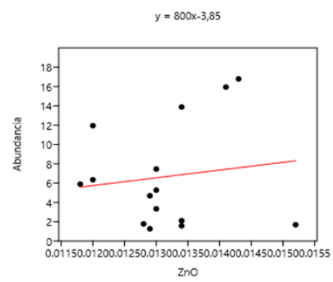
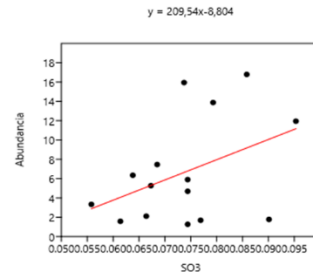
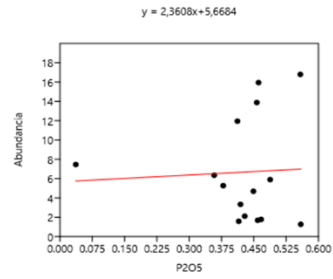
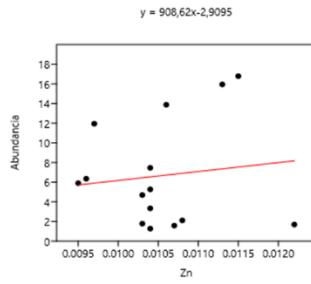
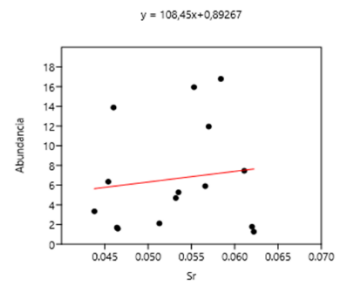
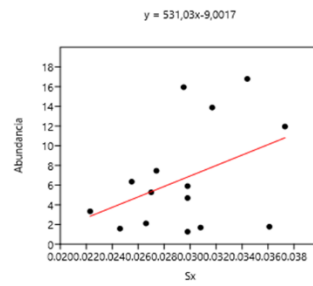
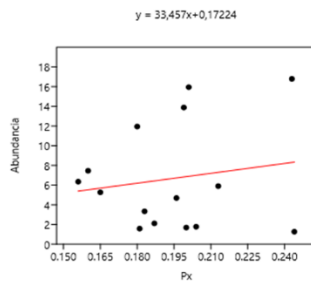
Anexo F. Correlación positiva entre las concentraciones de metales pesados y la riqueza de foraminíferos.



Anexo G. Correlación negativa entre las concentraciones de metales pesados y la riqueza de foraminíferos.



Anexo H. Correlación positiva entre las concentraciones de metales pesados y la abundancia de foraminíferos.



Anexo I. Correlación negativa entre las concentraciones de metales pesados y la abundancia de foraminíferos.

