

# REGISTROS DE POLYCYSTINEA (RADIOLARIA) DO PLEISTOCENO FINAL- HOLOCENO EM SEDIMENTOS DO SUL DO GOLFO DA CALIFÓRNIA: MUDANÇAS FAUNÍSTICAS E SUAS IMPLICAÇÕES PALEOCEANOGRÁFICAS

Nadia Zélia Gomes PASSOS<sup>1</sup>; Ligia PÉREZ-CRUZ<sup>2</sup>; Valesca Portilla EILERT<sup>3</sup>; João Graciano MENDONÇA FILHO<sup>4</sup>

- (1) Programa de Pós-Graduação em Geociências - PPGL, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências/UFRJ, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Bloco J, 21941-916, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Endereço eletrônico: nadia@lafo.geologia.ufrj.br.
- (2) Laboratório de Paleocanografia y Paleoclimas do Programa Universitário de Perfurações em Oceanos e Continentes do Instituto de Geofísica, Universidad Autónoma de México/UNAM Circuito Exterior de Cd. Universitaria, SN México, 04510 D.F. México. Endereço eletrônico: perezcruz@geofisica.unam.mx.
- (3) Departamento de Geologia, Instituto de Geociências/UFRJ, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Bloco J, 21941-916, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Endereço eletrônico: eilert@lafo.geologia.ufrj.br.
- (4) Departamento de Geologia, Instituto de Geociências/UFRJ, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Bloco J, 21941-916, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Endereço eletrônico: graciano@igeo.ufrj.br.

## Introdução

Área de estudo

Massas de água

Batimetria

Marco cronológico e taxa de sedimentação

## Material e métodos

Descrição da sequência sedimentar

Processamento químico das amostras

Identificação taxonômica e contagem de radiolários

Tratamento estatístico de dados

## Resultados e discussão

Análises microfaunísticas

Análises multivariadas

Fator 1 "Águas Tropicais"

Fator 2 "Transicional"

O Fator 3 "Corrente da Califórnia"

## Considerações finais

Agradecimentos

Referências bibliográficas

**RESUMO** - O registro dos radiolários *Polycystinea* em um testemunho laminado, obtido na parte sul do Golfo da Califórnia, revelou mudanças faunísticas relacionadas às condições oceanográficas durante os últimos 15.000 anos. O marco cronológico está baseado em sete datações obtidas pelo método AMS radiocarbono. Ao longo do testemunho, 200 táxons foram identificados em 45 amostras. Três associações de radiolários foram definidas através da análise de fatores com base nas suas afinidades ecológicas, é sugerida: 1) a dominância de águas tropicais na região mais ao sul do golfo nos períodos de 11.000 a 7.000 cal anos A.P. e de 3.900 a 770 cal anos A.P., indicado, principalmente, pela espécie *Tetrapyleoctacantha*; 2) a ocorrência de períodos transicionais, entre 7.000 e 6.000 cal anos A.P. e entre 4.500 e 4.000 cal anos A.P., sugerido pelas espécies *Phorticiumpylonium*, *Euchitoniaelegans/furcata*, *Aracnocaliumcalvata*, *Cenosphaeracoronata*, *Hexapyledodecantha* and *Lithomelissathoracites* e, 3) a significativa incursão da Corrente da Califórnia em direção ao sul do golfo, por volta de 13.000 cal anos A.P. e 11.500 cal anos A.P., revelada pela presença de *Botryotrobusaquilonaris*, *Pterocorysminithorax*, *Didimocyrtistetrathalamus*, *Botryotrobusauritus/australis*, *Lamprocyrtisnigriniae*, *Larcospyraminore* *Carpocaniumpetalospyris*.

**Palavras chave:** Radiolários, *Polycystinea*, Golfo da Califórnia, Paleocanografia, Pleistoceno final-Holoceno.

**ABSTRACT** - The radiolarian polycystine record in a laminated core in the southern Gulf of California reveals faunal changes related to the oceanographic conditions during the past 15.000 years. Chronologic frame is based on 7 radiocarbon MAS dates. Along the core 200 taxa are identified in 45 samples. Three radiolarian assemblages are defined through factor analysis and based on their ecological affinities, it is suggested: 1) the dominance of tropical water in the southern Gulf in the periods from 11.000 to 7.000 calyr BP and between 3.900 and 770 calyr BP, indicated mostly by *Tetrapyleoctacantha*; 2) transitional periods between 7.000 to 6.000 calyr BP and from 4.500 to 4.000 calyr BP suggested by *Phorticiumpylonium*, *Euchitoniaelegans/furcata*, *Aracnocaliumcalvata*, *Cenosphaeracoronata*, *Hexapyledodecantha* and *Lithomelissathoracites* and, 3) the significant incursion of California Current to southern Gulf around 13.000 calyr BP and 11.500 calyr BP revealed by the presence of *Botryotrobusaquilonaris*, *Pterocorysminithorax*, *Didimocyrtistetrathalamus*, *Botryotrobusauritus/australis*, *Lamprocyrtisnigriniae*, *Larcospyra minor* and *Carpocaniumpetalospyris*.

**Keywords:** Radiolarians, Polycystine, Gulf of California, Paleocanography, Late Pleistocene-Holocene.

## INTRODUÇÃO

O Golfo da Califórnia é um mar marginal que estabelece comunicação com o Oceano Pacífico através de uma abertura de 220 km de largura e uma extensão aproximada de 1.100 km. O clima na região é marcadamente sazonal, caracterizado por ventos intensos vindo de noroeste durante os períodos de inverno-primavera, que propiciam ressurgências na margem oriental e promovem um aumento na produtividade, enquanto que no período de verão-outono, ventos mais fracos de sudeste favorecem a entrada de águas tropicais no interior do golfo. Nas bacias do sul do golfo (Pescadero, Carmen, Guaymas), onde os sedimentos estão subjacentes à zona de mínimo oxigênio formam-se sedimentos laminados (Pérez-Cruz & Herguera-García, 2011) e, em alguns casos, varves (Barron & Bukry, 2007). Estes sedimentos tornam esta área ideal para estudos paleoceanográficos.

A origem desses sedimentos é o resultado de vários processos físicos independentes, tais como as ressurgências e os giros, que incrementam a alta produtividade primária e propiciam a formação de sedimentos biogênicos, associados a depósitos terrígenos formados por sedimentos provenientes do continente que, geralmente, representam um aporte sazonal (Pérez-Cruz & Urrutia-Fucugauchi, 2010). As bacias da parte sul do Golfo da Califórnia, apresentam depósitos compostos por uma significativa espessura de sedimentos marinhos laminados. Estes depósitos representam registros de alta resolução da evolução geológica do Quaternário, visto que preservam, com alta confiabilidade, as mudanças oceanográficas e climáticas que ocorreram nesta região.

Neste contexto, investigações paleoceanográficas baseadas em microfósseis silicosos foram desenvolvidas principalmente com diatomáceas e silicoflagelados (p. ex., Murray & Schrader, 1983; Sancetta, 1995; Barron *et al.*, 2004; Barron *et al.*, 2005; Barron & Bukry, 2007). A maior parte destes estudos foi realizada em bacias como Guaymas e Carmen, as quais se caracterizam por uma alta produtividade e onde, devido à grande

abundância de fitoplâncton silicoso, observou-se uma diluição dos esqueletos de radiolários (Benson, 2005). Entretanto, alguns estudos paleoceanográficos, com base em radiolários, foram realizados na região do sul na entrada do golfo (Molina-Cruz, Pisias, 1986; Molina-Cruz *et al.*, 1999; Pérez-Cruz, 2006), pois nestas áreas a abundância de radiolários é mais significativa.

Os radiolários representam um dos proxies com maior sensibilidade para reconstruções paleoceanográficas, pois seus esqueletos depositados no fundo oceânico são importantes constituintes dos sedimentos contribuindo, inclusive, para a formação de vasas (Kamikuri *et al.*, 2008). Os restos dos esqueletos de sílica destes organismos fornecem informações relevantes para a determinação da idade dos sedimentos, atuando também como indicadores de parâmetros paleoecológicos, paleoceanográficos e bioestratigráficos (De Wever *et al.*, 2001; Lazarus *et al.*, 2005), que contribuem para o conhecimento da evolução geológica de continentes e bacias oceânicas.

Particularmente no Golfo da Califórnia, Molina-Cruz (1986; 1988) realizou estudos estratigráficos e paleoceanográficos, em escalas milenares, na região da entrada do golfo (parte ocidental) com um alcance de aproximadamente 33.000 anos. Nestes estudos somente foram consideradas algumas das espécies mais abundantes de radiolários. Os marcos cronológicos foram estabelecidos através de correlações com outros testemunhos com a curva de isótopos estáveis de oxigênio.

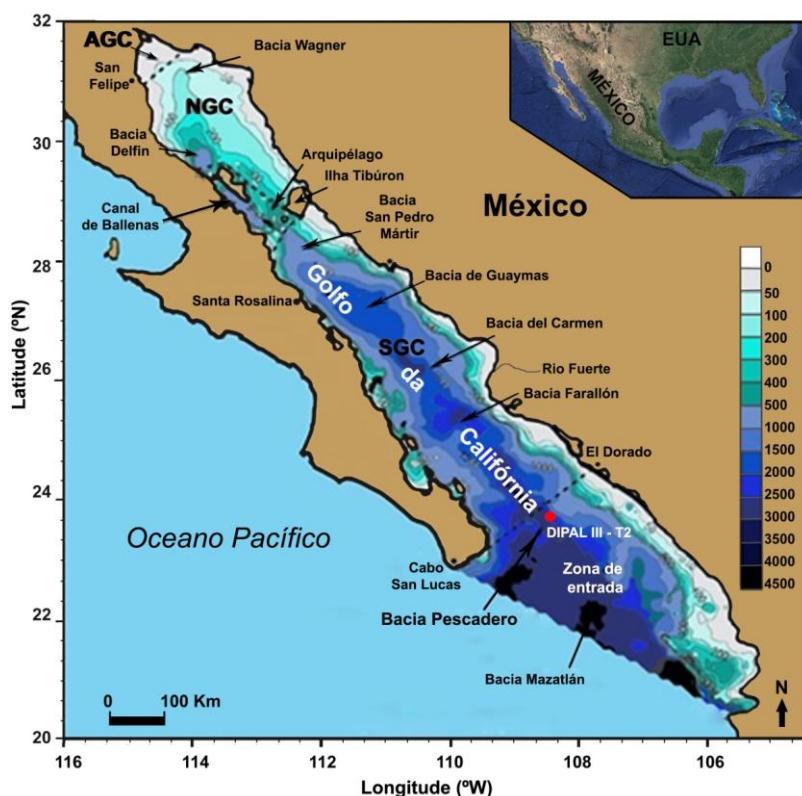
Esta investigação teve como objetivo analisar detalhadamente a abundância dos radiolários e as mudanças faunísticas ao longo do Pleistoceno final e Holoceno, relacionadas com as mudanças na dinâmica oceanográfica. Este estudo em escala sub-milenar, segundo um modelo de idade definido a partir de datações de radiocarbono, mediante o estudo do testemunho DIPAL III-T2, coletado na região sul-oriental do Golfo da Califórnia.

### Área de estudo

A região sul do Golfo da Califórnia possui uma profundidade máxima aproximada de

3.000m, permitindo a troca livre com as águas do Pacífico (Castro *et al.*, 2000) (Figura 1). O clima nesta área está caracterizado por uma fase de inverno e uma fase subtropical de verão ou fase de monção (Mitchel *et al.*, 2002). Durante o inverno predominam ventos fortes do noroeste que propiciam um transporte neto de águas superficiais para fora do golfo que, por sua vez, favorece a ocorrência de ressurgências frente às costas de Sonora e Sinaloa, e é a origem da alta produtividade ao longo do lado oriental da bacia (Badan-Dangonet *et al.*, 1991).

Durante o inverno, a temperatura superficial do mar (SST) apresenta tipicamente uma variação de  $\sim 18^{\circ}\text{C}$  na parte norte do golfo e de  $\sim 23^{\circ}\text{C}$  na região mais ao sul. Durante o verão, o regime atmosférico propicia o enfraquecimento dos ventos e uma penetração de águas tropicais superficiais do Pacífico. A temperatura superficial do mar se eleva a  $>28^{\circ}\text{C}$  através do golfo, assim como as águas tropicais se movem até a parte norte pelo lado oriental (Marinone, 2003).



**Figura 1.** Localização do Poço T2 na bacia Pescadero, Golfo da Califórnia com a batimetria, localização das bacias e regiões do golfo: AGC (Alto Golfo da Califórnia), NGC (Norte do Golfo da Califórnia) SGC (Sul do Golfo da Califórnia) e Zona de entrada. (Modificado de Lavín & Marinone 2003).

### Massas de água

As massas d'água encontradas no Golfo da Califórnia, de acordo com Torres-Orozco (1993), são: 1) a Água Profunda do Pacífico (APP), encontrada a uma profundidade que vai do fundo oceânico, até aproximadamente 1.200 m;

2) a Água Intermediária do Pacífico (AIP), encontrada desde  $\sim 1.200$  m (isoterma  $4^{\circ}\text{C}$ ) até  $\sim 500$  m (isoterma  $9^{\circ}\text{C}$ );

3) a Água Sub superficial Subtropical (ASsSt), encontrada a  $\sim 500$  m (isoterma  $9^{\circ}\text{C}$ ). Esta massa d'água, cujo limite superior se encontra a aproximadamente 150 m de

profundidade, apresenta uma variação sazonal com intrusão máxima na parte norte do golfo no outono-inverno, enquanto que na primavera-verão se retraem direção à parte sul;

4) a Água Superficial Equatorial (ASE), cujas características distintas são a salinidade menor do que 35 UPS (Unidade Prática de Salinidade) e temperatura maior do que  $18^{\circ}\text{C}$ , é encontrada acima dos 150m. A extensão da ASE em direção ao interior do golfo tem um claro sinal sazonal, com sua máxima intrusão no verão e a máxima retração no inverno, quando se encontra somente próxima à boca do golfo.

5) a Água do Golfo da Califórnia (AGC) ocupa os 150 m superiores, com salinidade maior do que 35 UPS e temperatura maior do que 12°C. Apresenta um ciclo sazonal que é complementar ao da ASE.

### Batimetria

O Golfo da Califórnia está dividido em diferentes regiões: Boca, Zona Sul, Zona entre Ilhas (Arquipélago), Zona Norte eo Alto Golfo (Lavín *et al.*, 1997). Esta divisão reflete principalmente a batimetria,(Figura 1) a qual apresenta várias bacias que são progressivamente menos profundas de sul a norte.

Os sedimentos do sul do golfo são propícios para a realização de estudos paleoceanográficos e paleoclimáticos, já que em seus registros sedimentares não só se preserva o sinal do Golfo da Califórnia, como o da bacia do Pacífico. Os sedimentos subjacentes à zona de mínimo oxigênio se caracterizam por sua excelente preservação e estão formados por sedimentos laminados. Esta característica favorece também a preservação das associações

de radiolários recuperadas nos sedimentos laminados da bacia, que ainda não se encontram devidamente documentadas.

### Marco cronológico e taxa de sedimentação

O marco cronológico da sequência sedimentar DIPALIII-T2 foi definido em estudos paralelos (Pérez-Cruz, 2012; Escorza, 2013), para os quais foram selecionados sete intervalos para a obtenção das datações através do método de radiocarbono AMS em amostra total. Os intervalos foram selecionados ao longo do testemunho nas regiões onde foram observadas mudanças importantes.

O marco cronológico definido com as datações de radiocarbono, teve as idades obtidas calibradas e corrigidas por efeito reservatório ( $\Delta R=203\pm 48$ ) com o programa Calib.6.0.1 (Quadro 1) (Stuiver&Reimer,1993). Com base nestas idades foram definidas as taxas de sedimentação, a idade do topo da sequência sedimentar, calculada em aproximadamente 760 anos cal A.P. e a base, calculada em 18.200 anos cal A.P.

**Quadro 1.** Idades de radiocarbono (AMS) e idades calibradas e corrigidas por efeito reservatório (Pérez-Cruz, 2012; Escorza, 2013).

Chave de laboratório	Profundidade (cm)	Idade convencional (anos A.P.)	Idade (anos cal A.P.)
NZA35345	14-16	1885±20	1254
NZA35346	82-83	3876±20	3580
BETA317612	127-128	5700±40	5890
NZA35347	151-152	7024±25	7350
NZA35348	204-205	10310±35	11140
BETA317613	239-240	12370±60	13630
NZA35349	259-260	15090±55	17625

As taxas de sedimentação são variáveis ao longo do testemunho variando de 0,05 a 0,29 mm/a, apresentando uma tendência crescente em direção ao topo da sequência sedimentar. Os

sedimentos da base da sequência apresentam taxas de sedimentação mais baixas, da ordem de 0.05 mm/a (Pérez-Cruz, 2012; Escorza, 2013).

## MATERIAL E MÉTODOS

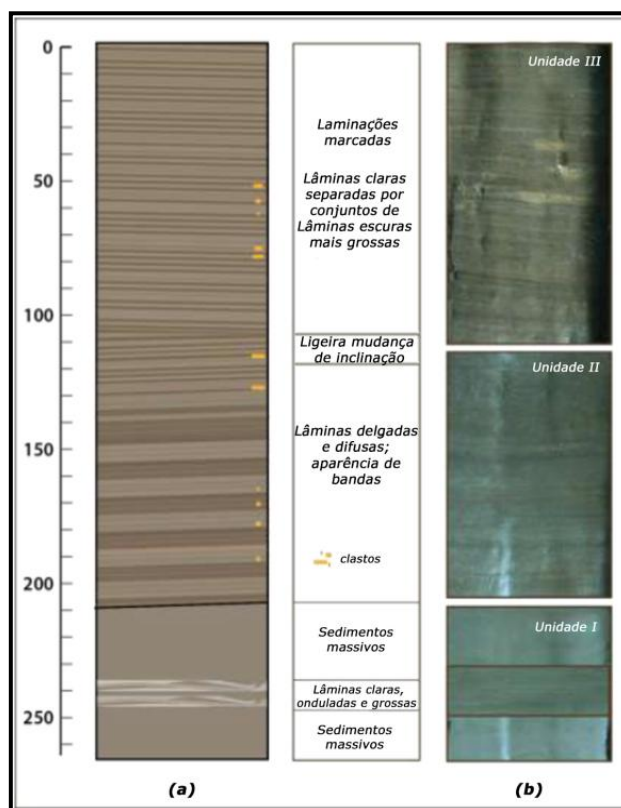
O material estudado consta de uma sequência sedimentar marinha coletada a bordo do Navio Oceanográfico “El Puma”, da Universidad Nacional Autónoma de México durante a campanha oceanográfica Dinámica Oceánica y Paleoceanográfica Etapa III (DIPALIII). O testemunho DIPAL III-T2 foi

coletado entre as coordenadas 23°59’937’’N e 108°10’517’’W a 577m de profundidade dentro da zona de mínimo oxigênio apresentando 263cm de comprimento (Figura 2).

A coleta foi realizada através de um testemunhador por gravidade. O sedimento é formado pela alternância de camadas claras e

camadas escuras em quase todo seu comprimento. Sem dúvida, a base do testemunho está formada por sedimentos maciços e poucas laminações visíveis a simples

vista (Figura 2). Este tipo de estrutura laminada só se deposita em bacias que apresentam condições anóxicas ( $O_2 < 0.2 \text{ ml / L}$ ) e alta produtividade primária.



**Figura 2.** (a) Esquema e (b) fotografia do testemunho DIPAL III-T2, com a descrição da sequência sedimentar (Modificado de Escorza, 2013).

### Descrição da sequência sedimentar

A sequência sedimentar do Testemunho DIPAL III-T2 é composta por dois componentes principais: um terrígeno e outro biogênico. Entretanto, o componente terrígeno representa cerca de 80% do total dos sedimentos, com tamanhos de grão entre silte e argila, com geometria sub-arredonda da a angulosa. Não foi realizada análise granulométrica nos sedimentos do testemunho T2, no entanto, Baba *et al.*, (1991) realizaram a análise da granulometria nos sedimentos do testemunho BAP-82 BC-70 (23°59'N 108° 8.6'W), próximo ao T2, encontrando composição de 56,4% de argilas e 41,6% de silte.

Os componentes biogênicos representam cerca de 20% e são constituídos principalmente por radiolários, diatomáceas, e em menor proporção silício flagelados, sendo possível também observar fragmentos de foraminíferos em alguns intervalos.

### Processamento químico das amostras

Os radiolários foram estudados ao longo do testemunho DIPAL III-T2, em um total de 45 intervalos com 1 cm de espessura, desde a base até o topo da sequência. As amostras foram processadas com base no método proposto por Molina-Cruz (1977), com algumas modificações.

Para a preparação das lâminas, foi utilizado  $1,7 \text{ cm}^3$  de sedimento seco e cada amostra foi colocada em béquer de 1.000 ml com 100ml de água, acrescido de 20ml de ácido clorídrico (HCl) a 36-38%, para eliminar carbonatos e 20ml de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) a 30%, para eliminar matéria orgânica. Em seguida as amostras foram colocadas em chapa aquecedora a uma temperatura de  $200^\circ\text{C}$  por aproximadamente três horas com o propósito de acelerar a reação.

Na sequência, cada amostra foi lavada em água corrente em uma peneira de malha  $34 \mu\text{m}$ , sendo que o tempo de lavagem variou em função da composição de cada amostra. A

fração restante na peneira foi coletada em frascos de plástico mediante o uso de um *pissete* com água.

Para a montagem das lâminas micro paleontológicas, o frasco correspondente a cada amostra foi colocado em um béquer de 1.000ml, no fundo do qual foram colocados dois anéis de teflon que serviram como suporte a duas lâminas, previamente marcadas com o número da amostra. Após verter a amostra, a coluna d'água foi agitada no sentido vertical. Posteriormente se deixou sedimentar durante cerca de 30 minutos. Em seguida foi extraída a água excedente mediante um sifão para que houvesse a menor turbulência possível dentro do béquer, evitando assim a suspensão dos sedimentos que se depositariam nas lâminas.

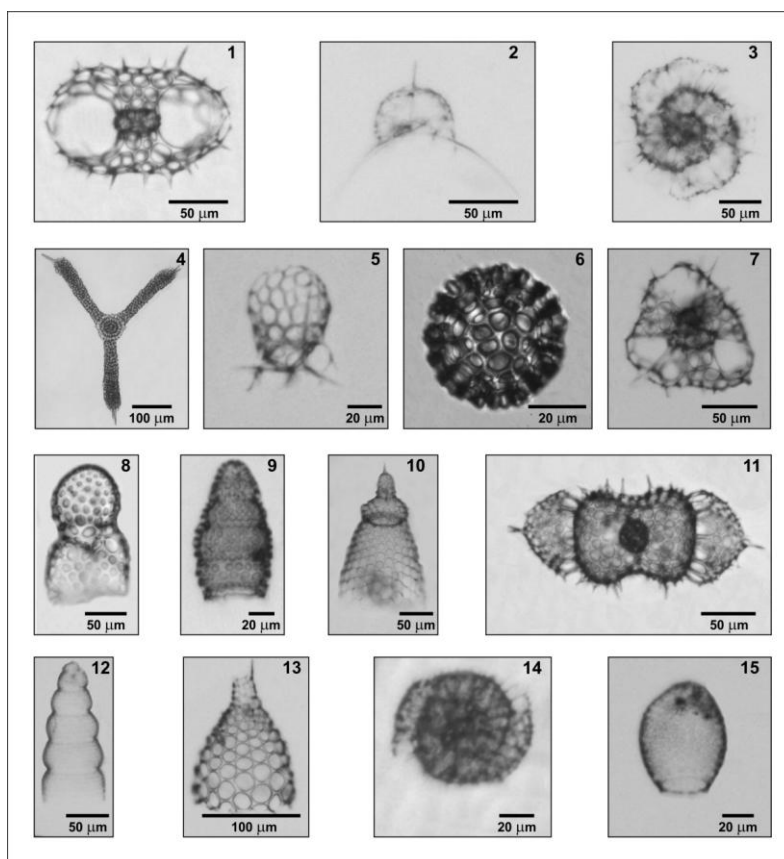
Tanto a água excedente extraída com o sifão, como a água com que se lavou o béquer de 1.000 ml, foram novamente filtradas com a

peneira de 34µm para que se recuperasse a maior quantidade de amostra possível e retornaram para dentro do frasco de plástico correspondente. Ao término foram feitas duas lâminas de cada uma das 45 amostras processadas, etiquetadas com as letras A e B, obtendo-se um total de 90 lâminas.

As preparações foram fixadas com *Entellan*<sup>®</sup> (resina para montagem de lâminas permanentes de espécimes para microscopia) e recoberto por lamínulas, secando por aproximadamente uma hora na estufa a ~ 50°C.

### Identificação taxonômica e contagem de radiolários

Noventa lâminas foram analisadas visando a identificação taxonômica das espécies de radiolários, a contagem e a documentação digital das mesmas (Figura 3).



**Figura 3.** Espécies mais representativas encontradas no Testemunho DIPAL III-T2. 1- *Tetrapyleoctacantha* Müller, 1858 – Amostra 160 cm; 2 - *Cladoscenumtricolpium* Haeckel, 1887 – Amostra 120 cm; 3- *Phorticiumpylonium* Haeckel, 1887 – Amostra 20 cm; 4- *Euchitoniaelegans / furcata* grupo Boltovskoy, 1998 – Amostra 80 cm; 5- *Arachnocoralliumcalvata* grupo Petrushevskaya, 1971 – Amostra 20 cm; 6- *Cenosphaeracoronata* Haeckel, 1887 – Amostra 1 cm; 7- *Hexapyledodecantha* grupo Haeckel, 1887 – Amostra 20 cm; 8- *Lithomelissathoracites* Haeckel, 1882 – Amostra 80 cm; 9- *Botryostrobuseraquilonaris* (Bailey) Nigrini, 1977 – Amostra 210 cm; 10- *Pterocorysminythorax* Nigrini, 1968 – Amostra 110 cm; 11- *Didymorcyrtistetralhamus* Haeckel, 1887 – Amostra 160 cm; 12- *Botryostrobuserauritus / australis* (Ehrenberg) grupo Nigrini, 1977 – Amostra 190 cm; 13- *Lamprocyrtisnigrinia* Caulet, 1971 – Amostra 90 cm; 14- *Larcospyraminor* Jørgensen, 1900 – Amostra 72 cm, 15- *Carpocaniumpetalospyris* (Haeckel) Benson, 1966 – Amostra 80 cm.

A contagem dos radiolários foi registrada com número mínimo 300 espécimes que, de acordo com Sachs (1973), representa uma alíquota representativa por amostra. Só foram contados aqueles espécimes com mais de 80% de seu esqueleto preservado.

A observação das lâminas micro paleontológicas foi realizada em um microscópio óptico de luz transmitida da marca Zeiss, modelo *Axioskop40 Pol*, com objetiva Zeiss (20X) 0,45, ao qual foi acoplada uma câmera digital Zeiss *Axio Cam ICc3*. Após a captura de todas as imagens através do software *Axion Vision*, estas foram editadas através de software específico (*Corel Photopaint* – versão 12.0).

### Tratamento estatístico de dados

Uma matriz de abundâncias relativas foi elaborada com todos os táxons de radiolários identificados, visando a aplicação de uma análise estatística multivariada. Esta análise tem o objetivo de definir as associações de radiolários mais significativas ao longo do testemunho e, com base nas afinidades

ecológicas das mesmas, realizar algumas interpretações ambientais preliminares.

A análise de fator é um método multivariado, utilizado para agrupar informações em um pequeno grupo de componentes ou fatores, que são as associações das amostras consideradas como ponto de referência para interpretação do modelo (Imbrie & Van Andel, 1964). Os fatores ou associações das amostras (variáveis) são determinados por seu autovalor (*eigenvalue*), que quanto mais alto for o valor, maior importância terá o modelo (Molina-Cruz, *et al.*, 1999).

As cargas fatoriais (*factorloadings*) nos mostram o comportamento dos fatores que foram convertidos em gráficos contra a idade, com o propósito de descrever as mudanças através do tempo, indicando a importância do fator em cada intervalo. Os valores de fator (*factor scores*) identificam as espécies mais importantes para cada fator, com base no valor mais alto (Molina-Cruz *et al.*, 1999; Pérez-Cruz, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análises microfaunísticas

Ao longo do testemunho DIPAL III-T2, os radiolários foram estudados em um total de 45 intervalos, estando presentes em mais de 85% das amostras estudadas, em algumas dessas amostras o número foi escasso e em outras estiveram ausentes.

Como mencionado anteriormente, a proporção de sedimentos terrígenos ao longo do testemunho T2 foi mais importante que a proporção biogênica. Esta condição pode ser o resultado do aporte de material terrígeno devido à descarga dos rios no verão, durante a época de chuvas. O testemunho foi coletado na margem oriental do golfo e tem uma forte influência do rio Fuerte, o qual apresenta as maiores descargas de material terrígeno. Por esta razão se assume que os intervalos, onde a abundância de radiolários foi escassa, resultam de uma diluição por material terrígeno.

Nas 45 amostras onde foram encontrados radiolários estes apresentaram uma boa diversidade e também uma boa preservação. Nestas amostras foi contada uma

média de 300 indivíduos em cada profundidade da sequência sedimentar do testemunho DIPAL III-T2, onde foram identificadas 36 famílias, 119 gêneros e 200 espécies. Estes táxons estão relacionados a quatro ordens: *Spumellaria*, *Nassellaria*, *Collodaria* e *Entactinaria*. Essa diversidade de espécies reflete a dinâmica das massas d'água nesta área, onde também a riqueza de radiolários está relacionada com a reconhecida fertilidade das águas do golfo, cuja grande concentração de nutrientes é continuamente disponibilizada pela ocorrência de ressurgências.

A sistemática proposta por Adlet *et al.*, (2005; 2012) foi utilizada para as categorias taxonômicas superiores, ou seja, Reino, Filo, Classe e Ordem. Para as demais categorias, a partir de Família, foi utilizado o modelo estabelecido por De Weaver *et al.*, (2001), complementado por outros trabalhos relevantes, como os de Benson (1966; 1983; 2005), Takahashi (1991), Van de Paverd (1995), Boltovskoy (1998), Pérez-Cruz *et al.*, (2009) e Boltovskoy *et al.*, (2010).

### Análises multivariadas

Análises estatísticas foram consideradas para a interpretação dos registros das espécies de radiolários mais significativos, cuja associação é o objeto da análise ecológica aqui apresentada e que atuará como base para reconstruções paleoceanográficas e paleoclimáticas.

Para esta análise, os dados obtidos da contagem e identificação taxonômica foram expressos em uma matriz de abundância relativa, integrando a informação em casos (200 espécies) e variáveis (45 amostras). Com essa informação foi aplicada uma análise estatística multivariada: análise de fatores “Modo Q” (Imbrie & Van Andel, 1964), cuja técnica de modelagem tem sido empregada em vários estudos de radiolários, com o propósito de identificar as associações ecológicas e

paleoecológicas existentes entre os mesmos, enfatizando as correlações entre as amostras.

Esta correlação produz resultantes (fatores) significativos (Molina-Cruz *et al.*, 1999). Os fatores podem ser interpretados com base na carga fatorial que indica a importância do fator em cada amostra e o valor de fator, que define as associações de espécies que caracterizam os fatores (Wellington *et al.*, 1996).

Três fatores explicam 68% do total da variação de dados, o autovalor obtido através da análise de fator “Modo Q” mostrando a importância dos três fatores. (Tabela 1). Na Tabela 2 se apresentam as cargas fatoriais dos três fatores que representam a importância que tem a amostra em cada fator, estando os mesmos representados em gráficos, no sentido estratigráfico (Figura 4).

**Tabela 1.** Autovalores obtidos através da análise de fator “modo Q”.

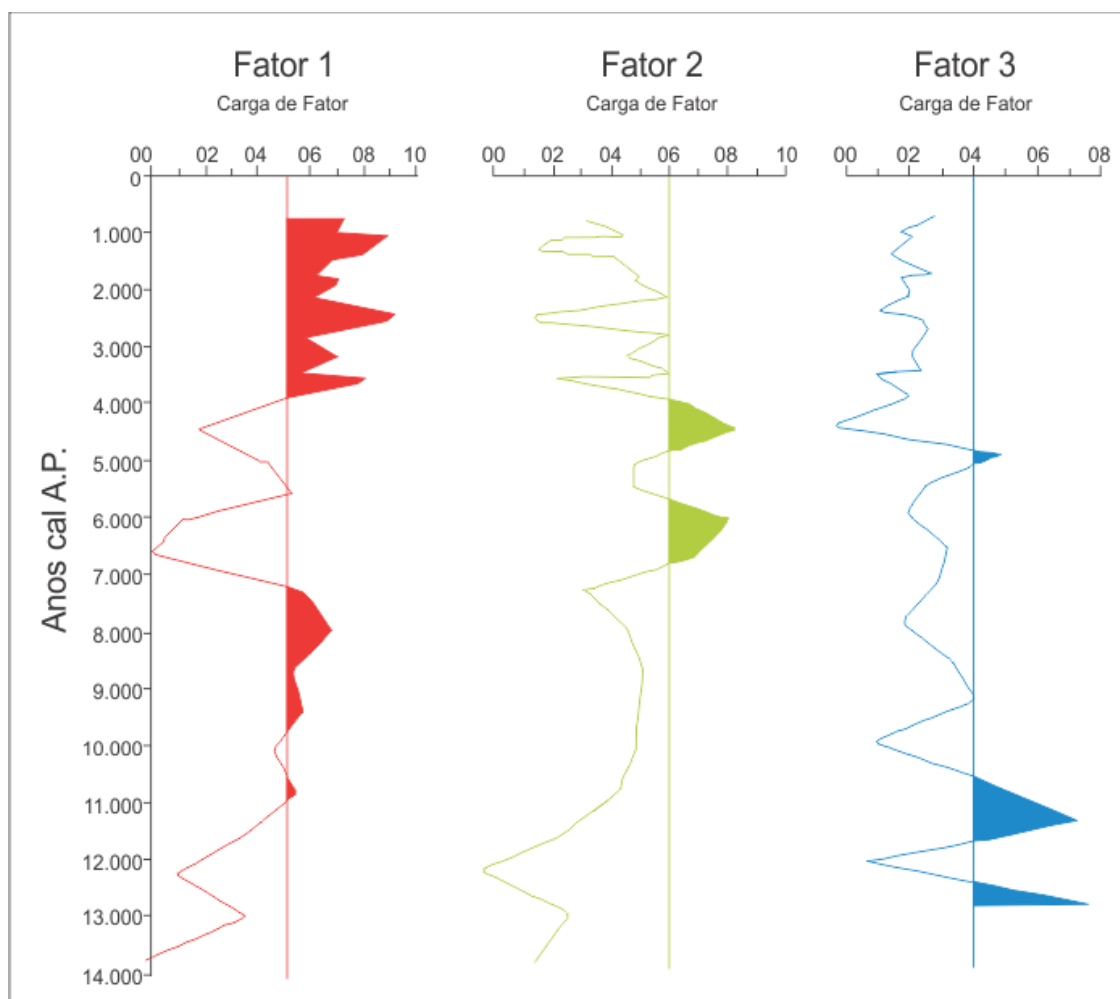
FATOR	“AUTOVALOR”	VARIAÇÃO TOTAL (%)	“AUTOVALOR” ACUMULADO	% ACUMULADO
1	16.70	55.66	16.70	55.66
2	2.11	7.02	18.80	62.67
3	1.49	4.97	20.29	67.65

**Tabela 2.** Cargas fatoriais dos fatores 1, 2 e 3.

IDADE (anos cal A.P.)	PROFUNDIDADE (cm)	Fator 1	Fator 2	Fator 3
772	1	0,72	0,28	0,26
1013	8	0,71	0,42	0,17
1082	10	0,90	0,16	0,20
1289	16	0,83	0,12	0,16
1427	20	0,70	0,38	0,15
1771	30	0,62	0,47	0,26
1840	32	0,7	0,44	0,18
2116	40	0,6	0,56	0,21
2460	50	0,92	0,090	0,08
2529	52	0,86	0,12	0,29
2805	60	0,56	0,57	0,25
3149	70	0,71	0,42	0,20
3493	80	0,54	0,59	0,23
3562	82	0,83	0,18	0,08
3965	90	0,45	0,64	0,22



<b>4478</b>	100	0,21	0,83	-0,03
<b>4991</b>	110	0,45	0,46	0,48
<b>5505</b>	120	0,52	0,46	0,25
<b>6042</b>	130	0,16	0,80	0,21
<b>6650</b>	140	0,03	0,68	0,34
<b>7258</b>	150	0,59	0,29	0,27
<b>7957</b>	160	0,70	0,43	0,18
<b>8673</b>	170	0,56	0,48	0,33
<b>9388</b>	180	0,59	0,46	0,41
<b>10103</b>	190	0,48	0,47	0,08
<b>10818</b>	200	0,56	0,39	0,45
<b>11531</b>	210	0,37	0,19	0,74
<b>12243</b>	220	0,02	-0,02	0,00
<b>12955</b>	230	0,38	0,22	0,76
<b>13730</b>	240	-0,00	0,13	0,83



**Figura 4.** Comportamento da carga fatorial de cada componente, ao longo dos últimos 18.000 anos.

Os fatores, conforme apresentados na Tabela 2 foram denominados com base nas associações das espécies e suas afinidades com base nas condições oceanográficas modernas (principalmente massas d'água) e condições climáticas da área, como apresentado a seguir: 1) "Águas tropicais", 2) "Transicional" e 3) "Corrente da Califórnia".

### Fator 1 "Águas Tropicais"

Representa 56% da variabilidade dos dados (Tabela 1). Descreve os intervalos entre aproximadamente 11.000 e 7.000 anos cal A.P. e entre 3.900 e 770 anos cal A.P. (Figura 3). Este fator está caracterizado pela espécie *Tetrapyleoctacantha* com valor de fator na ordem de 12,1 (Figura 5).

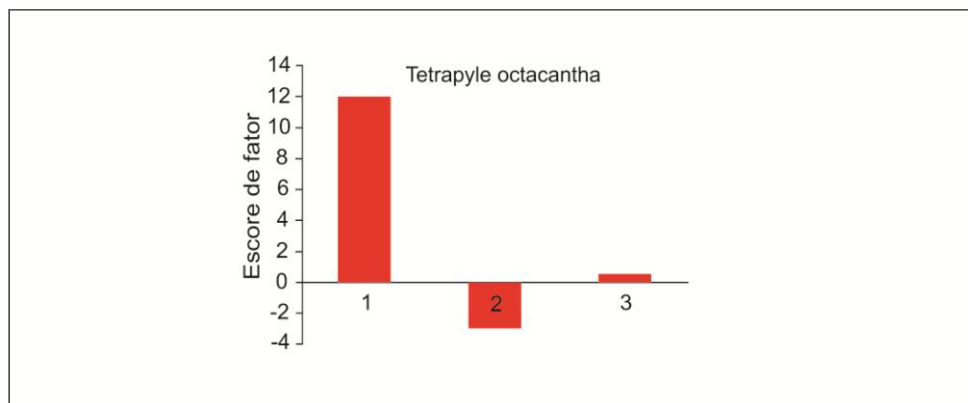


Figura 5. Valores de fator do Fator 1

*T. octacantha* é considerada uma espécie com preferência por águas superficiais quentes (tropicais e subtropicais) e pouco salinas. No Golfo da Califórnia tem sido associada à Água Tropical Superficial (ATS) (Molina-Cruz *et al.*, 1999). No oceano Pacífico é registrada como uma espécie de águas superficiais, habitando entre 0 e 200m (Okazaki *et al.*, 2005; Itaki *et al.*, 2008; Kamikuri *et al.*, 2008) com temperatura entre 27 e 28 °C e com salinidades variando entre 35,2 e 35,5UPS (Yamashita *et al.*, 2002).

Em nível mundial, foi registrado que mais de 30% da população habita os primeiros 50 m e que mais de 40% habita o intervalo entre 50 e 150 m na coluna d'água (Boltovskoy *et al.*, 2010). Quanto a seus hábitos alimentares se sabe muito pouco, aparentemente devido a sua configuração estrutural. Supõe-se que se alimente de presas planctônicas, principalmente microalgas e bactérias (Matzuoka, 2007). Sua abundância também é notada durante os eventos do "El Niño" (Okazaki *et al.*, 2005; Pérez-Cruz, 2006).

Sobre a espécie *C. tricolpium* não se tem uma definição clara de suas afinidades ecológicas, porém, já foi encontrada no Pacífico equatorial ocidental e central (Yamashita *et al.*,

2002), preferencialmente até os 200-500 m, sendo esta distribuição característica da região equatorial (Boltovskoy *et al.*, 2010).

Aparentemente as condições oceanográficas durante os intervalos caracterizados pelo Fator 1 foram análogas às condições que se apresentam atualmente durante o verão na zona de estudo, quando a ocorrência da Água Tropical Superficial é mais evidente. Particularmente, durante o período do Holoceno inicial, entre 11.000 e 7.000 anos A.P., foi identificado aumento da insolação no hemisfério norte (Barron & Bukry 2007), o que pode ter propiciado uma maior incursão de águas tropicais oligotróficas.

### Fator 2 "Transicional"

Este fator explica 7% da variabilidade total de dados (Tabela 1) e caracteriza os períodos de 7.000 a 6.000 anos cal. A.P., e de 4.000 a 4.500 anos cal A.P. (Figura 3). Está formado por *Phorticiumpylonium*, *Euchitonialelegans/furcata*, *Aracnocaliumcalvata*, *Cenosphaeracoronata*, *Hexapyledodecantha* e *Lithomelissathoracites*, com valor de fator na ordem de 9,8; 3,0; 2,7; 2,7; 1,8 e 1,7, respectivamente (Figura 6).

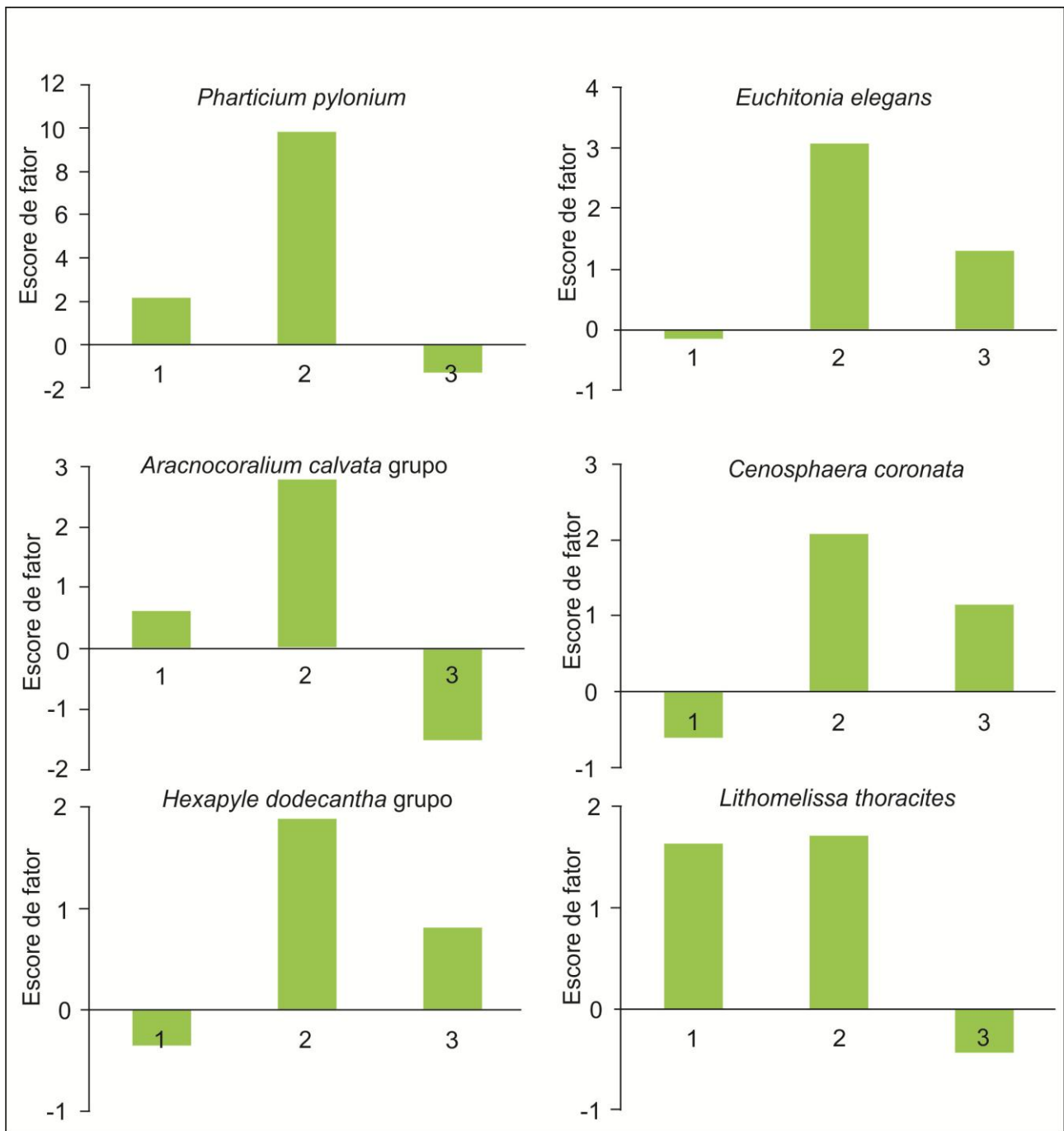


Figura 6. Valores de fator do Fator 2

A espécie *P. pylonium* foi encontrada no Golfo da Califórnia entre os 100-200 m sub superficiais na bacia de Guaymas (Molina-Cruz, *et al.* 1999). Segundo Boltovskoy *et al.*, (2010), com base na distribuição mundial, se tem conhecimento que menos de 20% de *P. pylonium* habita entre 150 e 500 m e que mais de 40% habita entre 50 e 150 m de profundidade. Foi sugerido por Matzuoka, (2007) que esta espécie seria carnívora-onívora embora, aparentemente, possaser oportunista, visto que em análises de ADN ribossomal, foi

determinado que *P. pylonium* possui um simbiote fotossintético (Dolven *et al.*, 2007).

O grupo *E. elegans/furcata* alcança 40% de sua abundância entre 150 e 500 m de profundidade (Boltovskoy *et al.*, 2010). Este grupo é documentado como simbiote de algas e/ ou cianobactérias (Bjørklund *et al.*, 2012).

*A. calvata* grupo foi observada na coluna d'água e em sedimentos superficiais em algumas bacias do Golfo da Califórnia, tais como: Pescadero, Farallón, Carmen e Guaymas (Molina Cruz *et al.*, 1999). O grupo é encontrado em diversas regiões do oceano

Pacífico, em águas superficiais e tropicais, a 200m de profundidade. A espécie *A. calvata* é mencionada por Yamashita *et al.*, (2002), como *Peridium spinipes*, e foi encontrada em abundância em profundidades entre 0 e 120 m. Devido a sua distribuição e por suportar amplo gradiente de temperatura, foi considerada como espécie termotolerante.

*C. coronata* é uma espécie de água transicional no golfo (Molina- Cruzet *al.*, 1997), tendo sido anteriormente registrada no oceano Pacífico sul (Molina-Cruz, 1977).

*H. dodecantha* grupo foi reportada por McMillen & Casey (1978) a partir de vários arrastos de plâncton realizados no golfo do México, sendo considerado um táxon de hábitos superficiais e subsuperficiais (50-200 m). Entretanto Gupta *et al.*, (2002), em estudos com armadilhas de sedimentos, documentaram a espécie entre 0-50 m de profundidade.

*L. thoracites* é uma espécie de águas superficiais que ocorre em profundidades acima de 100m, encontrando-se em regiões de mescla e frentes de massas d'água e ressurgências (Abelmann & Gowing, 1997). No Golfo da Califórnia é descrita como cosmopolita, embora haja um aumento de sua abundância em áreas de ressurgência, em regiões de proliferação do fitoplâncton e em zonas de mescla de massas d'água, como ocorre no Canal de Ballenas e ao norte da bacia Guaymas (Benson, 1966; Molina- Cruz, 1986). Foi descrita por Molina-Cruzet *al.*, (1999) em uma associação de radiolários que reflete processos de mescla na região central (Bacia de Guaymas), com temperatura a 12°C e salinidade aproximada a 35UPS.

O conjunto de espécies que caracteriza este fator tem uma ampla classe de preferências ecológicas, desde espumelários que habitam águas superficiais e intermediárias, oportunistas, com simbiontes associados e termotolerantes, que lhes confere menor vulnerabilidade a condições ambientais variáveis, até espécies de pequenos nasselários que habitam águas superficiais do AGC e que estão relacionadas a condições de mescla (ressurgências).

A dominância desta associação sugere condições oceânicas de transição relacionadas, provavelmente, com variações do regime

climático na região. Em registros do golfo, foi documentado que o estabelecimento das condições da monção da América do Norte ocorreu ao redor dos 6.000 anos (Barronet *al.*, 2012; Pérez-Cruz, 2013).

### **O Fator 3 “Corrente da Califórnia”**

Explica ~5% da variabilidade total de dados. Este fator descreve dois picos significativos: um há ~13.000 anos cal. A.P. e outro há 11.500 anos cal A.P. (Figura 3). Agrupa as espécies *Botryotrobus aquilonaris*, *Pterocorys minithorax*, *Didimocystis tetrathalamus*, *Botryotrobus auritus/australis*, *Lamprocyrtis nigrinae*, *Larcospiraminor* e *Carpocanium petalospyris*, com valor de fator na ordem de 7,4; 5,4; 3,4; 3,0; 3,0; 2,4 e 2,6, respectivamente (Figura 7).

*B. aquilonaris* é considerada por Álvarez-Arellano & Molina-Cruz (1986), como uma espécie característica da Corrente da Califórnia. Ishitani *et al.*, (2008) reportaram a espécie *B. aquilonaris* em águas intermediárias do oceano austral. Na Corrente Sul Equatorial foi representada como habitante de águas intermediárias, nas profundidades entre 100 a 1.000 m (Kling, 1979; Kling & Boltovskoy, 1995; Okazaki *et al.*, 2005).

Existe pouco conhecimento sobre a ecologia da espécie *P. minithorax*. Sabe-se que é cosmopolita em mares tropicais recentes (Benson, 1966). Foi reportada em águas intermediárias do Pacífico, (400-1.200m) e na bacia Pescadero é considerada como uma espécie de águas quentes (Lüer *et al.*, 2008).

A espécie *D. tetrathalamus*, segundo Boltovskoy & Jankilevich (1985), é mais tolerante a condições adversas que a maioria das espécies. Habita a coluna d'água desde as camadas superficiais até as mais profundas. Ishitani *et al.*, (2008) registraram sua presença em águas oligotróficas do Pacífico Norte, até os 35m de profundidade. Okazaki *et al.*, (2005) reportaram a espécie em camadas de superfície, entre 0-50m de profundidade. Também foi assinalada por Kling (1979) em camadas sub superficiais, entre 0-120m de profundidade, entretanto mais de 40% de sua abundância se encontra até os 50m de profundidade (Boltovskoy *et al.*, 2010).

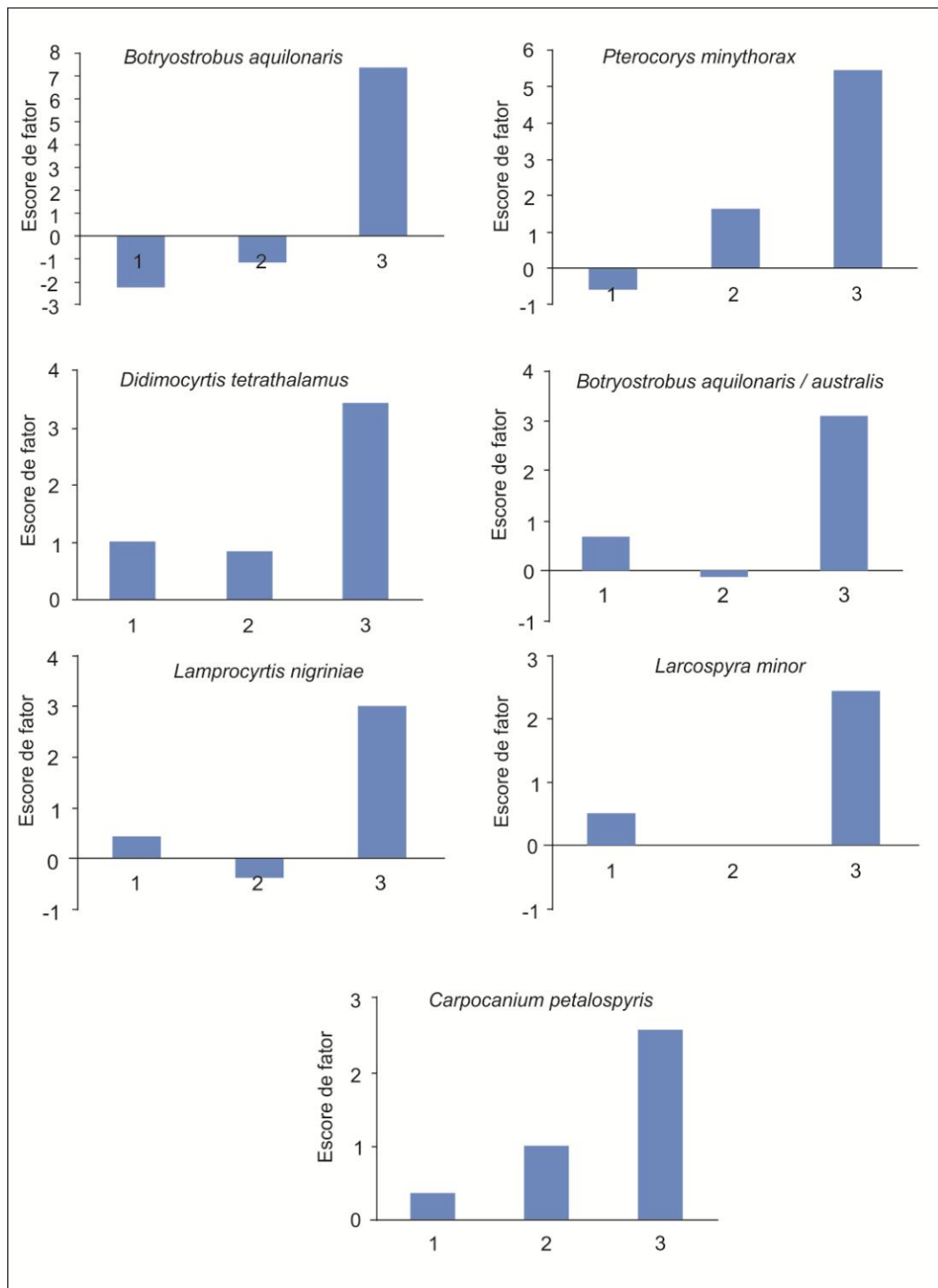


Figura 7. Valores de fator do Fator 3.

Kling (1979) assinalou a espécie *B. auritus/australis* como sendo habitante de águas intermediárias (100 -1000m). Okazaki *et al.*, (2005) a reportaram como tropical e subtropical no Oceano Pacífico Norte, sendo que sua abundância maior é encontrada entre 50 e 150 m de profundidade (Boltovskoy *et al.*, 2010).

Sobre a espécie *L. nigrinae*, sabe-se que é cosmopolita no golfo (Benson, 1966). Na coluna d'água pode ser assinalada ao redor dos

150 m de profundidade (Boltovskoy *et al.*, 2010).

*L. minor* é considerada como uma espécie de águas frias, comumente encontrada em sedimentos superficiais nos mares nórdicos (Bjørklund *et al.*, 1998).

*C. petalospyris*, também denominada como *Carpodanium sp.* grupo por Boltovskoy *et al.*, (2010), tem sua maior representatividade na coluna d'água em torno de 150m de profundidade.

O Fator 3, o qual está caracterizado pela associação destas espécies, apresenta seus valores mais altos entre 12.700 e 10.500 anos cal A.P. com um pico há 11.500 anos cal. A.P. Com base nas afinidades ecológicas das espécies que caracterizam este fator, sugere-se que, durante este intervalo, a Água da Corrente da Califórnia esteve presente na região sul do golfo.

Molina-Cruz em 1986 sugeriu que a partir de 33.000 anos A.P., a Água da Corrente da Califórnia invadiu a boca do golfo até 15.500 anos A.P., deslocando a Água Equatorial (Água Tropical Superficial) até o sul. Posteriormente, Keigwin & Jones (1990) documentaram oscilações nas condições oceanográficas e climáticas durante a deglaciação. Os autores observaram sedimentos não-laminados associados a condições climáticas frias ao redor de 13.000 anos A.P. e entre 10.800 e 10.300

anos A.P. (*Younger Dryas*). É importante assinalar que neste estudo, o intervalo no testemunho DIPAL III- T2 caracterizado pelo Fator 3, não apresenta laminações, sugerindo por uma parte o aumento no conteúdo de oxigênio ou seja, um decréscimo na produtividade. Estas condições corroboram com o sugerido por Keigwin & Jones (1990), que propuseram que as mudanças entre sedimentos laminados e não laminados durante os episódios do Último Máximo Glacial e o *Younger Dryas*, são resultados de um aumento no conteúdo de oxigênio na Água Intermediária do Pacífico. Além disso, Pridee *et al.*, (1999), também sugeriram que durante o *Younger Dryas* diminuiu a produtividade e os sistemas de ressurgências se debilitaram, assim como os sistemas de ventos, e que as condições climáticas eram frias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- No testemunho DIPAL III-T2, recuperado na região sul ocidental do Golfo da Califórnia, foram documentados 200 táxons de radiolários policistinos, agrupados em quatro ordens, 36 famílias e 119 gêneros, no período de 13.000 a 700 anos cal A. P.

- Através de análise de fator “Modo Q”, foi possível definir três associações faunísticas ao longo do testemunho, relacionadas com variações nas condições oceanográficas de 11.000 a 7.000 anos cal A.P. e entre 3.900 e 770 anos cal A.P., fator este denominado “**Águas Tropicais**”, sugerindo para estes intervalos condições climáticas análogas às condições que se apresentam atualmente durante o verão na zona de estudo, quando a ocorrência da Água Tropical Superficial é mais evidente. Particularmente, durante o período do Holoceno inicial, entre 11.000 e 7.000 cal A.P.,

foi observada maior insolação no hemisfério norte, o que propiciou uma incursão mais significativa e maior tempo de residência de águas tropicais oligotróficas.

- Uma associação denominada “**Transicional**”, que caracteriza os intervalos de 7.000 a 6.000 anos cal. A.P., e de 4.000 a 4.500 anos cal A.P., sugere variações na dinâmica oceânica, provavelmente relacionadas com amonção e variações no regime climático.

- E, por último, a associação de radiolários denominada “**Corrente da Califórnia**”, que caracteriza o intervalo entre 13.000 e 10.500 anos cal A.P., onde se sugere que as condições climáticas foram frias, resultando na redução da produtividade e observando-se uma evidente incursão da Água da Corrente da Califórnia para o interior do golfo.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo apoio financeiro.

Ao Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica (LAFO) do Instituto de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e ao Laboratório de Paleoceanografia y Paleoclimas do Instituto de Geofísica da Universidade Nacional Autónoma de México (UNAM).

À tripulação do B/O “El Puma” por seu apoio na coleta do testemunho DIPAL III-T2.

Este trabalho de pesquisa foi parcialmente financiado pelo projeto de pesquisa DGAPA-PAPIIT 101012 da Universidad Nacional Autónoma de México e pelo Projeto 81288 do Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología no México.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABELMANN, A. & GOWING, M.,M. Spatial distribution pattern of living polycystine radiolarian taxa baseline study for paleoenvironmental reconstructions in the Southern Ocean (Atlantic sector) **Marine Micropaleontology**, v. 30, p. 3-28, 1997.
2. ADL, S.M., SIMPSON, A.G.B., FARMER, M.A., ANDERSEN, R.A., ANDERSON, O.G., BARTA, J.R., BOWSER, S.S., BRUGEROLLE, G., FENSOME, R.A., FREDERICQ, S., JAMES, T.Y., KARPOV, S., KUGRENS, P., KRUG, J., LANE, C.E., LEWIS, L.A., LODGE, J., LYNN, D.H., MANN, D.G., MCCOURT, R.M., MENDOZA, L., MOESTRUP, O., MOZLEY-STANDRIDGE, S.E., NERAD, T.A., SHEARER, C.A., SMIRNOV, A.V., SPIEGEL, F.W. & TAYLOR, M.F.J.R. The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. **The Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 52(5), p. 399-451, 2005. doi:10.1111/j.1550-7408.2005.00053.x.
3. ADL, S.M., SIMPSON, A.G.B., LANE C.E., LUKES, J., BASS, D., BOWSER, S.S., BROWN, M.W., BURKI, F., DUNTHORN, M., HAMPL, V., HEISS, A., HOPPENRATH, M., LARA, E., LE GALL, L., LYNN, D.H., MCMANUS, H., MITCHELL, E.A.D., MOZLEY-STANDRIDGE, S.E., PARFREY, L.W., PAWLOWSKI, J., RUECKERT, S., SHADWICK, L., SCHOCH, C.L., SMIRNOV A. & SPIEGEL, F.W. The Revised Classification of Eukaryotes. **The Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 59(5), p. 429-493, 2012. doi:10.1111/j.1550-7408.2012.00644.
4. ÀLVAREZ ARELLANO, A. & MOLINA CRUZ, A. Aspectos paleoceanográficos cuaternarios del Golfo de California evidenciados por conjuntos de radiolarios. **Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología**. Universidad Nacional Autónoma de México, v. 13(2), p. 67-94, 1986.
5. BABA, J., C. D. PETERSON & H. SCHRADER. Modern fine-grained sediments in the gulf of California, In Dauphin, J. y B. Simoneit (eds.), **The gulf and peninsular province of the Californias**. Memoir, AAPG, p: 569-587, 1991.
6. BADAN-DANGON, A., DORMAN, C.E., MERRIFIELD, M.A. & WIANAT, C.D. The lower atmosphere over the Gulf of California. **Journal of Geophysical Research**, v.96 (9), p. 16887-16896, 1991.
7. BARRON, J.A., BUKRY, D., BISCHOFF, J.L. High resolution paleoceanography of the Guaymas Basin, Gulf of California, during the past 15,000 years. **Marine Micropaleontology**, v. 50, p. 185- 207, 2004.
8. BARRON, J. A., D, BUKRY. & DEAN, W.E. Paleoceanographic history of the Guaymas Basin, Gulf of California, during the past 15,000 years based on diatoms, silicoflagellates, and biogenic sediments. **Marine Micropaleontology**, v. 56, p. 81-102, 2005.
9. BARRON, J. A., METCALFE, S. E. & ADDISON, J. A. Response of the North American monsoon to regional changes in ocean surface temperature. **Paleoceanography**, v. 27, p. 1-17, 2012. doi:10.1029/2011PA002235.
10. BARRON, J.A. & D. BUKRY. Solar forcing of gulf of California climate during the past 2000 yr suggested by diatoms and silicoflagellates. **Marine Micropaleontology**, v. 62, p. 115-139, 2007.
11. BENSON, R.N. **Recent Radiolaria From The Gulf of California**. USA, 1966. 577 p. Tese de Doutorado - Universidad de Minnesota.
12. BENSON, R. N. **Quaternary Radiolarians From The Mouth Of The Gulf Of California**, Deep Sea Drilling Project Leg 651. Delaware Geological Survey, University of Delaware, Newark, Delaware. p. 491-523, 1983.
13. BENSON, R.N. **Holocene Radiolaria From Sediments Of The Gulf of California**. 2005. Disponível em: [http://www.radiolaria.org/pdf/Gulf\\_of\\_California\\_Benson\\_2005.pdf](http://www.radiolaria.org/pdf/Gulf_of_California_Benson_2005.pdf). Acessado em: 28nov2014.
14. BJØRKLUND, K.R., CORTESE, G., SWANBERG, N. & SCHRADER, H.J. Radiolarian faunal provinces in surface sediments of the Greenland, Iceland and Norwegian (GIN) Seas. **Marine Micropaleontology**, v. 35, p. 105-140, 1998.
15. BJØRKLUND, K.R., KRUGLIOVA, S.B & ANDERSON, O. R. Modern incursions of tropical radiolaria into the Arctic ocean. **Journal of Micropaleontology**, v.31, p. 139 -158, 2012.
16. BOLTOVSKOY, D. **Classification and Distribution of South Atlantic Recent Polycystine Radiolaria**. 1998. Disponível em: [http://palaeo-electronica.org/1998\\_2/boltovskoy/issue2.htm](http://palaeo-electronica.org/1998_2/boltovskoy/issue2.htm). Acessado em: 28nov2014.
17. BOLTOVSKOY, D., KLING, S.A., TAKAHASHI, K. & BJØRKLUND, K. **World Atlas of Distribution of Recent Polycystina (Radiolaria)**. **Palentologia Eletronica**, 13:230p, 2010. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org>. Acessado em 25nov2014.
18. BOLTOVSKOY, D. & JANKILEVICH, S.S. Radiolarian distribution in east equatorial Pacificplankton. **Oceanologica Acta**, v. 8, p. 101-123, 1985.
19. CASTRO, R., MASCARENHAS, A., DURAZO R. & COLLINS.C.A. Variación estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California, México. **Ciencias Marinas**, v. 26, p. 561-583. 2000.
20. DE WEVER, P., DUMITRICA, P., CAULET, J.P., NIGRINI, C. & CARIDROIT, M. **Radiolarians in the Sedimentary Record**. Gordon & Breach Science Publishers, 533 p., 2001.
21. DOLVEN, J.K., LINDQVIST, C., ALBERT, V.A., BJØRKLUND, K.R., YUASA, T., TAKAHASHI, O. & MAYAMA, S. **Molecular Diversity of Alveolates Associated with Neritic North Atlantic Radiolarians**.

- Protist 2007,158: 65-76. Disponível em: <http://www.elsevier.de/protis>. Acessado em 01dez2014.
22. ESCORZA REYES, M. **Reconstrucción Paleocianográfica Y Paleoclimática De Los Últimos 18.000 Años En La Región Suroriental Del Golfo De California A Partir De La Interpretación De Indicadores Geoquímicos**. México, 2013, 87 p. Dissertação de Mestrado – Universidad Nacional Autónoma de México.
  23. GUPTA, S.M., R. MOHAN & M.V.S GUPTHA. Radiolarian fluxes from the southern Bay of Bengal: sediment trap results. **Deep Sea Research I**, v. 49, p. 1669-1668, 2002.
  24. IMBRIE, J. & T.H. VAN ANDEL. Vector analysis of heavy mineral data. **Geological Society of America Bulletin**, v. 75, p. 1131-1156, 1964.
  25. ISHITANIY, Y., TAKAHASHI, K., OKAZAKI, Y. & TANAKA, S. Vertical and geographic distribution of selected radiolarian species in the North Pacific. **Micropaleontology**, 54, pp. 27–39, 2008.
  26. ITAKI, T., KHIM, B.K. & IKEHARA, K. Last glacial–Holocene water structure in the southwestern Okhotsk Sea inferred from radiolarian assemblages. **Marine Micropaleontology**, v.67, p. 191–215, 2008. doi:10.1016/j.marmicro.2008.01.002.
  27. KAMIKURI, S., MOTOYAMA, I. & NISHIMURA, A. Radiolarian assemblages in surface sediments along longitude 175°E in the Pacific Ocean. **Marine Micropaleontology**, v. 69, p. 151-172, 2008. doi:10.1016/j.marmicro.2008.07.005.
  28. KEIGWIN, L. D. & JONES, G. A. Deglacial climatic oscillations in the Gulf of California. **Paleoceanography**, 5: 1009-1023,1990.
  29. KLING, S.A. Vertical distribution of polycystine radiolarians in the central North Pacific. **Marine Micropaleontology**, v. 4, p. 295-318, 1979.
  30. KLING, S. A. & BOLTOVSKOY, D. Radiolarian vertical distribution patterns across the southern California Current. **Deep-Sea Research**, v. 42(2), p. 191-231, 1995.
  31. LAVÍN, M., & MARINONE, S. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. **Nonlinear Processes, Geophysical Fluid Dynamics**: 173-204,2003.
  32. LAVÍN, M.F., BEIER, E. & BADAN, A. **Estructura Hidrográfica Y Circulación Del Golfo De California: Escalas Estacional E Interanual**. In: M.F. Lavín (ed.), *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. Monografía, p.141-171, 1997.
  33. LAZARUS, D., FAUST, K. & POPOVA-GOLL, I. New species of prunoid radiolarians from the Antarctic Neogene. **Journal of Micropalaeontology**, v. 24, p. 97-121, 2005. doi: 10.1144/jm.24.2.97.
  34. LÜER, V., CORTESE, G., NEIL, H., HOLLIS, C. & WILLEMS, P. Radiolarian-based sea surface temperatures and paleoceanographic changes during the Late Pleistocene–Holocene in the subantarctic southwest Pacific. **Marine Micropaleontology**, v. 70 (3-4), p. 51-165, 2008. doi:10.1016/j.marmicro.2008.12.002.
  35. MCMILLEN, K.J. & CASEY, R.E. Distribution of living polycystine radiolarians in the Gulf of Mexico and Caribbean Sea, and comparison with the sedimentary record. **Marine Micropaleontology**, v. 3(2), p. 121-145, 1978.
  36. MARINONE, S.G. A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. **Journal of Geophysical Research**, v. 108 (10), p. 1-27, 2003.
  37. MATSUOKA, A. Living radiolarian feeding mechanisms: new light on past marine ecosystems. **Swiss Journal of Geosciences**,v. 100, p. 273–279, 2007.
  38. MITCHEL, D.L., IVANOVA, D. RABIN, R. REDMOND, K. & BROWN, T.J. Gulf of California sea surface temperatures and the North American Monsoon: mechanistic implications from observations. **Journal of Climate**, v.15, p. 2261-2281, 2002.
  39. MOLINA-CRUZ, A. Radiolarian assemblages and their relationship to the oceanography of the subtropical southeastern Pacific. **Marine Micropaleontology**, v. 2:3, p.15-352, 1977. doi:10.1016/0377-8398(77)90016-0.
  40. MOLINA-CRUZ, A. Evolución oceanográfica de la boca del Golfo de California. **Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología**. Universidad Nacional Autónoma de México, v.13 (2), p. 95-120, 1986.
  41. MOLINA-CRUZ, A. Late Quaternary oceanography of the mouth of the Gulf of California: The polycystine connection. **Paleoceanography**, v.3 (4), p. 447-459, 1988.
  42. MOLINA-CRUZ, A., RAMÍREZ, R., CAUDILLO-BOHORQUEZ, A., TRISTÁN, M. & BERNAL RAMÍREZ, C. **Catálogo Taxonómico y Geográfico de los Radiolarios (Orden Polycystina) de la Región Central y Sur del Golfo de California**. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. B041. México, D.F. 1997.
  43. MOLINA-CRUZ, A., WELLING, L. & CAUDILLO-BOHORQUEZ, A. Radiolarian distribution in the water column, southern gulf of California, and its implication in thanatocoenose constitution. **Marine Micropaleontology**, v. 37, p. 149-171, 1999. doi: 10.1016/S0377-8398(99)00030-4.
  44. MURRAY, D. & SCHRADER, H.J. Distribution of silicoflagellates in plankton samples from the Gulf of California. **Marine Micropaleontology**, v. 7, p. 517–539, 1983.
  45. OKAZAKI, Y., K. TAKAHASHI, J. ONODERA & M.C. HONDA. Temporal and spatial flux changes of radiolarians in the northwestern Pacific Ocean during 1997-2000. **Deep-Sea ResearchII**, v. 52, p. 2240-2274, 2005.
  46. PÉREZ-CRUZ, L. Climate and ocean variability during middle and late Holocene recorded in laminated sediments from Alfonso Basin, Gulf of California, México. **Quaternary Research**, v. 65, p. 401-410, 2006. doi:10.1016/j.yqres.2006.02.003.
  47. PÉREZ-CRUZ, L. **Reconstrucción De La Variabilidad Climática En El Pacífico Tropical (Golfo De California) Durante El Holoceno Tardío**, Informe anual 2012 del proyecto DGAPA-PAPIIT IN101012, Universidad Nacional Autónoma de México, 57 p., 2012.
  48. PÉREZ-CRUZ, L. Hydrological changes and paleoproductivity in the Gulf of California during middle and late Holocene and their relationship with



- ITCZ and North American Monsoon variability. **Quaternary Research**, v. 79, p. 138-151, 2013.
51. PÉREZ-CRUZ, L. & HERGUERA-GARCÍA, J. C. Génesis de los sedimentos laminados en el Golfo de California: Implicaciones climáticas y oceanográficas. In: Caballero, M. y Ortega-Guerrero, B. (ed.) **Escenarios De Cambio Climático: Registros Del Cuaternario En América Latina I**. Universidad Nacional Autónoma de México, p.405, 2011.
52. PÉREZ-CRUZ, L., VILLAGRÁN-DE-LA-CRUZ G.E. & GÓMEZ-LIZÁRRAGA, L.E. **Radiolarios De Los Sedimentos Marinos Del Cuaternario Tardío Del Golfo De California–Paleoceanografía Y Paleoclimatología**. Serie Monografías Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, 76p, 2009.
53. PÉREZ-CRUZ, L., URRUTIA-FUCUGAUCHI, J. Holocene laminated sediments from the southern Gulf of California – Geochemical, Mineral Magnetic and Microfossil Study, **Journal of Quaternary Science**, v. 25(6), p. 989-1000, 2010.
54. PISIAS, N.G. Vertical water mass circulation and the distribution of radiolaria in surface sediments of the Gulf of California. **Marine Micropaleontology**, v. 10, p. 189-205, 1986.
55. SACHS, H. M. North Pacific Radiolarian Assemblages and their Relationship to Oceanographic Parameters. **Quaternary Research** 3, p. 73-88, 1973.
56. SANCETTA, C. Diatoms in the Gulf of California: seasonal flux patterns and the sediment record for the last 15,000 years. **Paleoceanography**, v. 10 (1), p. 67– 84, 1995.
57. STUIVER, M. & REIMER, P.J. Extended <sup>14</sup>C Data Base and Revised CALIB 3.014C Age Calibration Program. **Radiocarbon**, 35 (1): 215-230, 1993.
59. TAKAHASHI, K. Radiolaria: flux, ecology, and taxonomy in the Pacific and Atlantic. Ocean Biocoenosis Institution, Woods Hole Oceanographic (Massachusetts) USA. Ocean Biocoenosis, Third series, 310 p., 1991.
60. TORRES-OROZCO, E. **Análisis Volumétrico De Las Masas De Agua En El Golfo De California**, Baja California, Mexico, 1993, 80 p. Dissertação de Mestrado – CICESE.
61. VAN DE PAVERD, P.J. **Recent Polycystine Radiolaria from the Snellius-II Expedition**. Center for Marine Earth Science. 1995, 351 p. Tese de Doutorado – Faculty of Earth Sciences. Paleontological Museum, Free University The Netherlands.
62. WELLING, L.A., PISIAS, N.G. JOHNSON, E.S. & WHITE, J.R. Distribution of polycystine radiolaria and their relation to the physical environment during the 1992 El Niño and following cold event. **Deep-Sea Research II**, v. 43(4-6), p. 1413-1434, 1996.
63. YAMASHITA, H., TAKAHASHI, K. & FUJITANI, N. Zonal and vertical distribution of radiolarians in the western and central Equatorial Pacific in January, 1999. **Deep-Sea Research II**, v. 49, p. 2823-2862, 2002.

*Manuscrito recebido em: 24 de Julho de 2015  
Revisado e Aceito em: 12 de Agosto de 2016*