



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 451

**OSTRACODA (CRUSTACEA) DA FORMAÇÃO EL DESCANSO
(MIOCENO-PLIOCENO), SUL DO PERU: RECONSTRUÇÃO
PALEOAMBIENTAL E EVIDÊNCIAS PALEOCLIMÁTICAS**

Dissertação apresentada por:

ANDRÉS FELIPE SALAZAR RÍOS

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Inês Feijó Ramos (MPEG)

**BELÉM
2015**



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**OSTRACODA (CRUSTACEA) DA FORMAÇÃO DESCANSO
(MIOCENO-PLIOCENO), SUL DO PERU: RECONSTRUÇÃO
PALEOAMBIENTAL E EVIDÊNCIAS PALEOCLIMÁTICAS**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR
ANDRÉS FELIPE SALAZAR RÍOS

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOLOGIA.**

Data de Aprovação: 21/ 04 / 2015

Banca Examinadora:

Dr.ª Maria Inês Feijó Ramos
(Orientadora- MPEG)

Dr. Ricardo Lourenço Pinto
(Membro-UnB)

Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen
(Membro-UFGPA)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Ríos, Andrés Felipe Salazar, 1989-

Ostracoda (crustacea) da Formação El Descanso (mioceno-plioceno),
sul do Peru : reconstrução paleoambiental e evidências paleoclimáticas /
Andrés Felipe Salazar Ríos. – 2015

xiv, 99 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientadora: Maria Inês Feijó Ramos

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de
Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica,
Belém, 2015.

1. Ostracodes. 2. Andes, Cordilheira dos, Região. I. Título.

CDD 22. ed. 565.33

AGRADECIMENTOS

Agradeço a contribuição de muitas pessoas e instituições, nos aspectos técnicos e logísticos, e inclusive pessoais, que fizeram possível o desenvolvimento deste estudo; seria quase impossível nomear a todos, mas também impossível deixar de mencionar:

Ao programa de **Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG)** da **Universidade Federal do Pará** por me permitirem fazer parte do mesmo, e ao corpo docente pela paciência e hospitalidade com que me receberam.

À minha orientadora Professora **Dra. Maria Inês Feijó Ramos**, muito agradecido pela sua paciência em ajudar um estudante, que além de paleontologia de ostracodes, tinha que aprender inclusive a falar, escutar, ler e escrever em outra língua.

Ao Professor **Dr. Rômulo Simões Angelica**, naquele tempo Coordenador do Programa de Pós-Graduação, pela ajuda que recebi da sua parte para resolver as burocracias necessárias para a entrada no país e a entrada ao programa, além da sua ajuda na realização da análise de Difração de Raios X.

Aos professores **Dr. Afonso César Rodrigues Nogueira** e **Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen** pelo conhecimento transmitido nas aulas. Também agradeço a **Sra. Cleida Freitas**, Secretária do Programa do PPGG, pela sua ajuda e assistência com as dúvidas sobre aspectos relacionados ao mestrado.

À **Coordenação para o Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior (CAPES)** pela bolsa de estudos de mestrado concedida durante estes dois anos.

À família **De Souza Gaia (Sra. Marilda, Sr. Walter, Valber e Maisa)**, por permitirem a entrada em moradia de um autêntico desconhecido. Toda a sua ajuda durante este período foi imensurável para mim.

Aos meus colegas do Programa de Pós-graduação e de graduação em geologia. Especial reconhecimento merecem as doutorandas **Ana Paula Linhares Pereira** e **Anna Andressa Evangelista Nogueira**, assim como o mestrando **Felipe S'thiago Freitas Leite**; sem a companhia e ajuda deles, tanto no acadêmico como no extra-acadêmico, esta experiência teria sido diferente.

Ao **Museu Paraense Emílio Goeldi**, pela infraestrutura e por me acolherem como parte da instituição. Um especial reconhecimento ao **Dr. Hilton Tulio Costi** e a **Dra. Laura**

Miglio, por toda a colaboração e paciência com as sessões do MEV. Também agradecer à **M. Sc. Heloísa Santos Moraes**, pela sua ajuda quando precisei dela.

Ao **Smithsonian Tropical Research Institute (STRI)** em Panamá, pelo fornecimento do material da pesquisa, em especial ao Professor **Dr. Carlos Jaramillo**; agradeço também ao Professor **Dr. Jaime Escobar**, da Universidade do Norte (Colômbia), pela sua pronta ajuda com as informações relacionadas com o material, além da sua hospitalidade durante minha estadia em Baranquilla.

A todos os membros do **Instituto de Investigaciones em Estratigrafia (IIES)** da Universidade de Caldas (Colômbia), pelo fornecimento do projeto e por me impulsionarem a realizar meus estudos de mestrado. Especial agradecimento para o Professor **Dr. Andrés Pardo Trujillo**, e o **M. Sc. Diego Felipe Vallejo Hincapié**, sem suas colaborações isto não poderia ter acontecido.

Não posso deixar por fora as pessoas que pacientemente me apoiaram e animaram durante este tempo apesar da distância: minha querida família: minha mãe, **Rosalba Ríos González**, meu pai, **Jorge Arbey Salazar Marin**, meu irmão, **Carlos Mario Salazar Ríos**, minha querida namorada **Jessica Tatiana Hernández Acosta**, e minha sogra **Stella Rojas**.

*“A maioria de histórias erradas, são aquelas
que pensamos conhecer melhor, e portanto,
nunca examinamos ou perguntamos”*

Stephen Jay Gould

RESUMO

A bacia Descanso-Yauri é uma bacia do tipo intra-montanhosa localizada no sul do Peru, entre o Altiplano e a Cordilheira Ocidental dos Andes Centrais, a mais de 4.000 metros de altitude. O preenchimento sedimentar da bacia tem aproximadamente 1.500 m de espessura, com idades desde o Mioceno Inferior até o Plioceno. A análise taxonômica e morfométrica geométrica das populações de ostracodes, até agora desconhecidas do intervalo Mio-Plioceno, e em diferentes seções ao longo desta bacia, permitiu identificar 4 gêneros e 11 espécies: *Cyprideis* (8 espécies, 4 descritas como novas); *Limnocythere* (1 espécie?), *Alicenula* (1 espécie) e *Heterocypris* (1 espécie). Na seção Norte, a presença de *Cyprideis* se destaca pela maior abundância e diversidade, representada por espécies endêmicas, se propondo o termo *flock de espécies de Cyprideis* da Bacia El Descanso. A presença de endemismo em *Cyprideis* é típico em corpos lacustres estáveis por longo período de existência (*ancient lake*). A ocorrência de *Limnocythere* e *Alicenula* para o topo desta seção pode indicar uma variação na profundidade deste lago. Nas seções centrais e sul, a presença monogenérica de *Heterocypris* evidencia presença de lagos temporários. A análise de porocanais normais em *Cyprideis* indica que as condições do *ancient lake* eram dulcícolas. A possibilidade da relação das mudanças da ostracofauna com as implicações paleogeográficas e/ou paleoclimáticas são discutidas. Pesquisas recentes na bacia, com dados palinológicos e isotópicos, sugerem bruscas mudanças climáticas que tem uma relação direta com o soerguimento do *plateau* andino Norte (Mioceno Superior-Plioceno). A associação de lagos estáveis e temporários, e, provavelmente a radiação de *Cyprideis* na bacia, podem estar relacionadas a estas mudanças. A ocorrência do *flock* de espécies de *Cyprideis* da Bacia El Descanso coincidente com o declínio do *flock* da Planície Amazônica Ocidental (Mioceno) parece corresponder a estes eventos tectônicos e climáticos.

Palavras chave: Ostracodes; Andes Centrais; radiação de espécies; lago de longa duração.

ABSTRACT

The Descanso-Yauri is an intra-mountain basin located in the southern Peru, between the Altiplan and the Western Cordillera of the Central Andes, over 4,000 meters of altitude. The sedimentary fill of the basin is approximately of 1,500 m thick, with ages from the Lower Miocene to Pliocene. In this study, taxonomic and morphometric geometric analysis of ostracods, unknown until now, from various sections in the basin allowing to identify 4 genera and 11 species: *Cyprideis* (8 species, 4 described as new); *Limnocythere* (1 species?), *Alicenula* (1 species) and *Heterocypris* (1 species). In the northern of the section, greater abundance and diversity of *Cyprideis* represented by endemic species, make the term *Cyprideis* flock of El Descanso Basin appropriated, as proposed here. The endemism of *Cyprideis* is typical in long-lived lake (ancient lake). The analysis of sieve pores in *Cyprideis* indicates that the conditions of the ancient lake were freshwater. The occurrence of *Limnocythere* and *Alicenula* to the top of this section may indicate depth variation of this paleolake. In the central and southern sections, the presence of genus *Heterocypris* is associated to temporary lakes and ponds. The possible relationship between the changes in the ostracofauna with paleogeographic and/or paleoclimatic implications is discussed. Recent palynological and isotopic researches suggest that the rise of Andean Plateau causes abrupt climate changes in the Upper Miocene to Pliocene in the studied area. This assemblage of stable and temporary lakes and the radiation event of *Cyprideis* in the basin are probably related to these climatic changes. The occurrence of the flock of *Cyprideis* species of El Descanso Basin and the coincidence with the decline of the Miocene *Cyprideis* flock of western Amazon seems to correspond to these tectonic and climatic events.

Keywords: Ostracods; Central Andes; flock species; ancient lake.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Configuração morfológica e cortical atual da região sul dos Andes Peruanos. Retirado de MacQuarrie et al. (2005).....	4
Figura 2. Simulação das mudanças climáticas produzidas pelo levantamento dos Andes. Esquerda: Precipitação. Direita: Temperatura do ar. A. Estado Atual. B: $\frac{3}{4}$, C: $\frac{1}{2}$, D: $\frac{1}{4}$ do levantamento atual. E. Cenário sem levantamento. Retirado de Ehlers & Poulsen (2009).....	7
Figura 3. Carta cronoestratigráfica da região da Cordilheira Ocidental e do Altiplano. Retirado de Carlotto (2013).....	10
Figura 4. Ovo de <i>Heterocypris incongruens</i> . Retirado de Ozulug & Suludere (2012). Nota-se o desenvolvimento das duas camadas, a externa evitando a morte por dessecação. EC: Cutícula embrionária. Nota-se a camada extra do ovo. a: Depressão que limita ovos vizinhos.....	16
Figura 5. Mapa de distribuição de 62 espécies de <i>Heterocypris</i> . Retirado de Karavanovic (2012).....	16
Figura 6. Distribuição da ocorrência das espécies do gênero <i>Cyprideis</i> no Neógeno na América do Sul. Em vermelho, a área de estudo (Bacia Descanso-Yauri). Note-se a abundância e diversidade do flock do gênero na Amazônia Ocidental.....	19
Figura 7. Distribuição da ocorrência das espécies do gênero <i>Cyprideis</i> no Caribe, América Central e na América do Norte.....	20
Figura 8. Relação entre ornamentação e varias condições do entorno, como o tamanho do sedimento e concentração de íons. Retirado de Ruiz et al. (2013).....	22
Figura 9. Reconstrução filogenética de <i>Cyprideis</i> do Neógeno da Amazônia. Retirado de Muñoz-Torres et al. (2006).....	23
Figura 10. Mapa de Localização da área de estudo (vermelho) e das seções estudadas com as principais características morfotectônicas (Redesenhado de Carlotto, 2013).....	27
Figura 11. Mapa geológico local da área de estudo com destaque às seções estratigráficas estudadas (Redesenhado de Carlotto, 2013).....	28

Figura 12. Perfil sedimentar generalizado da formação El Descanso (Retirado de Carloto, 2013). Em vermelho localização aproximada na coluna generalizada das localidades contendo ostracodes. A: STRI 36558; B: STRI 36567; C: STRI 36556; D: STRI 36595.....	30
Figura 13. Afloramento da seção Huano Huano da formação El Descanso, Membro C. Fina laminação horizontal das fácies lacustres. Cortesia Dr. Carlos Jaramillo.....	32
Figura 14. Metodologia usada para análise de microfósseis calcários.....	34
Figura 15. Contornos de duas valvas com o programa Morphomatica (Linhart et al., 2006). A. Área não normalizada, mostrando os contornos em tamanho real. B. Área normalizada, mostrando os dois contornos de tamanho equivalente.....	35
Figura 16. A. Área não compartilhada (azul claro) entre dois contornos sobrepostos. Retirado de Neubauer & Linhart (2008). B. Um exemplo de tabulação das diferenças de área comparando múltiplos exemplares.....	36
Figura 17. Gráfico que mostra a relação percentual genérica da ostracofauna encontrada neste estudo.....	37
Figura 18. Vista interna da valva de <i>Cyprideis</i> . Nota-se os cristais de sobrecrescimento de calcita ao interior. Amostra STRI 36558.....	57
Figura 19. Análise de cluster para as VE fêmeas de <i>Cyprideis</i> na Bacia El Descanso. Numeração de exemplar como depositado na coleção. H: Holotipo; A: Alótipo.....	59
Figura 20. Análise de cluster para as VE machos de <i>Cyprideis</i> na Bacia El Descanso. Numeração dos espécimens como depositados na coleção.....	60
Figura 21. Diferenças geométricas nas VE das fêmeas de A. C. n. sp. 1 (n=15) e B. C. n. sp. 4 (n=5). Em cinza contorno dos exemplares, em azul se calcula a medida média da população. Nota-se a maior altura e inclinação do ângulo posteroventral no contorno da C. n. sp. 4 (Vermelho).....	61
Figura 22. Comparação geométrica entre a média das VE de <i>Cyprideis</i> n. sp. 1 (vermelho), <i>C. beaconensis</i> LeRoy, 1943 (azul) e <i>C. pascagoulensis</i> Mincher, 1941 (Cinza). A. Área não Normalizada. B. Área Normalizada.....	62

Figura 23. Comparação geométrica entre a média das VD (n=3) de <i>Cyprideis</i> n. sp. 3 (vermelho) e o holótipo de <i>C. panamenis</i> van den Bold, 1972 (azul). A. Área não Normalizada. B. Área Normalizada.....	63
Figura 24. Comparação geométrica entre a média das VD (n=4) de <i>Cyprideis</i> n. sp. 3 (vermelho) e <i>C. graciosa</i> Purper, 1979 (azul) e <i>C. pebasae</i> Purper (Cinza). A. Área não Normalizada. B. Área Normalizada.....	64
Figura 25. Comparação geométrica entre a média das VE (n=4) de <i>Cyprideis</i> n. sp. 4 (vermelho) e <i>C. aulakos</i> Muñoz-Torres et al., 1998 (azul). A. Área não Normalizada. B. Área Normalizada.....	65
Figura 26. Exemplar de <i>Cyprideis torosa</i> fortemene nodulado. Retirado de Keyser (2005)....	66
Figura 27. Resposta de <i>Cyprideis</i> à variação na salinidade. A. Frequências dos porocanais normais e sua relação com a salinidade. Retirado de Rosenfeld & Vesper (1977). B. Diferentes morfologias dos porocanais normais crivados em <i>Cyprideis</i> n. sp. 1 da Bacia El Descanso.....	68
Figura 28. Paleosalinidades estimadas da amostra STRI-36558 nas duas espécies mais abundantes, de acordo com o método proposto por Rosenfeld & Vesper (1977).....	69
Figura 29. Análise de difração de Raios X (DRX) para as amostras contendo ostracodes. Esm: Esmectita; Ill: Illita; Kln: Caolinita; Cr: Cristobalita; Qtz: Quartzo; Pl: Plagioclaso; Cal: Calcita; Py: Pirita.....	71
Tabela 1. Fatores intrínsecos e biodiversidade das Superfamílias de Ostracodes. Retirado de Martens (1994). N° de espécies retirado de Martens <i>et al.</i> (2008).....	15
Tabela 2. Análise quantitativa e qualitativa dos ostracodes nas amostras estudadas. *Note-se que das 1985 carapaças encontradas, 1861 não foram identificadas a espécie, devido à deformação e má preservação.....	38
Tabela 3. Relação comprimento/altura (L/H) de <i>Cyprideis</i> n. sp. 1 e <i>C.</i> n. sp. 2.....	45

Tabela 4. Múltiplas comparações quantitativas das VE de *Cyprideis* das fêmeas das diferentes espécies obtidas neste estudo pelo programa Morphomatica no Modo Área Normalizada. Numeração dos exemplares de acordo a coleção. H: Holótipo da espécie. A: Alótipo da espécie.....58

Tabela 5. Múltiplas comparações quantitativas das VE de machos de *Cyprideis* das diferentes espécies obtidas pelo programa Morphomatica no Modo Área Normalizada.....60

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iv
EPÍGRAFE.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. CONTEXTO GEOLÓGICO	3
2.1. HISTÓRIA DO LEVANTAMENTO DOS ANDES CENTRAIS.....	3
2.2. O LEVANTAMENTO ANDINO E AS IMPLICAÇÕES NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	5
2.3. UNIDADES TECTONOESTRATIGRÁFICAS DO ALTIPLANO E A CORDILHEIRA OCIDENTAL.....	8
2.3.1. Cretáceo.....	9
2.3.2. Paleoceno e Eoceno Inferior.....	9
2.3.3. Eoceno-Oligoceno.....	10
2.3.4. Oligoceno Superior-Mioceno.....	11
3. OSTRACODES E OS AMBIENTES LACUSTRES.....	13
3.1. OS CYPRIDOIDEOS.....	15
3.2. OS CYTHEROIDEOS.....	17
3.2.1. Gênero <i>Cyprideis</i>	17
3.2.1.1. Distribuição Geográfica do Gênero <i>Cyprideis</i> no Neógeno e Recente.....	18
3.2.1.2. Ciclo de Vida, Parâmetros Ecológicos e Radiação em <i>Cyprideis</i>	21
3.2.2. Os <i>Limnocytherídeos</i> (Gênero <i>Limnocythere</i>).....	23
3.3. OS DARWINULOIDEOS (DARWINULÍDEOS).....	24
4. OBJETIVOS.....	25
4.1. GERAL.....	25
4.2. ESPECÍFICOS.....	25

5. AREA DE ESTUDO.....	26
5.1. LOCALIZAÇÃO.....	26
5.2. A BACIA DESCANSO-YAURI (MIOCENO-PLIOCENO).....	27
5.2.1. O Membro A (Basal).....	29
5.2.2. O Membro B (Principal).....	29
5.2.3. O Membro C (Cuspidal).....	31
6. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
6.1. MATERIAL	32
6.2. MÉTODOS.....	33
6.2.1. Análise microfossilífera.....	33
6.2.2. Análise de Difração de RX.....	34
6.2.3. Análise morfométrica.....	34
7. RESULTADOS	37
7.1. DISTRIBUIÇÃO DOS OSTRACODES NAS SEÇÕES ESTUDADAS.....	38
7.2. TAXONOMIA.....	39
7.3. ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	56
7.4. PALEOECOLOGIA E PALEOSALINIDADE.....	65
7.4.1. Análise de porocanal normal em <i>Cyprideis</i>	66
7.4.1.1. Análise de Porocanal nas Seções Estudadas.....	68
7.4.2. Análise de Difração de Raios X.....	70
8. DISCUSSÕES.....	72
9. CONCLUSÕES.....	75
REFERÊNCIAS.....	76
ANEXOS.....	89

1. INTRODUÇÃO

O levantamento dos Andes centrais durante o Neógeno constitui um dos fenômenos mais relevantes da história geológica e biológica da América do Sul. Alguns modelos de paleoelevação consideram que este evento tectônico teve sua principal expressão no Mioceno superior, onde se têm estimativas de levantamento de $2,5 \pm 1,0$ Km no intervalo de $\sim 10,3 - 6,8 \pm 0,4$ Ma (Garziona *et al.*, 2006; Garziona *et al.*, 2008). Se considera que o soerguimento andino produziu extensas radiações evolutivas de diversos grupos de vertebrados no Mioceno Superior (Santos *et al.*, 2009), plantas no Plio-Pleistoceno (Hughes & Eastwood, 2006), e invertebrados, tanto na região Andina quanto na Amazônica (Hoorn *et al.*, 2010). Estas radiações foram produzidas pelo isolamento de populações por barreiras geográficas (vicariância), além de novas condições ambientais e climáticas ao longo do soerguimento da cordilheira (Särkinen *et al.*, 2012; Maldonado *et al.*, 2011; Hughes & Eastwood, 2006).

As bacias intramontanhas fornecem um registro geológico relativamente completo e coetâneo com o soerguimento da cordilheira andina, e constituem um interessante caso para estudar as variações climáticas e biológicas associadas a este evento tectônico. A bacia Descanso-Yaurí é uma dessas unidades, localizada ao Norte do Altiplano dos Andes Centrais (Margem Nordeste da Cordilheira Ocidental do Peru). O preenchimento sedimentar do Mio-Plioceno da bacia Descanso-Yaurí está definido como a Formação El Descanso (Palacios *et al.*, 1993) ou também Formação Condorama, quando consideradas as várias bacias intramontanhas do Mio-Plioceno do NE da Cordilheira Ocidental, como propõe Carlotto (2013).

Apesar do registro geológico e paleontológico relativamente completo deste tipo de bacia, até o momento poucos estudos paleontológicos têm sido desenvolvidos na mesma; estes têm se limitado a alguns grupos específicos como vertebrados (*e.g.* Tejada *et al.*, 2009) o que, somado às dificuldades na biostratigrafia e cronostratigrafia, dificulta a avaliação da relação entre a biodiversidade do Altiplano Andino com tais eventos tectônicos e climáticos; os estudos micropaleontológicos são ainda muito limitados, e têm-se até agora só estudos de moderada resolução para os níveis de diatomáceas do membro superior (*e.g.* De La Cruz, 1995). Os estudos de outros grupos de microfósseis na área ainda não foram realizados. Os pólenes, embora abundantes ao longo da sequência, bem como os gastrópodes, vestígios de plantas (sementes, frutos e folhas) e peixes, todos ainda são pouco estudados (Dr. Jaime Escobar, *pers. comm.*). O estudo de ostracodes é ainda muito ínfimo na unidade, e se limita ao reporte da presença destes e de gastrópodes (Cerpa *et al.*, 2004); nesse trabalho os autores

inferem condições lacustres ao longo do membro principal com base nos ostracodes, embora não apresentem um estudo aprofundado da taxonomia do grupo que os permitam atestar tais condições. Desta forma, o estudo taxonômico detalhado dos ostracodes é de fundamental importância para a compreensão dos paleoambientes e estabelecer uma possível relação com os eventos tectonosedimentares na região.

Os ostracodes, micro crustáceos com carapaças bivalves, podem ser encontrados em quase todos os ambientes aquáticos, ou inclusive semi-terrestres (Martens, 1994; Horne *et al.*, 2002; Ruiz *et al.*, 2013;). Estes evoluíram em uma grande variedade de espécies (Martens *et al.*, 2008), muitas delas adaptadas a um arranjo de parâmetros ecológicos específicos de salinidade, composição dos solutos, concentrações de CO₂ e O₂, pH, luz e temperatura (Curry, 1999; Smith & Horne, 2002; Ruiz *et al.*, 2013). Assim, os ostracodes são uma ferramenta muito importante na reconstrução dos paleoambientes aquáticos continentais, e têm sido extensivamente usados nas reconstruções paleoambientais e paleoclimáticas em ambientes lacustres e fluviais do Cenozóico (*e.g.* Purper, 1979; De Deckker & Forester, 1988; Muñoz-Torres *et al.*, 1998; Curry, 1999; Griffiths & Holmes, 2000; Horne & Martens, 2000; Mourguiart & Montenegro, 2002; Alin & Cohen, 2003; Laprida, 2006). Desta forma, neste trabalho, pretende-se, a partir do estudo taxonômico dos ostracodes da Formação El Descanso, verificar às condições paleoambientais que predominaram no norte dos Andes Centrais e as relações entre os eventos tectônicos e climáticos durante o Mioceno Superior-Plioceno com a biodiversidade nos ambientes aquáticos.

2- CONTEXTO GEOLÓGICO

Os Andes centrais do Peru podem ser subdivididos em diversas províncias de acordo com sua configuração morfotectônica atual, dada pela extensão da área da deformação e as características do substrato litosférico (Figura 1). A configuração morfo-tectônica dessas províncias ocorre em faixas em direção Noroeste-Sudeste, desde a costa do Pacífico: Maciço de Arequipa, Cordilheira Ocidental (Vertientes NE e SW, separadas pelo Alto de Condoroma), Altiplano (Oeste e Leste), Cordilheira Oriental, Zona Sub-Andina, e Planície Amazônica (McQuairre *et al.*, 2005; Garzione *et al.*, 2006; Garzione *et al.*, 2008; Barnes & Ehlers, 2009; Carlotto, 2013). Os limites entre estas províncias são principalmente tectônicos (falhas de escala regional), e considera-se que foram geradas a partir de blocos alóctones que colidiram na margem sulamericana durante o Meso e Neoproterozóico (*e.g.* Sistema de Falhas Cusco-Lagunillas e Urcos Ayaviri na Figura 2; Carlotto, 2013). Estas estruturas maiores responderam aos esforços tectônicos gerados durante o Cenozóico, influenciando na formação, geometria e espessura das bacias intramontanhas e o tipo de preenchimento sedimentar, assim como os diferentes ambientes sedimentares nelas presentes (Garzione *et al.*, 2008).

2.1. HISTÓRIA DO LEVANTAMENTO DOS ANDES CENTRAIS

Um dos aspectos que nos Andes Centrais tem tido maior foco nas pesquisas é o levantamento do *plateau* (que inclui o Altiplano e as Cordilheiras, ver Isacks, 1988) que ocorreu durante o Neógeno, e os processos tectônicos que o originaram (Isacks, 1988; Jaillard & Soler, 1996; McQuarrie *et al.*, 2005; Garzione *et al.*, 2006). Considera-se que os processos deformativos que deram lugar à formação de relevo topográfico nos Andes começaram no Cretáceo (Jaillard & Soler, 1996; Carlotto, 2013), mas teve sua máxima expressão no Cenozóico (Vicente, 1990). Embora durante o Eoceno Superior tenha ocorrido um aumento nas taxas de deformação (McQuarrie *et al.*, 2005), a maior mudança da altitude aconteceu no Mioceno Superior (Garzione *et al.*, 2006; Garzione *et al.*, 2008).

Entre os fatores tectônicos considerados para explicar a deformação e o soergimento da litosfera dos Andes Centrais se encontra a velocidade de movimento das placas, eventos de acreção de outros terrenos e a direção da convergência (*e.g.* Jaillard & Soler, 1996; Somoza, 1998); a movimentação para oeste da placa Sul-americana, desde o Albiano, dada pela fragmentação do Gondwana gerou uma resposta deformacional ao longo do Cretáceo-

Cenozóico (Jaillard & Soler, 1996). As estimativas de contração do tipo *fold & thrust* estima-se de 200 à 400 km (McQuarrie *et al.*, 2005), ou de 300 km, segundo Jaillard & Soler (1996).

A contração da litosfera proporcionou, por sua vez, um aumento da espessura da crosta continental, além da espessura da litosfera do manto; este último, material de alta densidade é eclogitizado (Ehlers & Poulsen, 2009) e eventualmente removido nas zonas de subducção (McQuarrie *et al.*, 2005) por possíveis processos de enfraquecimento termal, delaminação ou ablasão da placa subduzida (ver Ehlers & Poulsen, 2009 para detalhes). Independente do mecanismo, a remoção é necessária para explicar as mudanças na elevação, pois com as taxas de deformação estimadas, precisa-se de quatro vezes essa estimativa para conseguir as elevações atuais (Hoke & Garzzone, 2008). A descompensação isostática gerada pela remoção do material mantélico produz um levantamento da crosta; este processo é amplamente apoiado na literatura como o principal responsável pelo levantamento do *plateau* Andino (Platt & England, 1993; Garzzone *et al.*, 2006; Hoke & Garzzone 2008; Ehlers & Poulsen, 2009), e inclusive, é considerado como responsável pelo levantamento da Cordilheira Oriental durante o Quaternário e o Recente (McQuarrie *et al.*, 2005; Figura 1).

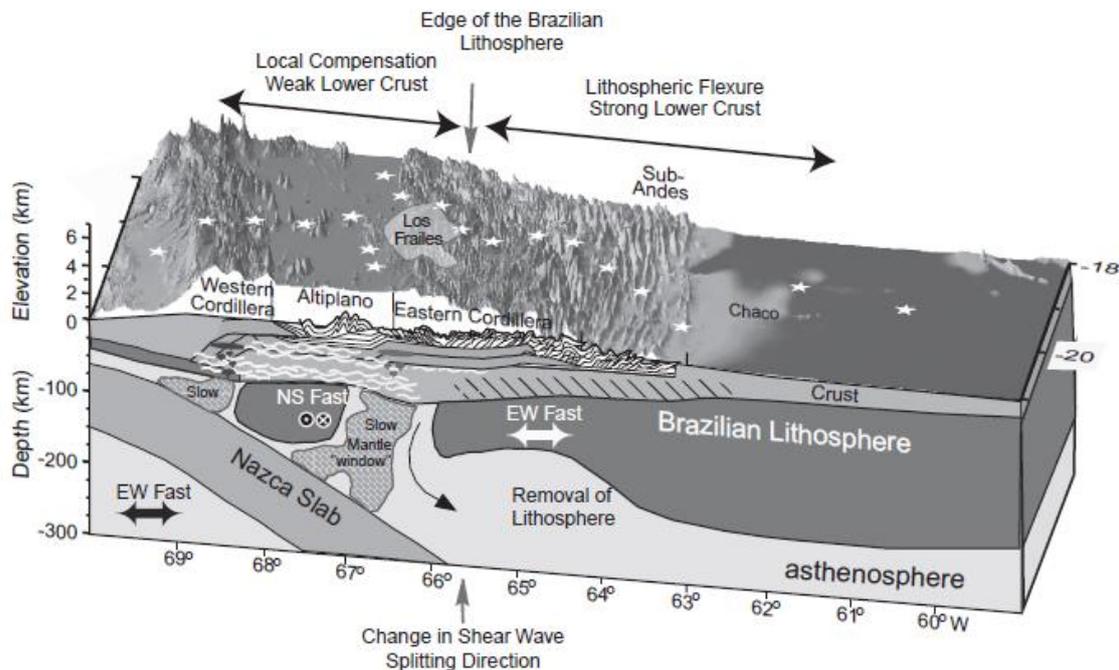


Figura 1. Configuração morfológica e cortical atual da região sul dos Andes Peruanos. Retirado de McQuarrie *et al.* (2005).

A grande diferença entre os modelos propostos está na velocidade de remoção (e portanto do levantamento), em torno da qual tem se gerado uma intensa discussão; de um lado, uma massiva delaminação envolvendo curtos e bruscos pulsos de levantamento como responsável para atingir o relevo atual (*e.g.* Garzione *et al.*, 2006; Ghosh *et al.*, 2006), e de outro, a remoção contínua e/ou de pequenos corpos implicando em um levantamento leve e contínuo (*e.g.* Barnes & Ehlers, 2009).

Nos últimos anos, estudos paleobotânicos, isotópicos, paleomorfológicos e paleoclimáticos têm sido feitos, na tentativa de inferir qual dos modelos tectônicos propostos se ajusta melhor ao registro geológico. Gregory-Wodzicki (2000) realizou uma primeira estimativa da paleoaltitude, por meio do estudo morfológico de folhas fossilizadas, para inferir as mudanças na vegetação dadas pelo levantamento topográfico (baseado em relações atualistas), e encontrou que ao redor de 10 Ma, o plateau encontrava-se à metade da elevação atual. Ghosh *et al.*, (2006) e Garzione *et al.* (2006) fizeram estudos de isótopos estáveis em rochas carbonáticas do *plateau*, usando a relação de fracionamento no ^{18}O das chuvas e a altitude. De acordo com estas estimativas, estes autores propuseram um levantamento da superfície do *plateau* na ordem de 2,5 a 3,5 Km, no intervalo de 10,3~6,8 Ma; além disso, Hoke & Garzione (2008) realizaram uma análise de paleosuperfícies, calculando estimativas semelhantes aos das análises isotópicas, e, portanto sustentando que a massiva delaminação do material mantélico seria o modelo tectônico mais plausível para a evolução do *plateau* dos Andes Centrais.

2.2. O LEVANTAMENTO ANDINO E AS IMPLICAÇÕES NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Embora os resultados de morfologia vegetal, isótopos estáveis e análise de paleosuperfícies apresentados anteriormente, se encontrem bem fundamentados, e seus resultados sugerem um rápido levantamento, a polêmica gerada pelo modelo de leves pulsos e levantamento contínuo está ainda em discussão. Por exemplo, Ehlers & Poulsen (2009) realizaram uma interessante abordagem sobre o problema, argumentando que várias das análises anteriormente mencionadas poderiam estar sujeitas a erros, ao assumir que as condições climáticas não teriam mudado no Mioceno no *plateau* em relação à atualidade, mesmo com o levantamento. Inclusive, nos trabalhos de Hoke & Garzione (2008) e Ghosh *et al.* (2006) se reconhece que esta interpretação pode estar equivocada. Além do levantamento

Andino, o clima global tem mudado de maneira considerável desde o Mioceno (*e.g. Zachos et al., 2001*), e deveria também ser um fator para ser considerado na estimativa da paleoaltitude com *proxies* climaticamente controlados.

Ainda, de acordo com o modelo climático proposto por Ehlers & Poulsen (2009), onde se simulam as possíveis mudanças na temperatura e precipitação, produzidas pela ascensão dos Andes, se mostra que na cordilheira, com a progressiva ascensão, os níveis de precipitação aumentaram até 900 mm/ano (Figura 2), e diminuíram paulatinamente a temperatura de até 24° C (Figura 2); na área amazônica se tem por sua vez uma diminuição heterogênea da precipitação, segundo o modelo de Sepulchre *et al.* (2010); dados isotópicos sugerem que para o Mioceno Médio da Amazônia a precipitação poderia ter atingido três vezes os níveis atuais suportando estes modelos (Kaandorp *et al.*, 2006). Na temperatura, estimaram que dessa diminuição de 17,5° C corresponderiam à diminuição adiabática e ~6,5° C à mudança climática associada com o levantamento. Para Ehlers & Poulsen (2009) estas mudanças climáticas associadas ao soerguimento resultariam em uma sobre-estimativa da paleoaltimetria até 1 Km.

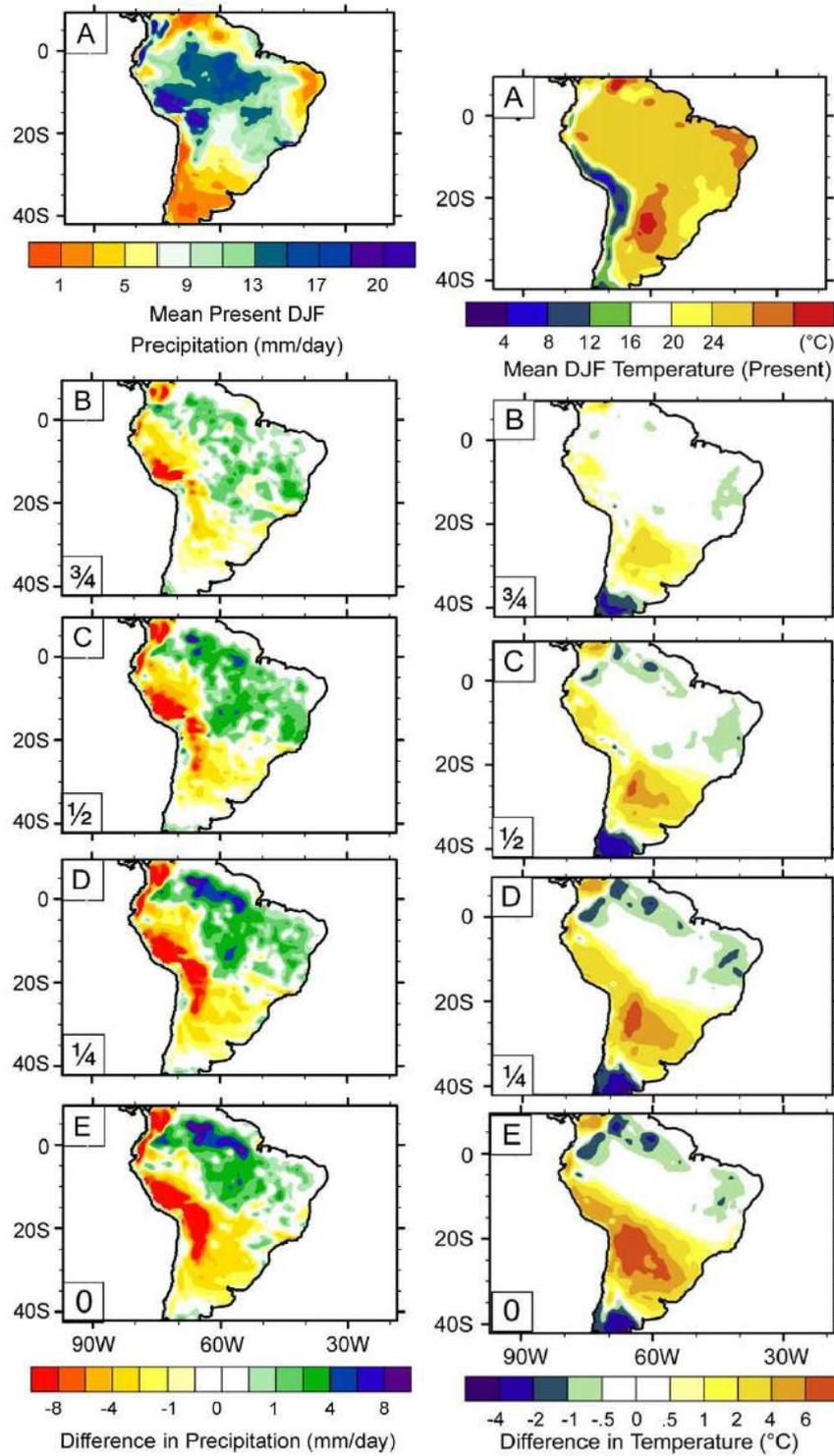


Figura 2. Simulação das mudanças climáticas produzidas pelo levantamento dos Andes. Esquerda: Precipitação. Direita: Temperatura do ar. A. Estado Atual. B: $3/4$, C: $1/2$, D: $1/4$ do levantamento atual. E. Cenário sem levantamento. Retirado de Ehlers & Poulsen (2009).

Além da magnitude das mudanças climáticas e suas implicações nas estimativas de paleoaltimetria, múltiplas outras discussões têm sido geradas sobre o tempo em que elas aconteceram. De acordo com Rech *et al.* (2006), uma mudança forte no tipo de paleosolo foi encontrado no flanco Oeste dos Andes (Vertisol para Gypsisol) o que indicaria um clima árido no que hoje é o Deserto de Atacama, no Chile, no intervalo de 19-13 Ma. Isto sugere que pelo menos a metade da Cordilheira esteve levantada nesse intervalo para gerar a barreira para a precipitação nesta área (o que provocou a aridez no flanco Oeste Andino), visto que com a ascensão da Cordilheira, a principal fonte de vapor de água é o Oceano Atlântico (Ehlers & Poulsen, 2009). Estas evidências apoiariam o modelo de soerguimento mais constante e uniforme ao longo do Cenozóico, mas estão também sujeito a crítica por parte de Hartley (2007), sugerindo que a pouca extensão desses paleosolos, além da presença conspícua de depósitos aluviais na região, posteriores a 13 Ma, sugere que essa barreira se formou depois dos 13 Ma, no intervalo de 4-3 Ma (Hartley, 2003).

Assim, visto a possibilidade de ambos os modelos propostos anteriormente serem plausíveis, tem se sugerido modelos alternativos que explicam as diferenças dos anteriores, propondo um terceiro cenário onde o levantamento pode variar nos diferentes locais (Allmendinger *et al.*, 1997; Saylor & Horton, 2014). De fato, para a área do altiplano, tem se detectado pelo meio de *multiproxies* um levantamento díspar do Sul do Altiplano (~16-9 Ma) e do Norte (onde se encontra a bacia Descanso-Yaurí) no intervalo entre 9-4 Ma (Kar *et al.*, *in press.*).

2.3. UNIDADES TECTONOESTRATIGRÁFICAS DO ALTIPLANO E A CORDILHEIRA OCIDENTAL.

As informações da estratigrafia detalhada das unidades Cenozóicas da Cordilheira Ocidental e do Altiplano Norte, no Sul do Peru, é limitada, especialmente porque muitos dos dados correspondem a dissertações de graduação que ainda não foram publicadas. A seguir se apresenta um resumo das principais características litológicas e paleoambientais do embasamento Mesozóico baseado em Jaillard & Soler (1996), e das unidades tectono-sedimentares Cenozóicas de acordo com Carlotto (2013), e referências no texto:

2.3.1. Cretáceo

O embasamento Mesozóico das bacias intramontanhosas está representado por rochas de idades desde o Valanginiano até o Maastrichtiano (Jaillard & Soler, 1996). As unidades deste intervalo caracterizam-se principalmente por argilitos laminados e calcários de origem marinha, que ao longo do Cretáceo foram predominando sobre arenitos e pelitos de ambientes continentais em um ciclo transgressivo nos Andes peruanos (Jaillard & Soler, 1996).

Para a região da Cordilheira Ocidental e do Altiplano, ao sul do Peru, esta sequência está representada pela Formação Puquín (Cerpa *et al.*, 2004; Carlotto, 2013, ver Figura 3).

2.3.2. Paleoceno e Eoceno Inferior

Durante o Paleoceno e Eoceno deu-se a deposição no Altiplano das Formações Chilca e Quilque (Figura 3), conformando 300 metros de espessura média, separadas entre si e do embasamento por uma discordância; a Formação Chilca (150 m de espessura) é composta por uma intercalação de argilitos, arenitos e conglomerados. À base, são comuns os paleosolos com camadas com carófitas, enquanto as fácies conglomeráticas apresentam restos de vertebrados; o ambiente para a formação Chilca é de uma laguna salobra costeira, composta por argilitos e pelitos associados a níveis de evaporitos, provavelmente um *sabkha* (Carlotto, 2013). A Formação Quilque, de 150 metros de espessura está composta por pelitos laminados com carófitas à base, e intercalados com corpos lenticulares de arenitos e conglomerados na porção superior; os pelitos sugerem um ambiente lacustre a transicional, enquanto os arenitos e conglomerados estão associados com um ambiente fluvial a deltaico.

Tectonicamente, durante o Paleoceno, se registra um evento de deformação do plateau, gerando a subsidência para o desenvolvimento de bacias do tipo *foreland* e *piggyback* no Sul do Perú, onde a deformação foi maior que ao Norte (Jaillard & Soler, 1996), como as bacias de Chilca e Quilque do Altiplano. Para este intervalo, a direção da convergência se dava para o Nordeste, em baixas taxas de convergência (Somoza, 1998; Pilger, 1984), o que é interpretado como o estabelecimento de uma zona de subducção normal para este período (Carlotto, 2013).

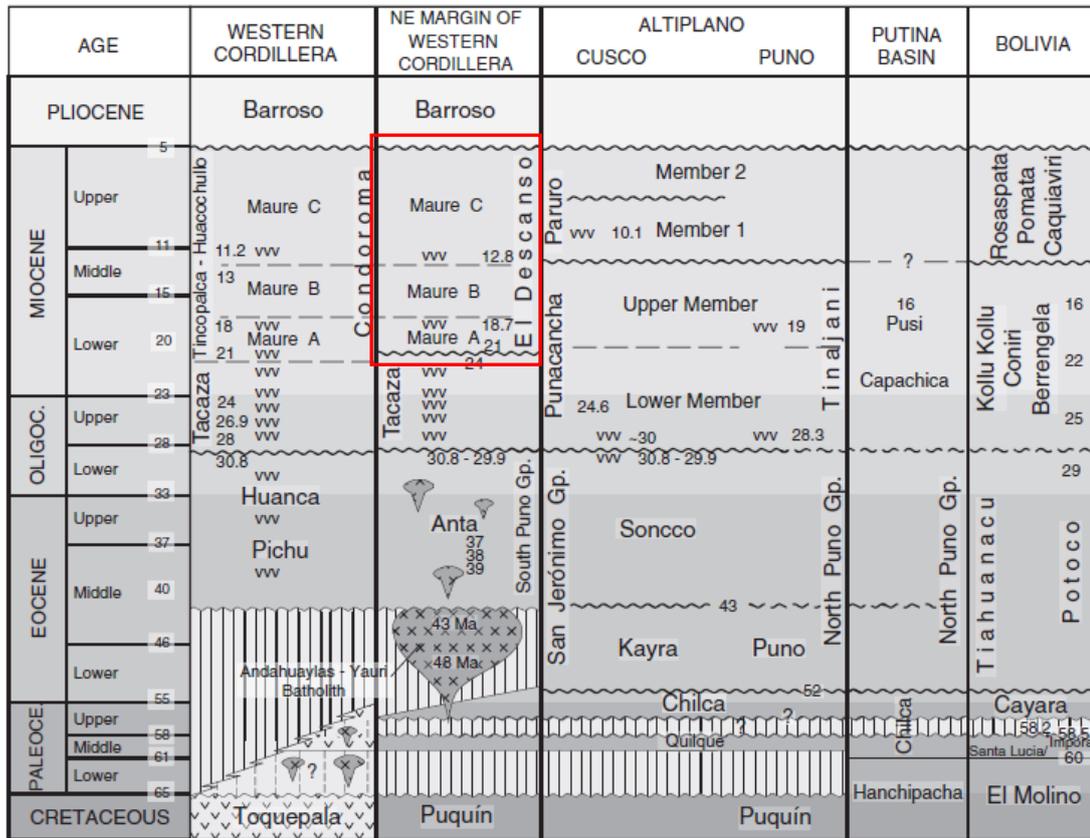


Figura 3. Carta cronoestratigráfica da região da Cordilheira Ocidental e do Altiplano. Retirado de Carlotto (2013). Em vermelho a Formação Maure (ou El Descanso).

2.3.3. Eoceno - Oligoceno

Na região do Oeste do Altiplano, e sobreposta pelo meio de uma discordância angular e/ou erosiva com o embasamento Cretáceo, aflora uma sequência de cerca de 5.000 m de espessura, conhecida como Grupo San Jerónimo (Figura 3); este por sua vez está subdividido por uma discordância nas formações Kayra e Soncco.

A formação Kayra está composta por intercalações de pelitos vermelhos e arenitos feldspáticos, enquanto que a formação Soncco está composta por pelitos, arenitos, e arenitos conglomeráticos (Carlotto 2013); ambas as sequências mostram um padrão granocrescente, e têm sido relacionadas a ambientes fluviais (canais e planícies de inundação) em um sistema progradante para o Norte-Nordeste (Cordova, 1986; In: Carlotto, 2013).

Na Cordilheira Ocidental, ao Sul dos afloramentos do Grupo San Jerónimo, aflora uma unidade conhecida como a Formação Anta, subdividida em dois membros: o Membro Inferior, composto por conglomerados mal selecionados, com clastos predominantemente vulcânicos associados a leques aluviais, intercalados com níveis de calcários; e o Membro

Superior composto predominantemente de arenitos maciços, e com laminações horizontais e cruzadas interpretado como de um sistema fluvial entrelaçado para o membro superior; os calcários representam corpos subordinados lacustres (Carlotto, 1998; In: Carlotto, 2013).

No Sudoeste da Cordilheira Ocidental afloram duas formações se sobrepondo sobre as unidades do Mesozóico, denominadas de Formação Pichu e Formação Huanca (Figura 3). A Formação Pichu está composta de conglomerados monomícticos de clastos vulcânicos intercalados com lavas de composição andesítica, com ignimbritos e brechas. A sequência conglomerática tem sido interpretada como de leques aluviais associados aos altos topográficos de vulcões (Carlotto, 2013).

No Eoceno Inferior, as baixas taxas da subdução, junto com uma compressão Nordeste-Sudoeste das estruturas principais, produziram um sistema destal, com as estruturas dominantes da região (*e.g.* Sistema de Falhas Cusco-Lagunillas; ver Área de estudo); este processo gerou o espaço de acomodação para a deposição da Formação Kayra do Grupo San Jerónimo (Carlotto, 2013). Ao longo do Eoceno, a direção da subdução foi se fazendo mais ortogonal, gerando um sistema compressivo, onde foi depositada a Formação Soncco do Grupo San Jerónimo no Altiplano; no Eoceno também é importante a atividade plutônica do Nordeste da cordilheira Ocidental (Carlotto, 2013).

2.3.4. Oligoceno Superior – Mioceno

Estas unidades estão dispostas como bacias intramontanhosas isoladas, podendo adquirir mais de 1.000 m de espessura (Cerpa *et al.*, 2004). Na região do Altiplano ocorrem três destas bacias, com suas respectivas formações homônimas: Tinajani, Punacancha e Paruro (Figura 3). A Formação Tinajani está composta por quatro membros: o Membro Basal (A), que é vulcânico composto de lavas básicas com feldespatóides; o Membro B, que têm uma tendência granodescente, predominantemente arenosa, e os Membros C e D, que são depósitos interpretados como fluviais e de planície aluvial com uma tendência progradante, onde para o topo da formação se têm ambientes mais proximais (Flores & Rodriguez, 1999; In: Carlotto, 2013).

A formação Punacancha apresenta uma sequência que pode superar os 5.000 m de espessura e subdivide-se em dois membros. O Membro Inferior (até 400 m) compõe-se de intercalações de pelitos e arenitos com uma tendência granodescente, interpretado de ambientes fluviais meandrantés; o Membro Superior, de até 5.000 m, é composto de arenitos

laminados e lentes de conglomerados, cuja associação de fácies indica um ambiente fluvial entrelaçado (Carlotto, 1998; In: Carlotto, 2013).

Na Cordilheira Ocidental, a Formação Condoroma (ou Maure) aflora nas bacias de Condoroma, Tincopalca e Huacochullo (Figura 3), no Alto do Condoroma, e para o Sul da Província da Cordilheira Ocidental do Peru (ver Área de Estudo, Figura 10). A Formação Maure é proposta como cronocorrelata e sinônima da Formação El Descanso (Carlotto, 2013) e constitui-se de conglomerados, arenitos, pelitos e localmente calcários e rochas vulcânicas de idade Oligoceno Superior – Mioceno (Carlotto, 2013). A Bacia de Condoroma, localizada a aproximadamente 40 km ao Sul da área deste estudo, tem cerca de 100 Km² de extensão; a sequência da Formação Maure, nesta bacia, é dividida em três membros; o Membro A (300 m de espessura) está composto de conglomerados com pouca seleção e arenitos com estratificação cruzada e marcas onduladas gradando para pelitos com laminação horizontal. Este membro é interpretado como um sistema aluvial e fluvial entrelaçado progradante, cuja fonte fica para o Sudeste. O Membro B (~400 m) é composto de ciclos granodecrescentes de arenitos com laminação e estratificação cruzada e pelitos massivos e laminados horizontalmente, e foram interpretados como de ambientes fluviais de alta sinuosidade com ambientes lacustres associados, cujas paleocorrentes indicam um fluxo para o Oeste. O Membro C apresenta conglomerados que são interpretados como de leques aluviais; para o centro da bacia os depósitos finos são associados com ambientes lacustres (Torres, 2011, In: Carlotto, 2013).

As bacias de Tincopalca e Huacochullo, localizadas no Nordeste da Cordilheira Ocidental, apesar de não ter muitos estudos estratigráficos, é uma sequência sobre rochas vulcânicas da Formação Tacaza (Figura 3), composta de depósitos fluviais e lacustres para o topo. Na bacia de Huacochullo, é comum encontrar depósitos retrabalhados de tufos vulcânicos e conglomerados para o topo (Rodríguez *et al.*, 2002, In: Carlotto, 2013).

3- OSTRACODES E OS AMBIENTES LACUSTRES

Dentro dos diferentes tipos de ambientes continentais e transicionais (lagos, rios, estuários, etc.), a distribuição e diversidade dos ostracodes são controladas por três fatores principais: estabilidade do ambiente (tempo de existência do nicho ecológico), características dos ecótonos (limites entre as populações) e efeitos da escala, temporal ou espacial (Smith & Horne, 2002). Assim, o termo estabilidade do ambiente deve ser entendido como a estabilidade do ambiente deposicional, e não das condições físico-químicas do ambiente em si, como a salinidade, luz, temperatura, etc., os quais podem ser extensivamente variáveis.

Portanto, os corpos lacustres continentais têm se classificado em dois grandes grupos, de acordo com seu tempo de existência e biota associada: lagos temporários e lagos permanentes; esta classificação vai além da área ou profundidade, e refere-se exclusivamente ao tempo de continuidade dos ambientes aquáticos. Os lagos temporários, como seu nome indica, tem uma duração limitada até poucas décadas, ou inclusive menor que um ano (*e.g.* Eitam *et al.*, 2004). Dentro dos lagos permanente uma diferenciação se faz necessária, pois seus tempos de duração são amplamente variáveis; se tem lagos permanente moderno cuja história se registra desde os últimos 10 mil anos (como os Grandes Lagos da América do Norte; *e.g.* Tevesz *et al.*, 1997; Fisher & Whitman, 1999), enquanto alguns lagos existem ao longo de períodos de milhões de anos pela contínua geração de espaço de acomodação. Isto somado ao desenvolvimento de grandes radiações nestes ambientes leva a denominar estes corpos como uma classe especial de lagos permanente: os *ancient lakes* (*e.g.* Cohen *et al.*, 1993; Martens 1994; Frogley *et al.*, 2002; Park & Cohen, 2011; Ozaytekin *et al.*, 2012).

Nos *ancient lake* o endemismo é habitual (Frogley *et al.*, 2002). A especiação nestes ambientes está provavelmente relacionada às oscilações no nível d'água (Cohen *et al.*, 1993; Park & Cohen, 2011), que são controlados por fatores climáticos (evaporação e precipitação) e tectônicos (geração de espaço de acomodação para a sedimentação; ver Carroll & Bohacs, 1999; Bohacs *et al.*, 2000). A mudança do nível das águas pode favorecer a separação das populações (Park & Downing, 2000). Mesmo o lago baixando seu nível, de alguma maneira deveria existir um corpo lacustre ao longo desses períodos, para que as populações que ali evoluem consigam sobreviver (Whatley *et al.*, 1998). A variabilidade das condições físico-químicas nos lagos tem sido amplamente reconhecida como à causa da especiação (Martens, 1997; Cronin & Raymo, 1997; Frogley *et al.*, 2002). De fato, se sugere que as oscilações nos ambientes lacustres estáveis poderia ser o que desencadeia o endemismo dos ostracodes (Martens, 1994; Martens *et al.*, 2008), especificamente nos *species flocks* (*i.e.* radiação de

espécies de um mesmo gênero estreitamente relacionadas entre si; *e.g.* Wouters & Martens, 2001, 2008; Gross *et al.*, 2014). Entretanto, nos ambientes lacustres efêmeros se tem pouco endemismo, devido ao pouco tempo de existência do ambiente que não favorece grandes radiações (Smith & Horne, 2002). A distribuição dos ostracodes responde, em última instância, às diversas adaptações do grupo às distintas condições continentais.

Como se observa na Tabela 1, os ostracodes lacustres são representados por três Superfamílias (cinco Famílias) principais, de acordo com Martens (1994): os Cytheroideos (que abrange os Limnocytherídeos e Cytherídeos), os Cypridoideos (Candonídeos e Cypridídeos) e os Darwinuloideos (Darwinulídeos). O endemismo não se dá de igual maneira em todos os grupos de ostracodes lacustres; assim, o maior grau dá-se principalmente nos Candonideos e Cytherideos. Excelentes exemplos podem ser encontrados nos maiores e mais antigos lagos que ainda persistem, destacando-se o lago Baikal, na Rússia, onde a ostracofauna predominante é um grande número de espécies do gênero *Cytherissa* (*e.g.* Mazepova, 1994); e o Lago Tanganyika, no Rift africano, onde se têm uma radiação do gênero *Cyprideis*, chegando a atingir o endemismo genérico, como em *Romecytheridea* e *Tanganyikacythere* (Wouters & Martens, 2001; 2008).

Os fatores intrínsecos apresentados na Tabela 1 controlam a distribuição dos ostracodes nos ambientes aquáticos continentais, sua capacidade de colonização e o desenvolvimento ou não de endemismo e radiações (Whatley, 1992; Martens, 1994). A seguir se apresenta uma breve descrição das principais características ecológicas e distribuição das principais superfamílias encontrados neste estudo. Devido à importância pela abundância e diversidade na área de estudo, se tem uma especial ênfase nas características e distribuição do gênero *Cyprideis*.

Tabela 1. Fatores intrínsecos e biodiversidade das Superfamílias de Ostracodes. Retirado de Martens (1994). N° de espécies retirado de Martens et al. (2008).

Superfamília (Família)	N° de Espécies	Habilidade de Natação	Partenogênese (P) ou Sexual (S)	Ovos resistentes à Dessecação
Cypridoidea	1550	+/-	P/S	+
(Cyprididae)	1000	+	P/S	+
(Candonidae)	550	-	P/S	?
Cytheroidea	290	-	S/P	-
Darwinuloidea	29	-	P	-

3.1. OS CYPRIDOIDEOS (GÊNERO *Heterocypris*).

Os Cypridoideos são os ostracodes mais diversos e abundantes nos ambientes continentais (Kempf, 1980, 1991, 1997; Martens *et al*, 2008; Smith *et al.*, 2011); aparecendo no registro fóssil a partir do Jurásico Médio (Whathley, 1992), bem depois que os Darwinulídeos e os Cytherídeos, e desde então dominando estes ambientes. A razão principal, segundo a discussão de Whatley (1992) & Martens (1994), é a adaptação de desenvolver ovos resistentes à dessecação (Tabela 1). Estes organismos produziram ovos com uma camada exterior extra, regular em alguns gêneros ou irregular e aburacada em outros (*e.g.* *Heterocypris*; Ozulug & Soludere, 2010), que conseguem deixar a larva em um período de latência. Estes ovos podem durar até décadas, até que as chuvas gerem novos corpos lacustres (Figura 4). Os demais grupos de ostracodes continentais não possuem em geral esta característica, e, portanto, não conseguem sobreviver e se reproduzir com a facilidade dos Cypridoideos nos ambientes temporários (*e.g.* Eitam *et al.*, 2004). A grande capacidade deste grupo em ser transportado passivamente de um lugar para outro, e não precisar totalmente da existência de um ambiente aquático para se dispersar e sobreviver faz este, por exemplo, no gênero *Heterocypris* (Figura 5), ter uma distribuição cosmopolita (Karavanovic, 2012).

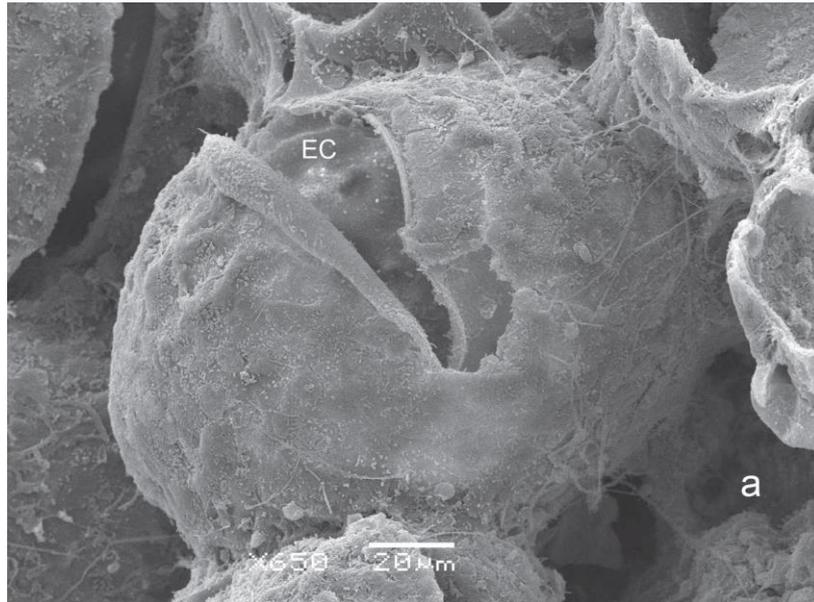


Figura 4. Ovo de *Heterocypris incongruens*. Retirado de Ozulug & Suludere (2012). Nota-se o desenvolvimento das duas camadas, tendo uma externa evitando a morte por dessecação. EC: Cutícula embrionária. Note-se a camada extra do ovo. a: Depressão que limita ovos vizinhos.

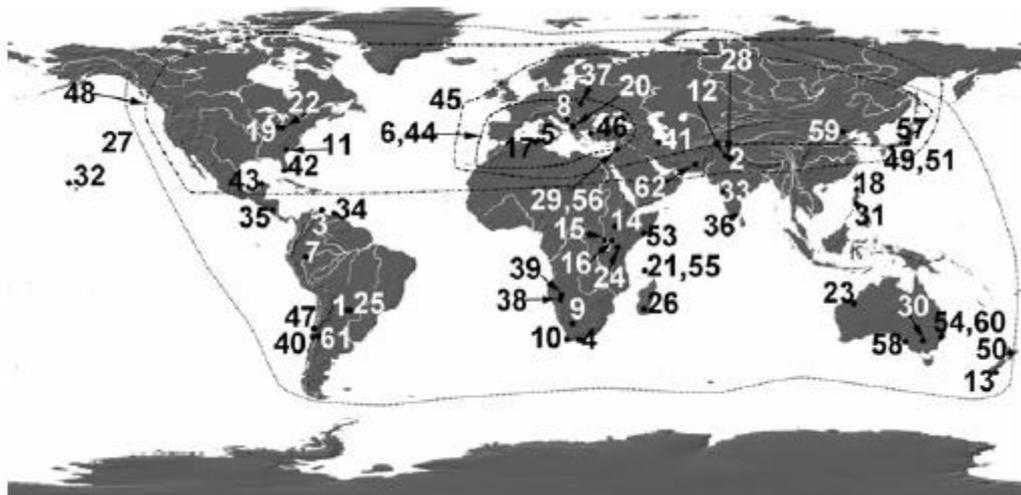


Figura 5. Mapa de distribuição de 62 espécies de *Heterocypris*. Retirado de Karavanovic (2012).

Os Cypridoideos raramente desenvolvem endemismo nos ambientes lacustres, principalmente nos corpos estáveis, onde é um grupo relativamente raro (Martens, 1994). Essa raridade é considerada como consequência do tipo de reprodução, pois os Cypridoideos se reproduzem principalmente por partenogênese (ver Tabela 1), o que reduz consideravelmente a flexibilidade do *pool* genético, diminuindo as possibilidades de adaptação e radiação nos

ambientes estáveis (Whatley, 1992; Martens, 1994). Além da reprodução, estes autores também associam a falta de endemismo com a habilidade natatória desta família, que, em parte, não favorece o isolamento das populações. A superfamília se encontra raramente associada aos ambientes de *ancient lakes*, reportando-se apenas 16 espécies, confinadas nas partes mais rasas e instáveis do Lago Tanganyika (Martens, 1994). Casos de exceção é o Lago Malawi, onde uma relativamente grande diversidade deste grupo está presente (Park & Cohen, 2011).

Embora, o fato destes organismos serem partenogênicos reduz a probabilidade de especiação (pelo limitado número dos gens onde a seleção natural poderia atuar para separar geneticamente as populações), mesmo assim, sua variabilidade genética é mais ampla que outros grupos partenogênicos (por exemplo, os Darwinuloideos). Este fenômeno é explicado pela possibilidade de hibridação interespecífica, e o desenvolvimento de machos em algumas espécies (como *Heterocypris incongruens* ou *Eucypris virens*), dando lugar a fêmeas assexuadas, mas poliplóides (Rossi *et al.*, 1996).

3.2. OS CYTHEROIDEOS (GÊNEROS *Cyprideis* E *Limnocythere*)

Até agora, não se tem registro de Cytherídeos, a exceção de alguns Limnocytherídeos que possam colocar ovos resistentes à dessecação, de acordo com Martens (1994). Isto proporciona, segundo este autor, uma vantagem crucial deste grupo a respeito do tipo de lago. Os Cytherídeos dominam em quantidade e diversidade os *ancient lakes*, provavelmente devido a constante recombinação genética derivada da reprodução sexuada (ver Tabela 1), que produz uma maior variabilidade genética, que por sua vez, favorece a especiação e adaptação a novos nichos; esta diferença pode ser crucial na competição com os Cyprididae, na colonização de ambientes estáveis.

3.2.1 Gênero *Cyprideis*

Dentro dos Cytheroideos se encontra o gênero *Cyprideis*, o qual se destaca neste estudo por sua abundância e diversidade. A seguir se apresentam as principais características biológicas deste gênero. Dentre este, a espécie que têm mais estudos por sua significância ecológica e aplicações às análises ambientais é *Cyprideis torosa* (Sywula *et al.*, 1995; Ruiz *et al.*, 2013), assim que muitas das maiores conclusões e estudos apresentados aqui correspondem a esta espécie que tem distribuição do Plioceno-Recente.

A integração do conhecimento sobre os aspectos que serão apresentados sobre o gênero *Cyprideis* permite compreender melhor o significado e as possíveis implicações da presença e padrões do gênero no registro fóssil.

3.2.1.1. Distribuição Geográfica do Gênero *Cyprideis* no Neógeno e Recente

O gênero *Cyprideis* tem sido amplamente estudado sob diferentes aspectos paleontológicos, paleogeográficos, e paleoclimatológicos devido à sua abundância ao longo dos ambientes estuarinos, costeiros e lacustres (Sandberg, 1964; Sywula *et al.*, 1995). Este gênero (especificamente *C. torosa*) é dominante nos ambientes transicionais de águas salobras do Mediterrâneo e Norte da Europa (Heip, 1976; Sywula *et al.*, 1995; Wouters, 2002), assim como à Norte da África (Wouters, 2002). Nas Américas várias espécies se encontram na borda do Atlântico, na América do Sul (Coimbra *et al.*, 2007; Laprida, 2006), ao longo do Caribe (Sandberg, 1964; van den Bold, 1976, 1986) e no Mioceno da Amazônia Ocidental (Purper, 1979; Whatley *et al.*, 1998; Muñoz-Torres *et al.*, 1998; Ramos, 2006; Gross *et al.*, 2013). As Figuras 6 e 7 mostram as ocorrências reportadas das várias espécies do gênero *Cyprideis* nas Américas.

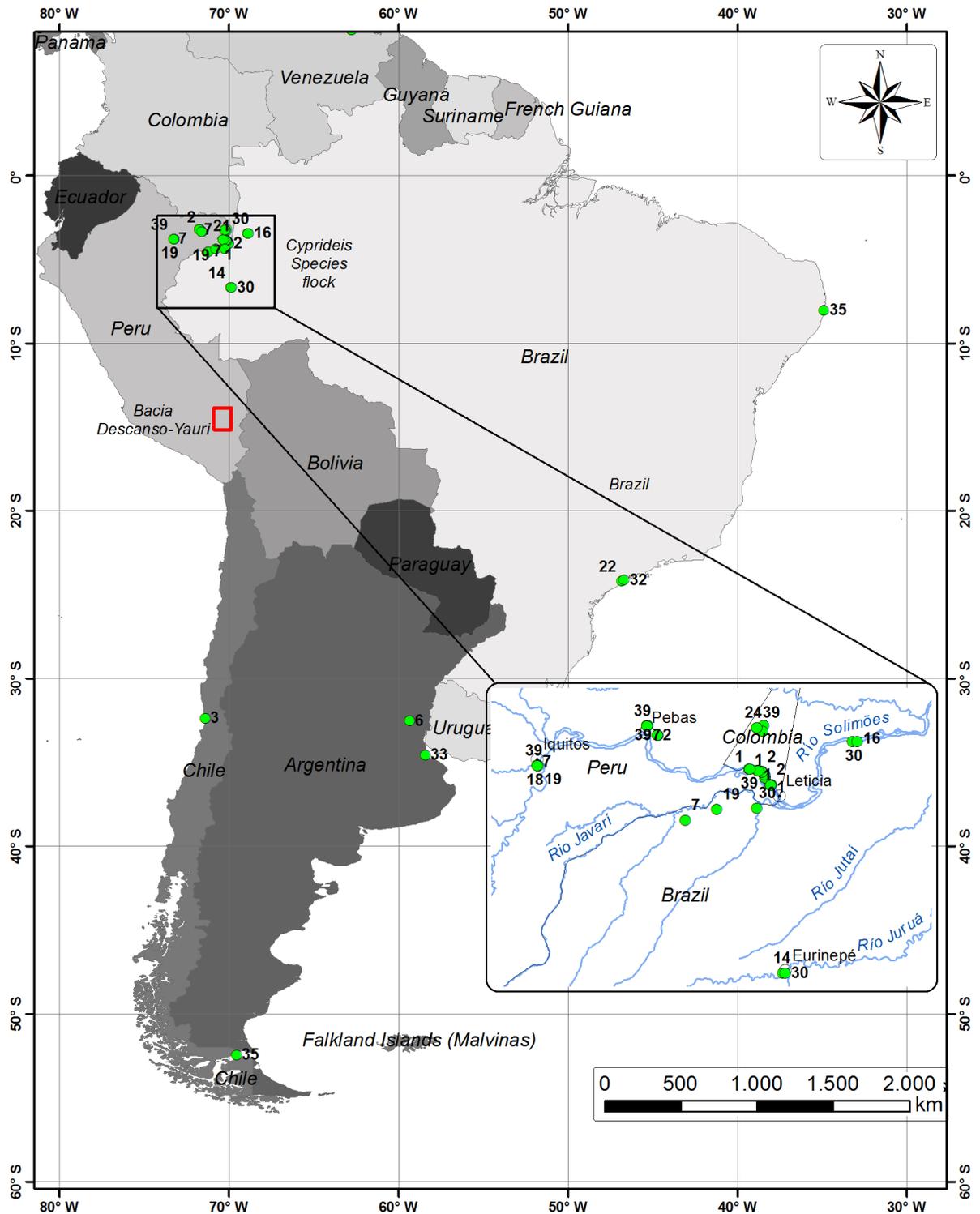


Figura 6. Distribuição das espécies do gênero *Cyprideis* no Neógeno na América do Sul. Em vermelho, a área de estudo (Bacia Descanso-Yauri). Nota-se a abundância e diversidade do flock do gênero na Amazônia Ocidental. Ver legenda a seguir.

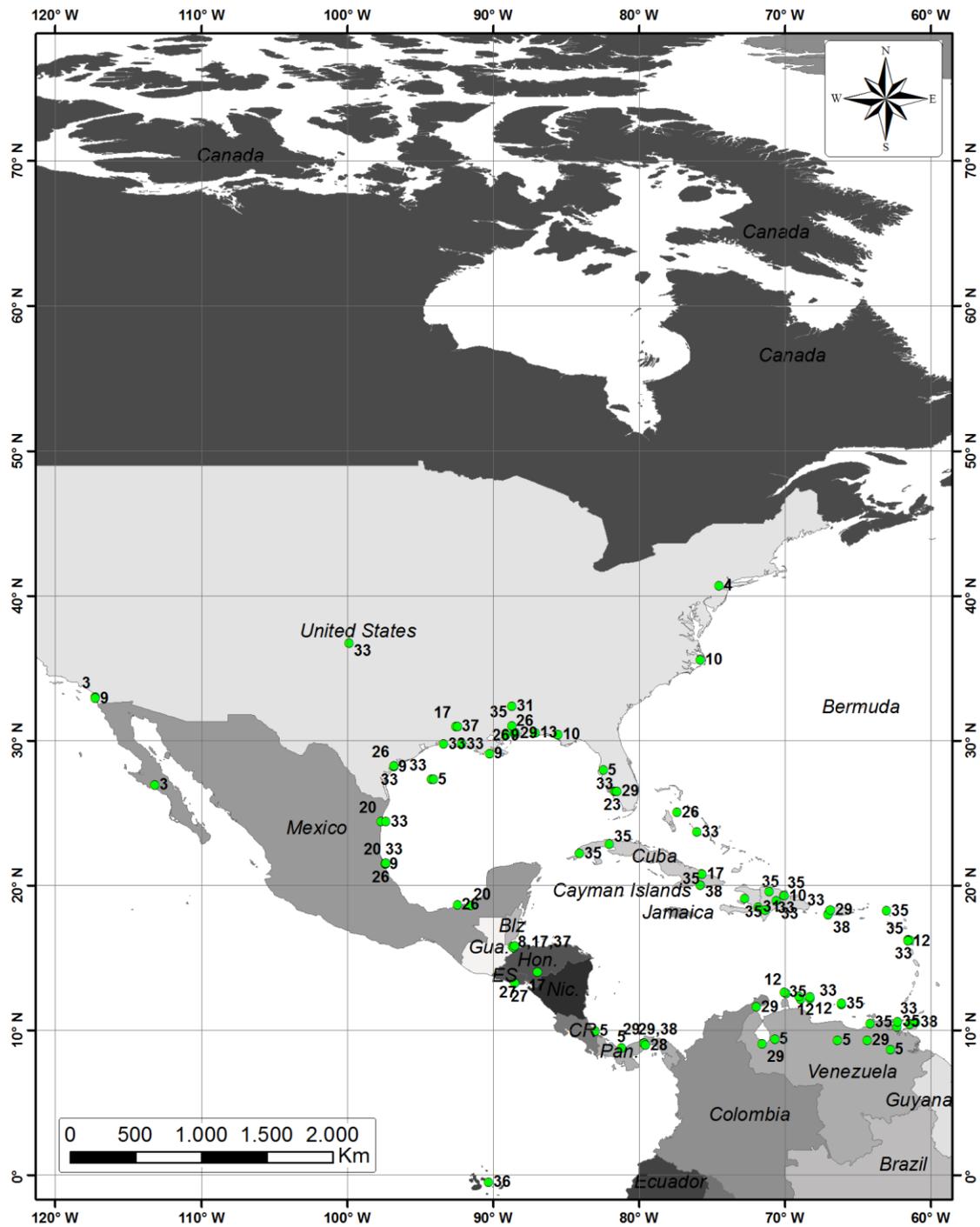


Figura 7. Distribuição das espécies do gênero *Cyprideis* no Caribe, América Central e na América do Norte. Ver legenda a seguir.

Legenda Figuras 6 e 7: 1- *Cyprideis amazonica* Purper, 1979; 2- *C. aulakos* Muñoz-Torres *et al.*, 1998; 3- *C. beaconensis* LeRoy, 1943; 4- *C. beaveni* Tressler & Smith, 1948; 5- *C. bensoni* Sandberg, 1966; 6- *C. camachoi* Rossi de García, 1966; 7- *C. caraione* Purper & Pinto, 1985; 8- *C. caribeensis* van den Bold, 1976; 9- *C. castus* Benson, 1959 ; 10- *C. curta* Edwards, 1944; 11- *C. cyrtoma* Muñoz-Torres *et al.*, 1998; 12- *C. edentata* Klie, 1939; 13- *C. floridiana* Howe & Hough, 1935 ; 14- *C. graciosa* Purper, 1979; 15- *C. inversa* Purper, 1979; 16- *C. lacrimata* Muñoz-Torres *et al.* 1998; 17- *C. locketti* Stephenson, 1935; 18. *C. longispina* Purper, 1979; 19. *C. machadoi* Purper, 1979; 20. *C. mexicana* Sandberg, 1964; 21. *C. minipunctata* Purper & Ornellas, 1991; 22- *C. multidentata* Hartmann, 1955; 23- *C. nodosa* Stephenson, 1935; 24- *C. obliquosulcata* Muñoz-Torres *et al.*, 1998; 25- *C. olivencai* Purper, 1979; 26- *C. ovata* Mincher, 1941; 27- *C. pacifica* Hartmann, 1955; 28- *C. panamensis* van den Bold, 1972; 29- *C. pascagoulensis* Mincher, 1941; 30- *C. pebasae* Purper, 1979; 31- *C. portusprospectuensis* van den Bold, 1971; 32- *C. saetosa* Hartmann, 1955; 33- *C. salebrosa* van den Bold, 1963; 34- *C. schedogymnos* Muñoz-Torres *et al.*, 1998; 35- *C. similis* Brady, 1869; 36- *C. stenopora* Triebel, 1956; 37- *C. stephensoni* Sandberg, 1964; 38- *C. subquadraregularis* Brady, 1870; 39- *C. sulcosigmoidalis* Purper, 1979. Dados de localização de Sandberg (1964); Rossi de García (1966); van den Bold (1976); Purper (1979); Muñoz-Torres *et al.* (1998); Laprida (2006); Ramos (2006); Gross *et al.* (2013).

3.2.1.2. Ciclo de Vida, Parâmetros Ecológicos e Radiação em *Cyprideis*

Heip (1976) realizou uma análise da população de *C. torosa* na Europa durante 4 anos consecutivos; nesta região temperada, observou que esta espécie se reproduz uma vez por ano, e sua abundância parece estar relacionada com as maiores temperaturas (Rieradevall & Roca, 1995), apesar de que, este gênero pode sobreviver em condições de temperatura de até 4 °C (Gross *et al.*, 2008). De acordo com Vesper (1975), as diferentes ornamentações das carapaças de *Cyprideis torosa* têm uma íntima relação com as variações de salinidade. Porém, além da salinidade, outros fatores também têm sido relacionados com as variações na ornamentação das valvas, como o tipo de sedimentação e o tamanho de grão (Bodegart, 1983; Ruiz *et al.*, 2013); carapaças com maior ornamentação estão relacionadas a um tamanho de grão do sedimento mais grosso (areia grossa), da mesma maneira, a sedimentação detrítica favorece as formas ornamentadas, enquanto a sedimentação química favorece as formas lisas; segundo estes autores, além destes fatores, os níveis de oxigênio também são um fator que determina o tipo de ornamentação (Figura 8).

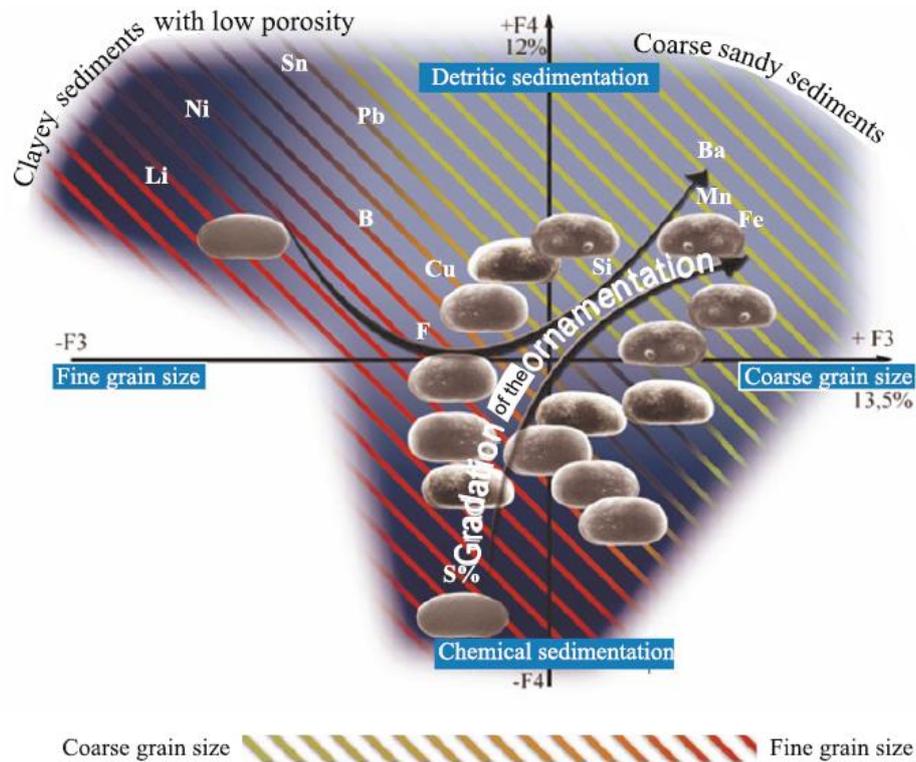


Figura 8. Relação entre ornamentação e varias condições do entorno, como o tamanho do sedimento e concentração de íons. Retirado de Ruiz et al. (2013).

As zonas salobras litorâneas, onde o gênero *Cyprideis* prospera com maior facilidade, estão caracterizadas pela alta abundância e baixa diversidade do gênero (Coimbra *et al.*, 2007); apesar disto, eventos de radiação neste gênero foram registrados em ambientes lacustres e fluvio-lacustres: um exemplo eloquente do endemismo deste gênero se encontra no *ancient lake* Tanganyika (Frogley *et al.*, 2002), no Vale do Rift Africano, onde atualmente se têm 17 espécies de *Cyprideis*, das quais 16 são endêmicas (Wouters & Martens, 2001; 2008). Padrão de grande radiação também foi encontrado nas associações de *Cyprideis* do Neógeno (*Cyprideis flock*) da Amazônia Ocidental (Whatley *et al.*, 1998; Ramos, 2006; Muñoz-Torres *et al.*, 2006; Gross *et al.*, 2013, 2014). Muñoz-Torres *et al.* (2006) faz um levantamento dos registros do gênero nas Américas, e encontraram que apesar do grande número de localidades e espécies reportadas no continente Americano, esta radiação não tem semelhante na sua escala (Figura 9).

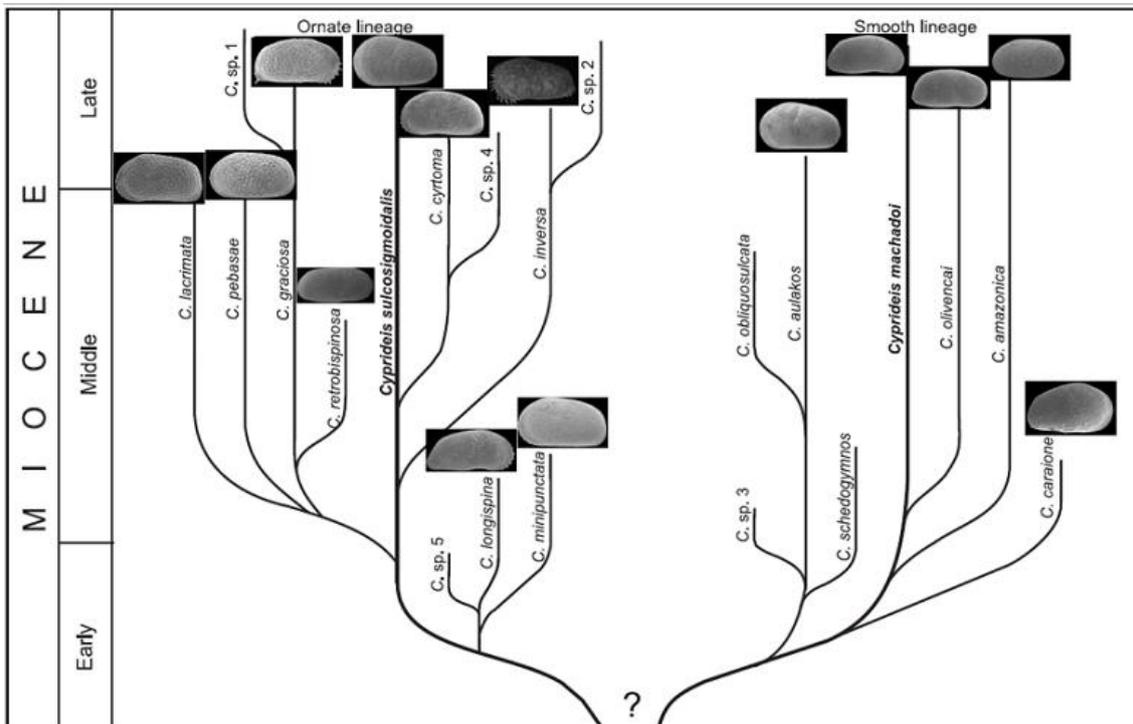


Figura 9. Reconstrução filogenética de *Cyprideis* do Neógeno da Amazônia. Retirado de Muñoz-Torres et al. (2006).

3.2.2 Os Limnocytherídeos (Gênero *Limnocythere*)

Os Limnocytherídeos estão adaptados a vários ambientes continentais. Na atualidade, no Altiplano dos Andes Centrais, uma grande diversidade de espécies desta família tem se encontrado nos mais diversos ambientes, tanto nos estáveis, como o Lago Titicaca, quanto nos temporários, como o Lago Poopo (Mourguiart & Montenegro, 2002). Por um lado, a capacidade de gerar ovos resistentes à dessecação por algumas espécies possibilita a colonização de ambientes temporários por parte deste grupo (ver Martens, 1994); além disso, a capacidade de reprodução sexual permitiu também a adaptação para ambientes lacustres estáveis. A diversidade deste grupo na região do Altiplano é considerável, com quatro gêneros e 19 espécies descritas, constituindo-se na fauna de ostracodes mais diversa desta região na atualidade (Mourguiart & Montenegro, 2002), além de outras ocorrências no Pleistoceno (Purper & Pinto, 1980), constituindo-se no gênero representativo do Neógeno desta área.

Em relação à profundidade, nos ambientes de *ancient lake*, a maior abundância e diversidade neste grupo têm sido associadas aos ambientes rasos. Por exemplo, no lago Titicaca, a maior abundância dos diversos taxa encontra-se entre ~5-10 metros de profundidade, com salinidades geralmente baixa, porém algumas espécies podem resistir até

60 PSU (Mourguiart & Montenegro, 2002). No lago Malawi, está associado aos níveis mais rasos e salinos, tendo uma relação inversa com a presença dos Cypridoideos da família Cypridopsinae, de águas mais profundas e dulcícolas (Park & Cohen, 2011).

3.3. OS DARWINULOIDEOS (DARWINULIDEOS).

Esta superfamília ressalta por ser exclusivamente continental, e pela sua relativamente baixa diversidade, reconhecendo-se apenas 29 espécies ao redor do mundo (Martens *et al.*, 2008). Apesar da baixa diversidade e a relativamente pouca abundância, é de grande importância ecológica, devido a que são considerados assexuados ao longo da maior parte da sua existência, fornecendo um estudo de caso à compreensão da evolução em animais assexuados, além da definição do conceito de espécie para estes animais (Martens *et al.*, 2005). Porém Smith *et al.* (2006) encontraram três exemplares que corresponderiam a machos de Darwinulídeos, enfraquecendo, ao menos parcialmente, a hipótese de uma superfamília totalmente assexuada, embora o papel destes machos na reprodução é ainda duvidoso por estes autores. Análises moleculares sugerem um *pool* genético relativamente limitado para este grupo (Schön & Martens 2003), apoiando a predominância de reprodução assexuada.

A distribuição dos Darwinuloideos na atualidade é mundial, com a exceção da Antártica (Karavanovic, 2012). A sua incapacidade para produzir ovos resistentes à dessecação, ou outro tipo de mecanismo de dispersão eficiente, indica que essa distribuição pode ser o produto da deriva continental, pois os Darwinulídeos colonizaram os ambientes não marinhos durante o Paleozóico (Whatley, 1992).

Os Darwinuloideos podem estar associados a vários ambientes, desde flúvias (canais e meandros abandonados), lacustres, e inclusive, intersticiais e semiterrestres (*e.g.* Pinto *et al.*, 2004, 2005). Nos ambientes de *ancient lake* são relativamente escassos, limitando-se às áreas mais rasas dos lagos, com populações igualmente baixas, como no Lago Titicaca (Mourguiart & Montenegro, 2002) e no Lago Malawi (Frogley *et al.*, 2002). Para Frogley (*op cit.*) a presença destes ostracodes nos ambientes estáveis é inesperada, pois na competição para se adaptar a ambientes complexos, os ostracodes sexuais teriam a vantagem para colonizar esses ambientes.

4. OBJETIVOS

4.1. GERAL

Determinar a evolução paleoambiental ao longo do Mioceno Superior e Plioceno da Formação Descanso-Yaurí, no contexto do levantamento dos Andes Centrais, pelo meio do estudo taxonômico dos ostracodes e verificar as evidências climáticas associadas.

4.2. ESPECÍFICOS

- Identificar os gêneros e espécies de ostracodes da área de estudo;
- Realizar a reconstrução paleoecológica da Formação El Descanso através dos gêneros e espécies de ostracodes encontrados nas amostras analisadas;
- Estabelecer a relação da distribuição dos gêneros e espécies de ostracodes nas diferentes seções estudadas com as condições paleoambientais;
- Verificar as possíveis condições paleoclimáticas pelo meio de análise de argilas e outros minerais com difração de raios X e relacionar com a ostracofauna;
- Identificar a relação das variações paleoambientais com as mudanças climáticas durante o Mio-Plioceno, no contexto do levantamento dos Andes Centrais;
- Avaliar a biodiversidade de ostracodes da Formação El Descanso em termos de radiações e endemismo das suas espécies.

5. ÁREA DE ESTUDO

5.1. LOCALIZAÇÃO

A área de estudo localiza-se ao sul dos Andes Peruanos, entre as regiões do Altiplano e a margem nordeste da Cordilheira Ocidental, dos Andes Centrais do Peru (Figura 10); mais precisamente no departamento de Cusco, a 25 km ao sul da cidade de Sicuaní, entre as localidades de El Descanso, Checca e Yaurí, e à aproximadamente 130 km ao noroeste do Lago Titicaca. A área é denominada de *Plateau* dos Andes Centrais, definido como uma área semiplana, limitada nos seus extremos por áreas de relevo positivo, e dissecada por um sistema de drenagens (Garziona *et al.*, 2008).

Na atualidade a Bacia El Descanso encontra-se em uma área topograficamente elevada na Cordilheira dos Andes onde o Membro Superior da formação El Descanso está a mais de 4.000 metros de altitude (Cerpa *et al.*, 2004; Carlotto, 2013).

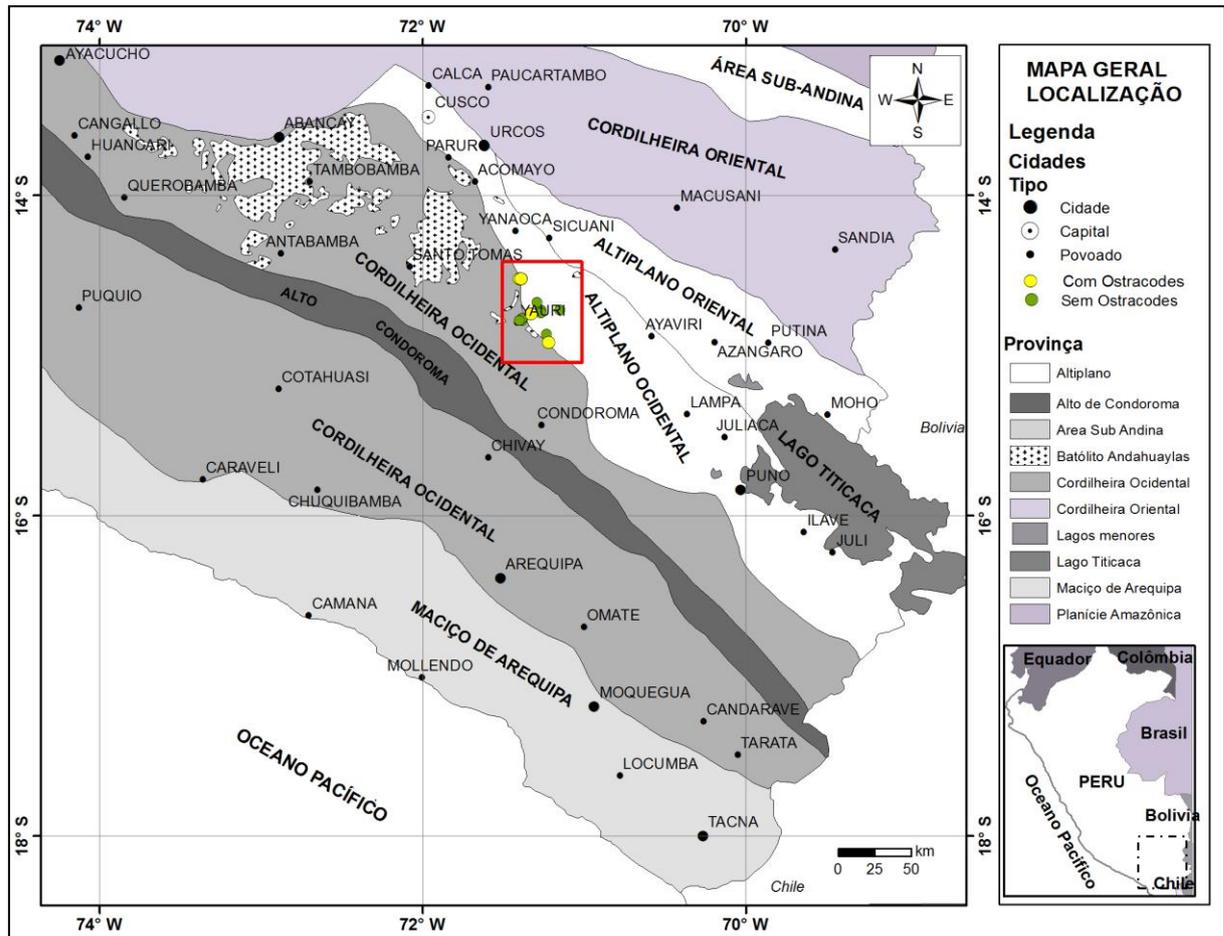


Figura 10. Mapa de Localização da área de estudo (vermelho) e das seções estudadas com as principais características morfo tectônicas (Redesenhado de Carlotto, 2013).

5.2. A BACIA DESCANSO YAURÍ (MIOCENO-PLIOCENO).

A bacia Descanso-Yaurí, é uma bacia de tipo intramontanhosa de aproximadamente 2.000 km² de extensão que apresenta uma direção preferencial noroeste – sudeste, paralela às falhas e províncias principais da região (Figura 11), localizada no limite entre o flanco Oeste do Altiplano e a Cordilheira Ocidental (Figura 10). A unidade é delimitada, por sua vez, pelo Sistema de Falhas de Cusco Lagunillas, ao oeste da Falha principal deste sistema, e á leste da Falha Descanso. Esta bacia é considerada como parte da margem nordeste da Cordilheira Ocidental, por Carlotto (2013), embora sua proximidade com o Altiplano.

A Formação El Descanso (ou Maure) se sobrepõe, em discordância angular, as Formações Anta e o Batólito de Andahuaylas na Cordilheira Ocidental, e as Formações Ayabacas e Puquín no Altiplano (Cerpa *et al.*, 2004). Encontra-se limitada pelas Falhas Descanso ao Nordeste e Cusco-Lagunillas ao Sudoeste (Figura 11).

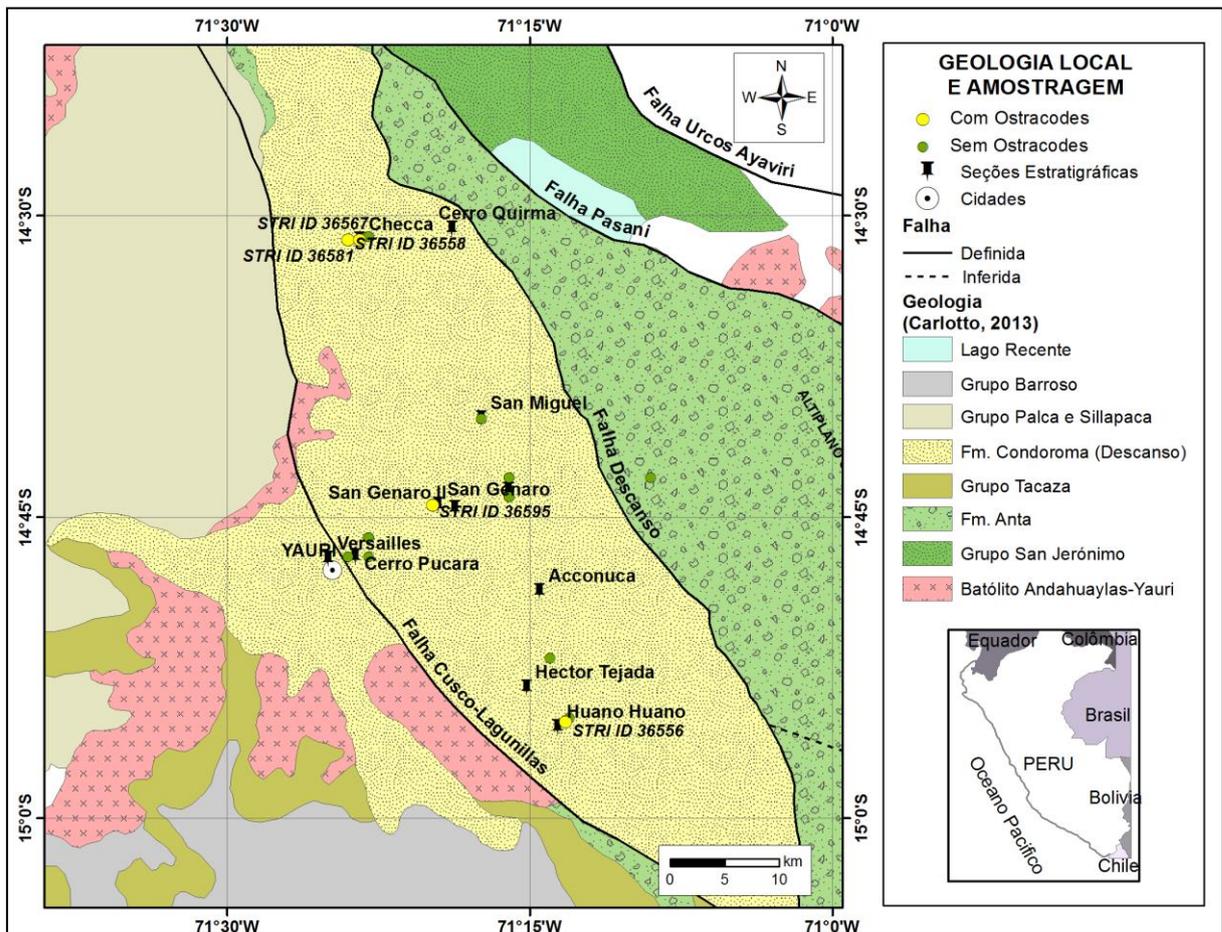


Figura 11. Mapa geológico local da área de estudo com destaque às seções estratigráficas estudadas (Redesenhado de Carlotto, 2013).

A espessura mínima da sequência é de 50 m, no Nordeste, embora a totalidade da sequência abranja 1.200 metros de espessura. A sequência pode se dividir em três membros, os quais estão separados por depósitos espessos de rochas vulcânicas piroclásticas datadas em ~18,7 Ma (Cerpa *et al.*, 2004) e ~12 Ma (Figura 12), embora novos dados cronoestratigráficos na bacia sugere um registro do Mio-Plioceno para a parte superior da sequência, com idades

aproximadas entre 9-4 Ma (Kar *et al.*, *in press*). A seguir apresenta-se uma descrição litológica e estratigráfica sucinta conforme descrição de Cerpa *et al.* (2004).

5.2.1. O Membro A (Basal)

Compõe-se por espessos pacotes de conglomerados e arenitos de grão grosso, com aproximadamente 100 m de espessura (Cerpa *et al.*, 2004), embora Carlotto (2013) mencione sua espessura aproximada em 300 m. Os clastos estão compostos por rochas calcárias, vulcânicas, e em menor proporção, quartzitos e outros clastos de rochas sedimentares (Cerpa *et al.*, 2004). Este membro basal predomina sobre a margem Nordeste da bacia, e a análise de fácies conduziu a inferir ambientes de leques aluviais para o Norte, progredindo para o Sul, e um sistema fluvial entrelaçado para o Sudoeste da bacia. As análises de paleocorrentes indicam uma direção predominante à Sudoeste para as correntes no sistema aluvial e fluvial (Figura 12), assim como uma diminuição progressiva do tamanho dos clastos para o Sudoeste, indicando que a atividade tectônica predominou no setor Nordeste da bacia (Cerpa *et al.*, 2004).

5.2.2. O Membro B (Principal)

Se limita do membro A por uma superfície erosiva e pela deposição da Toba Ocuvi (18,74 ± 0,19 Ma; Ar/Ar sobre Biotita; Boudesseul *et al.*, 2000. In: Cerpa *et al.*, 2004) compreendendo o membro de maior espessura, com um máximo de 700 m registrados no setor Norte da Bacia; as fácies são principalmente conglomeráticas e arenosas, associadas com um sistema fluvial entrelaçado com leques aluviais no Norte; no setor central da bacia, observa-se que o sistema fluvial muda para fácies de areia média a fina, com a presença de lama, e a típica sequência granodecrescente de um ambiente fluvial meandrante, com a presença também de alguns lagos onde predominam os sedimentos pelíticos (Cerpa *et al.*, 2004). Dentre estes lagos observa-se a presença de gastrópodos e ostracodes, mas estes não foram estudados taxonomicamente, embora Cerpa (*op. cit.*) associa suas ocorrências como evidência de ambientes lacustres (Figura 12). Os dados de paleocorrentes sugerem que a maioria das correntes tinha uma direção para o Norte-Noroeste no final da sequência, mas com alguns padrões em direção contrária (Sul) na base da sequência.



Figura 12. Perfil sedimentar generalizado da formação El Descanso (Retirado de Carloto, 2013). Em vermelho localização aproximada na coluna generalizada das localidades contendo ostracodes. A: STRI 36558; B: STRI 36567; C: STRI 36556; D: STRI 36595. Ver Anexo A.

5.2.3. O Membro C (Cuspidal).

O membro C ou Cuspidal tem, em média, 500 m de espessura, e está limitado do Membro B pelo Tufo Yaurí, datado por Cerpa *et al.* (2004) em aproximadamente 12 Ma embora novos dados sugerem uma idade de 9 Ma para este limite (Kar *et al.*, *in press*). Tem uma espessura variável entre 50-230 m e aflora principalmente no setor Sudoeste da bacia. Compõe-se de conglomerados polimícticos, na sua parte basal (com clastos de calcários, rochas vulcânicas, arenitos e quartzitos); posteriormente ocorrem fácies indicativas de ambientes fluviais meandrantés e o soerguimento de corpos de pelitos com laminação fina horizontal associada a sedimentos lacustres para o topo da sequência (Figura 12). O membro cuspidal registra também uma migração dos ambientes de leques aluviais para a região Sul, cuja análise de paleocorrente indica uma direção Norte. Concomitante a este evento se desenvolve um sistema fluvial com a mesma direção e o desenvolvimento de um corpo lacustre para o Noroeste da bacia (Cerpa *et al.*, 2004). Em geral os corpos lacustres espalham-se e tornam-se o ambiente predominante na bacia durante a deposição deste membro (Figura. 13). Várias evidências sugerem que estes ambientes lacustres sofreram mudanças ambientais como consequência da variação na precipitação, a exemplo das associações de diatomáceas que indicam variações na salinidade, de água doce à salgada (Cerpa *et al.*, 2004), apesar das espécies não serem especificadas nem localizadas na sequência. Também se observa a presença de vários tipos de argilas, como a esmectita e a vermiculita, onde a presença destes minerais tem um significado muito grande na evolução destes paleolagos, pois indica fortes mudanças nos níveis das águas por efeito da evaporação (Cerpa *et al.*, 2004).

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1. MATERIAL

As amostras para o presente estudo foram cedidas pelo *Smithsonian Tropical Research Institute* e provêm de oito seções estratigráficas ao longo da bacia, compreendendo um total de 26 amostras (Anexo A). As amostras contendo ostracodes se localizam no Membro C nas Seções Checca (Norte), San Genaro (Centro) e Huano Huano (Sul) da Formação El Descanso (Figuras 12 e 13) e correspondem geralmente a diatomitos e pelitos intercalados com arenitos finamente laminados, de moderada a baixa consolidação.



Figura 13. Afloramento da seção Huano Huano da formação El Descanso, Membro C. Fina laminação horizontal das fácies lacustres. Cortesia Dr. Carlos Jaramillo.

As amostras foram processadas pelos métodos convencionais para microfósseis calcários seguindo a metodologia estandardizada para estes casos, descrita por Wanderley (2010) e detalhados a seguir (Figura 14):

6.2. MÉTODOS

6.2.1. Análise Microfossilífera

- Tritura-se a amostra, preferencialmente nos planos de estratificação para não danificar ou quebrar os microfósseis.
- Coloca-se a amostra de molho em água destilada se estiver com muito baixa consolidação, ou, caso contrário, em uma solução com peróxido de hidrogênio a 35% em volume para auxiliar na desagregação da amostra.
- Peneiram-se as amostras em malhas diversas (32, 60, 80 e 120 *mesh*), e seca-se em uma estufa à 65°C. Posteriormente, pesa-se o material.
- Observação: Para evitar a contaminação das amostras, durante o processo de peneiramento adota-se a metodologia de Then & Dougherty (1983), pela qual, utiliza-se uma solução com azul de metileno por cerca de 3 minutos nas peneiras (Figura 14-3). Estas são posteriormente cuidadosamente lavadas em água.
- Posteriormente, depois do banho em azul de metileno, coloca-se as peneiras aproximadamente 12 minutos no aparelho de ultrassom (Figura 14-3).
- Após a preparação das amostras, tria-se o material com o uso de microscópios estereoscópicos e cola-se em lâminas quadriculadas, para a posterior análise quantitativa e qualitativa de cada amostra.
- Selecionam-se os exemplares mais representativos e melhor preservados das espécies encontradas para sua posterior fotografia em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV); neste estudo utilizou-se uma voltagem de 10 KV e um microscópio eletrônico LEO modelo 1450VP.

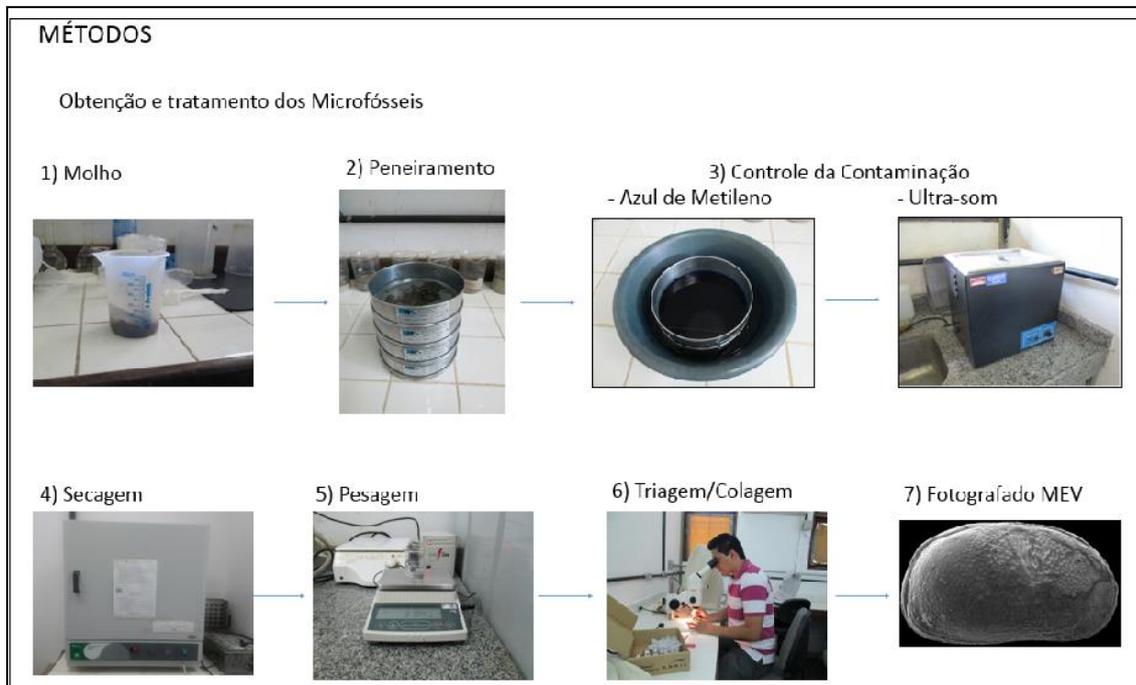


Figura 14. Metodologia usada para análise de microfósseis calcários.

6.2.2. Análise de Difração de Raios X

As amostras contendo ostracodes foram submetidas à análise de Difração de Raios X (DRX), com o equipamento do laboratório de DRX do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará. Aproximadamente 1 gr de amostra é triturada, o mais fino possível em morteiros de ágata, e montada em plataformas standar para a difração e identificação mineral. Os difractômetros são construídos com o programa PANalytical X'pert PRO.

6.2.3. Análise Morfométrica

A análise morfométrica em espécimens de *Cyprideis* foi utilizada para a diferenciação entre as espécies, devido à grande similaridade morfológica entre elas. Neste caso se realizou um estudo morfométrico geométrico o qual considera o contorno dos exemplares.

Nesta análise se selecionaram os melhores exemplares das valvas esquerdas (o gênero *Cyprideis* possui valvas assimétricas), evitando-se os exemplares quebrados ou deformados. Estes são digitalizados com o programa Phothoshop CS3; as imagens são processadas com o programa de digitalização Tps (Rohlf, 2001) seguindo o procedimento recomendado por Strake (2008). As linhas do contorno digitalizadas são colocadas no programa Morphomatica versão 1.6 (Linhart *et al.*, 2006), usando dois modos: a Área não normalizada (Figura 15A)

que plota as linhas externas no tamanho real das valvas e a Área normalizada, modo que permite ver os contornos das valvas com um tamanho equivalente entre elas (Figura 15B), e permite reconhecer as diferenças existentes nos contornos. A análise teve duas etapas:

- A primeira fase é a observação intrapopulacional e descrição das diferenças entre as valvas da população de *Cyprideis*, isto é, fazendo a comparação unicamente dos contornos da população na Bacia Descanso-Yaurí. Como resultado se obtém categorias discretas de grupos semelhantes entre si, que junto com as características taxonômicas permite a discriminação das espécies. As diferenças entre as valvas são quantificadas em Morphomatica, calculando a Área não compartilhada dada por múltiplos contornos (Figura 16A). Se obtém então uma tabela com as diferenças entre os exemplares (Figura 16B), que é colocada no programa PAST (Hammer *et al.*, 2001), onde se realiza um Dendrograma para observar as diferenças (Análise de cluster). Neste estudo se usou o Algoritmo *Pairwise* e a medida de Similaridade no modo *Euclidean*. Para maiores detalhes sobre este método e uma exemplificação do mesmo, ver Ligios & Gliozzi (2012).

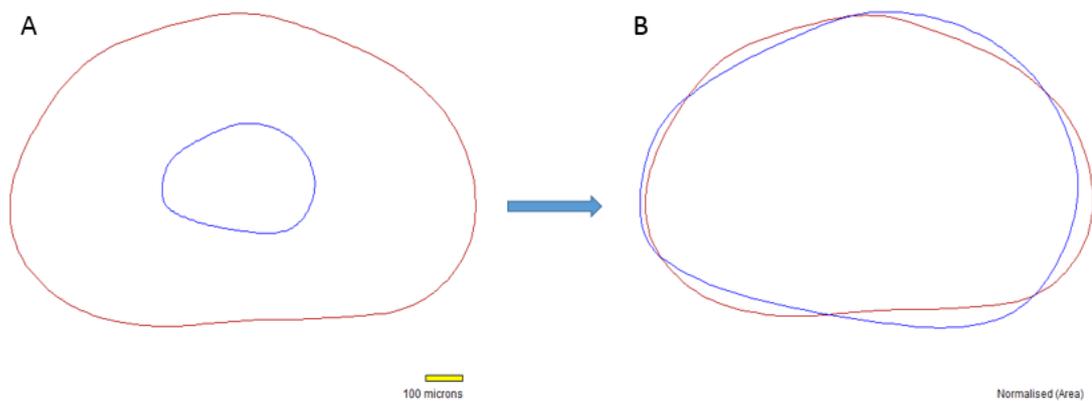


Figura 15. Contornos de duas valvas com o programa Morphomatica (Linhart *et al.*, 2006). A. Área não normalizada, mostrando os contornos em tamanho real. B. Área normalizada, mostrando os dois contornos de tamanho equivalente.

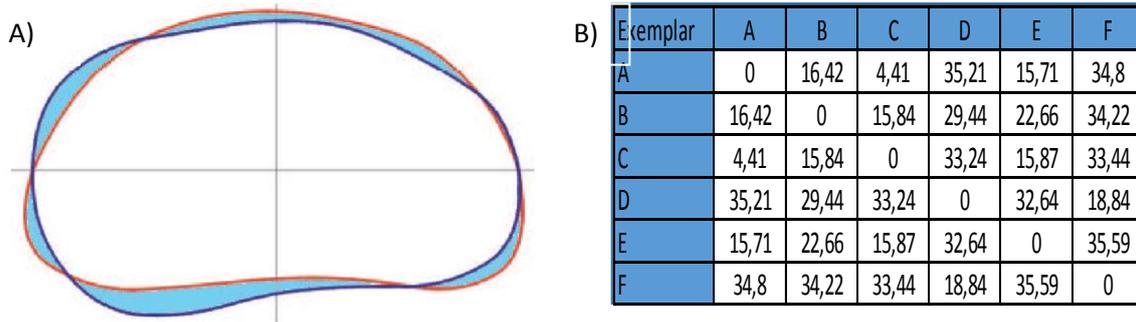


Figura 16. A. Área não compartilhada (azul claro) entre dois contornos sobrepostos. Retirado de Neubauer & Linhart (2008). B. Um exemplo de tabulação das diferenças de área comparando múltiplos exemplares.

- A segunda fase consiste em fazer uma avaliação dos contornos das diferentes espécies obtidas na primeira fase, onde se realiza a medida média em Morphomatica, e se comparam com espécies formalmente descritas no Neógeno das Américas, isto como ferramenta adicional para comprovar as semelhanças das espécies (e possíveis sinónimas ou presença de espécies junior) ou diferenças entre as mesmas.

7. RESULTADOS

No total se encontrou uma ostracofauna de 2.421 indivíduos (1.688 carapaças e 733 valvas isoladas) nas amostras; 1985 indivíduos correspondem à *Cyprideis*, enquanto que 275 valvas pertencem ao gênero *Heterocypris*, 142 de *Limnocythere* (entre moldes e valvas) e 19 de *Alicenula* (Tabela 2). O gênero *Cyprideis* compõe 82% dos fósseis encontrados, sendo que 19% correspondem aos gêneros *Heterocypris*, *Limnocythere* e *Alicenula* (Figura 17).

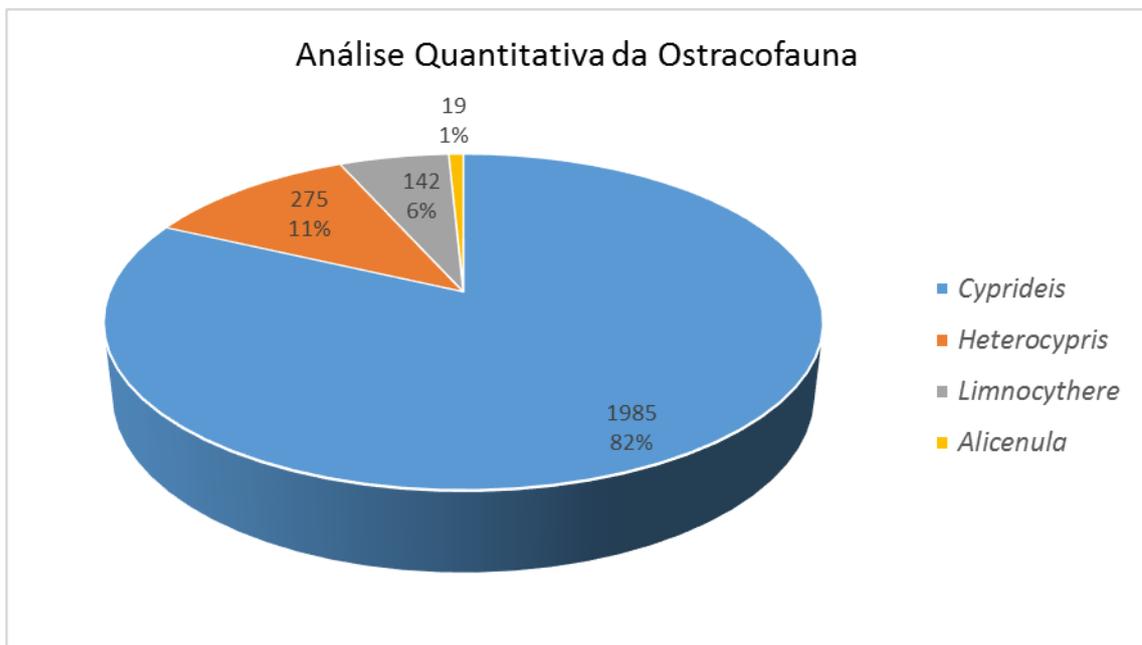


Figura 17. Relação percentual genérica da ostracofauna encontrada neste estudo.

Das 26 amostras analisadas cinco continham ostracodes, os quais, em geral, são abundantes e diversos. As associações de ostracodes nas amostras da Bacia Descanso-Yaurí, em geral, demonstram um padrão monotípico, com exceção da que apresenta *Limnocythere* e *Alicenula* associadas na mesma amostra. Estas diferenças não estão só limitadas ao nível de espécie ou gênero, senão em nível de subfamília e família (ver Capítulo 3: Ostracodes nos ambientes lacustres). A Tabela 2 mostra a ocorrência de cada gênero e espécie, assim como a análise quantitativa das espécies por amostra.

Tabela 2. Análise quantitativa e qualitativa dos ostracodes nas amostras estudadas. *Note-se que das 1.985 carapaças, 1.861 não foram identificadas em nível de espécie, devido à deformação e má preservação.

Horizonte/Amostra	Gênero	Especie	Adultos	Juvenís	Total
STRI 36558	<i>Cyprideis</i>	n. sp. 1	87	3	90
	<i>Cyprideis</i>	n. sp. 2	14	1	15
	<i>Cyprideis</i>	n. sp. 3	5	0	5
	<i>Cyprideis</i>	n. sp. 4	8	0	8
	<i>Cyprideis</i>	sp. 1	3	0	3
	<i>Cyprideis</i>	sp. 2	1	0	1
	<i>Cyprideis</i>	sp. 3	2	0	2
	<i>Cyprideis</i>	sp. 4	0	0	1
	* <i>Cyprideis</i>	—	1698	163	1861
	<i>Cyprideis</i>	TOTAL	1818	167	1985
STRI 36556	<i>Heterocypris</i>	sp.	117	145	262
STRI 36595	<i>Heterocypris</i>	sp.	0	13	13
	<i>Heterocypris</i>	TOTAL	117	158	275
STRI 35567	<i>Limnocythere</i>	sp.	52	90	142
	<i>Limnocythere</i>	TOTAL	52	90	142
	<i>Alicenula</i>	sp.	6	13	19
	<i>Alicenula</i>	TOTAL	6	13	19
TOTAL			1993	428	2421

7.1. DISTRIBUIÇÃO DOS OSTRACODES NAS SEÇÕES ESTUDADAS

O Horizonte da amostra STRI ID 36558 (ver Anexo A e Figura 11), localizada no norte da Bacia El Descanso, apresenta uma grande abundância de *Cyprideis*. Os exemplares encontram-se fossilizados por substituição de calcita, sendo que boa parte está mal preservada e compactada, embora outra porção apresente preservação razoável permitindo a identificação

das espécies. Este gênero se converte na fauna dominante de ostracodes na área, com um total de 1.985 indivíduos entre adultos e juvenís (82% do total); os juvenís representam a minoria e grau moderado a pobre de preservação.

No caso da *Heterocypris*, localizados na parte Central e Sul da bacia (Amostras STRI ID 36556 e 36595) os ostracodes, apesar de serem frágeis, se encontram em excelente preservação e sem substituição, tanto os indivíduos adultos quanto os juvenís, constituído por uma associação monoespecífica.

A amostra STRI 36567, localizada também no norte, contém os gêneros *Limnocythere* e *Alicenula*, com preservação moderada a pobre, com uma boa parte preservada na forma de moldes, onde foram encontrados alguns indivíduos completos. A estimativa dos adultos/juvenís para *Limnocythere*, por causa da sua preservação, não foi possível (Tabela 2).

7.2. TAXONOMIA

A descrição taxonômica aqui apresentada, segue a classificação de taxa maiores proposta por Meisch (2000), com as emendas propostas por Horne *et al.* (2005). Dentro da nomenclatura se usa VE para a Valva Esquerda e VD para a Valva Direita; L representa o comprimento máximo da valva, e H a altura máxima. Também são usados os símbolos ♀ para fêmeas e ♂ para machos. Nas dimensões de cada espécie é colocada a medida mínima e máxima de cada valva.

Para a sistemática do gênero *Cyprideis* adotou-se os seguintes critérios: quando a espécie é caracterizada como uma nova espécie (n. sp.) se considera que o material encontrado é abundante o suficiente para caracterizar a espécie, e/ou que as características da espécie são particularmente distintas dentro das espécies reportadas em outras áreas e dentro da mesma comunidade de *Cyprideis* na área de estudo. Neste trabalho as espécies novas não foram formalmente nomeadas, cujos nomes serão adotados no momento da publicação.

Nas espécies de *Cyprideis*, cuja nomenclatura aparece em aberto (sp.), se considerou que o material é insuficiente para caracterizar uma nova espécie (além do que as características taxonômicas da espécie não permitiram diferenciá-las claramente das espécies já reportadas). Isto faz prudente a classificação e evita erros taxonômicos, devido à alta variabilidade intraespecífica do gênero nos ambientes lacustres, pois deve-se ter uma população representativa o suficiente para descrever uma espécie nova de acordo a recomendação de Wouters & Martens (2001). Cabe também ressaltar que as espécies de *Cyprideis* da área de estudo apresentam uma característica particular na ornamentação, que

são a presença de uma ou duas depressões de relativamente pouco diâmetro e profundas, aparentemente sem nenhuma relação com a pontuação, sem similitude para as espécies das Américas ou as mais comuns na Europa, mas que se encontram de forma persistente na maioria das espécies. Neste trabalho se usa o termo *depressão anterodorsal* ou *depressão* para descrever este tipo de estrutura.

No gênero *Heterocypris*, apesar de estarem bem preservados, não foi possível a identificação a nível específico devido a grande diversidade e ampla ocorrência mundial deste gênero; além do mais, vários trabalhos onde se reportam espécies deste gênero carecem de fotografias apropriadas e por esta razão se optou por deixá-lo, provisoriamente, em nomenclatura aberta. Entretanto possivelmente se tem uma única espécie ocorrendo na área de estudo.

Assim como para os gêneros *Limnocythere* e *Alicenula*, que apesar de serem abundantes, também não foi possível classificar em nível de espécie, devido à moderada a pobre preservação do material, em moldes a maioria, mantendo-se em nomenclatura aberta.

Filo ARTHROPODA Latreille, 1829

Classe OSTRACODA Latreille, 1806

Subclasse PODOCOPA Sars, 1866

Orden PODOCOPIDA Sars, 1866

Subordem PODOCOPINA Sars, 1866

Superfamília CYTHEROIDEA Baird, 1850

Família CYTHERIDEIDAE Sars, 1925

Subfamília CYTHERIDEINAE Sars, 1925

Gênero *Cyprideis* Jones, 1857

Diagnose: De acordo com a diagnose emendada de Whatley *et al.* (1998) e posteriormente revisada por Tibert *et al.* (2003) o gênero *Cyprideis* é caracterizado por carapaças lisas ou ligeiramente punctuadas (algumas vezes com reticulação), com presença de um sulco transversal localizado próximo à região central (que pode ser oblíquo ou vertical). Internamente são características as impressões musculares (típicas da Cytherideinae) e a

charneira quadripartita do tipo entomodonte. O forte dimorfismo sexual também é característico do gênero. Além destas características, Sandberg (1964) coloca dentro da diagnose a ausência de vestíbulo para *Cyprideis*.

Espécie Tipo: *Cyprideis torosa* (Jones, 1850). Monotipo; Plioceno-Recente da Europa.

Cyprideis n. sp. 1

(Estampa 1; figuras 1-9)

Material: 90 carapaças e 3 valvas; 84 fêmeas, 6 machos e 3 valvas juvenís.

Holotipo: Carapaça fêmea. Coleção Andrés F. Salazar-Ríos. STRI 36558 UC-01. VE: L= 0,84 mm; H= 0,49 mm. VD: L= 0,83 mm; H= 0,47 mm. Largura da Carapaça: 0,46 mm.

Alotipo: Carapaça macho. Coleção Andrés F. Salazar-Ríos. STRI 36558 UC-02. VE: L= 0,95 mm; H= 0,50 mm.

Paratipos: Coleção Andrés F. Salazar-Ríos. Lámina STRI 36558. Seis Fêmeas: Exemplares 03,12, 31, 37, 57, 71. Três Machos: Exemplares 9, 20, 40. Um Juvenil: Exemplar 63.

Localidade Tipo: Setor Checca, Norte da Bacia Descanso Yaurí, Formação El Descanso, Membro C (Coordenadas: W=71,4°; S=-14,52°; Altitude: 3865 msnm). SE do departamento do Cusco, Perú.

Dimensões:

Fêmeas: VE: L= 0,82-0,91 mm; H= 0,46-0,53 mm. VD: L= 0,79-0,89 mm; H= 0,44-0,50 mm.

Machos: VE: L= 0,87-0,97 mm; H= 0,46-0,50 mm. VD: L= 0,82-0,94 mm; H= 0,45-0,48 mm.

Diagnose: Espécie caracterizada pela sua superfície lisa ou ligeiramente punctuada na região anterior e ao redor do sulco (fêmeas), ou na região posterior (machos). Pequena concavidade na região dorsomediana, coincidente com o sulco. Quando bem preservadas, as valvas esquerdas desenvolvem duas pequenas e profundas depressões na região anterodorsal, perto da margem. Sulco mais largo na metade inferior.

Descrição:

Fêmeas: Carapaça subovalada. Margem dorsal com ligeira concavidade na VE, coincidente com o sulco; na VD a margem dorsal é uniforme e moderadamente convexa na região anterodorsal. Margem ventral reta a ligeiramente côncava na VE, quase reta na VD. Margem anterior ampla e arredondada, com uma borda estreita na margem. Margem posterior levemente truncada, formando um ângulo bem pronunciado e obtuso com a margem dorsal. VE sobrepondo a VD quase totalmente, com exceção da região dorso-mediana e posteroventral. Ornamentação finamente punctuada na região anterior e lisa na região posterior. Punctuação mais fortemente pronunciada ao redor do sulco e dissipando-se concentricamente para a região anterior; mais acentuada na VE que na VD. Sulco oblíquo estendendo-se desde a margem dorsomediana dirigindo-se para a região anterior, seguindo até a região centromediana; mais pronunciado na VE que na VD; a largura do sulco é maior na metade inferior, não atingindo completamente o centro da valva. Na região anterodorsal se destacam duas nítidas pequenas depressões mais profundas que as pontuações da carapaça, e aparentemente sem relação com a pontuação, características da comunidade de *Cyprideis* da formação El Descanso. Levemente rugosa na extremidade posteroventral. Denticulos geralmente presentes e se apresentam em pequeno número (aproximadamente seis), pouco pronunciados e espaçados entre eles, localizados na margem anteroventral.

Machos: Carapaça subovalada alongada. Região posterior pronunciada formando um pequeno processo caudal. A região ventral fortemente sinuosa na VE, e quase reta na VD. Punctuação mais desenvolvida que nas fêmeas, geralmente localizada para a região posterior. Ângulo posterodorsal obtuso e bem pronunciado na VE. O formato do sulco segue em essência as características das fêmeas. Depressões anterodorsais bem pronunciadas na VE. Denticulos ausentes ou presentes na VE, menos expressivos e mais numerosos que nas fêmeas.

Discussão: *Cyprideis beaconensis* LeRoy, 1943, descrita para o Pleistoceno da Califórnia, tem uma morfologia muito similar à *Cyprideis* n. sp. 1. Difere de *C. beaconensis* ligeiramente no tamanho maior da média populacional em *C. beaconensis* (♀: VE: L=0,82-1,03 mm; H= 0,47-0,58 mm. VD: L= 0,85-1,00 mm; H= 0,47-0,55 mm. ♂: VE: L=0,96-1,05 mm; H=0,48-0,58 mm. VD: H= 0,46-0,55 mm; dados sensu Sandberg, 1964); sulco da VE mais verticalizado em *C. beaconensis*, contrastando com o sulco claramente oblíquo desta espécie. A VE das fêmeas de *C. beaconensis* não apresenta a concavidade da região dorsomediana

coincidente com o sulco, nem as depressões anterodorsais características da espécie aqui descrita. A maior altura da VE de *C. beaconensis* se encontra na região posteromediana, enquanto nesta espécie se encontra na região anteromediana. Além disto, os machos de *C. beaconensis* apresentam uma pequena protuberância na região mediana ventral da VD, além de uma concavidade na VD na região posteroventral (característica proposta como diagnóstica da espécie), e margem dorsal e ventral quase paralelas, diferindo da forma arqueada desta espécie.

C. pascagoulensis Mincher, 1941, descrita para o Mioceno de Mississippi (Formação Pascagoula) é uma espécie menor (*e.g.* ♀: VE: X=0,77-0,85 mm; Y= 0,43-0,46 mm), além de desenvolver uma punctuação mais pronunciada, e apresentar *flange* na região postero-ventral da VD mais pronunciada nos machos (Sandberg, 1964), o que a diferencia claramente desta espécie a qual não apresenta esta estrutura.

Cyprideis n. sp. 2

(Estampa 1; figuras 10-12)

Material: 15 Carapaças; 14 fêmeas e um juvenil A-1.

Holotipo: Carapaça fêmea. Coleção Andrés F. Salazar-Ríos. STRI 36558 UC-03. Estampa 1; Figuras 9-10. VE: L= 0,85 mm; H= 0,51 mm. VD: L= 0,85 mm; H= 0,49 mm.

Paratipos: Coleção Andrés F. Salazar-Ríos. Lámina STRI 36558. Cinco Fêmeas: Exemplares 41, 64, 66, 82 e 132. Um Juvenil: Exemplar 78.

Localidade Tipo: Setor Checca, Norte da Bacia Descanso Yauri, Formação El Descanso, Membro C (Coordenadas: W=71,4°; S=-14,52°; Altitude: 3865 msnm). SE do departamento do Cusco, Perú.

Dimensões:

Fêmeas: VE: L= 0,85-0,91 mm; H= 0,49-0,54 mm. VD: L=0,82-0,89 mm; H= 0,47-0,52 mm.

Machos: Não encontrados.

Diagnose: Espécie caracterizada por ornamentação punctuada, usualmente em ambas valvas, mais lisa para a região posterodorsal. Ligeira concavidade na região dorsomediana, e na

região ventral da VE. VD ventralmente reta. Poucos, curtos e separados dentículos na VE. Margem dorsal da VD com uma convexidade maior.

Descrição:

Fêmeas: Carapaças subovaladas a subquadrangulares. Margem dorsal fortemente arqueada na VD e levemente sinuosa na VE. Margem ventral quase reta na VD e sinuosa na VE. Margem anterior amplamente arredondada. Margem posterior ligeiramente truncada e ângulo cardinal posterodorsal obtuso e pronunciado na VE; ligeira a moderada concavidade na região dorso-mediana e anteroventral da VE. Ornamentação pronunciada, do tipo *pitted* mais forte perto do sulco, e atenuando-se concentricamente a partir desta estrutura. Presença de uma depressão anterodorsal, parcialmente mascarada pela ornamentação. Sulco oblíquo, bem marcado na VE, estendendo-se desde a porção superior da região anteromediana, logo abaixo da margem dorsal, até as proximidades das impressões musculares, mais marcado na sua porção mediana. Na VD, este é quase imperceptível não atingindo a metade da valva.

Discussão: Esta espécie é muito semelhante à *Cyprideis* n. sp. 1, porém várias características levam a considerar que estas são espécies distintas. Em geral, a ornamentação da superfície das valvas em *Cyprideis* não é uma característica diagnóstica de confiabilidade para a separação das espécies, como acontece com *C. torosa*, onde vários tipos de ornamentação têm sido identificados, associados a uma resposta fenotípica a fatores externos e não uma divergência das populações e uma eventual evolução (para detalhes, ver Bodergat, 1983 e Ruiz *et al.* 2013; Gross *et al.*, 2014). Entretanto, entre as características que as diferenciam, a espécie *C. n. sp. 1* é mais lisa à ligeiramente punctuada, enquanto que *C. n. sp. 2* tem uma punctuação muito mais acentuada em ambas valvas. Outra característica que as diferencia é o grau de convexidade da margem dorsal da VD, bem mais marcado na *C. n. sp. 2*. Além disso, *C. n. sp. 2* é relativamente mais alta e curta que *C. n. sp. 1*; para quantificar essa diferença, se estabeleceu uma relação comprimento/altura (L/H) das fêmeas das duas espécies, mostrada na Tabela 3:

Tabela 3. Relação comprimento/altura (L/H) de *Cyprideis* n. sp. 1 e *C. n. sp. 2*

Espécie	Número de espécimens medidos	L/H VE	L/H VD
<i>Cyprideis</i> n. sp. 1	31	1,71-1,80	1,73-1,87
<i>Cyprideis</i> n. sp. 2	14	1,64-1,75	1,67-1,77

Pôde-se observar que apesar de haver uma leve sobreposição dos dados, as fêmeas da *Cyprideis* n. sp. 2 são comparativamente mais altas e curtas que em *Cyprideis* n. sp. 1. Morfometricamente essa diferença também se manifesta gerando dois clusters independentes; inclusive, na análise de cluster se relaciona de maneira mais estreita o contorno da *Cyprideis* n. sp. 2 com o da *Cyprideis* sp. 2, apesar das diferenças taxonômicas serem muito marcadas (ver 6.2: Análise Morfométrica); portanto, se considera aqui esta população como uma espécie independente da *Cyprideis* n. sp. 1.

Apesar da similaridade no contorno e na ornamentação da superfície com o exemplar tipo de *C. locketti* Stephenson, 1935, do Mioceno de Louisiana, designado por Sandberg (1964), *C. locketti* apresenta uma *flange* na região postero-ventral e anteroventral da VD, ausente em *Cyprideis* sp. 2. Além disso, a margem ventral da VE de *C. locketti* é reta, e a margem anterodorsal da VD é sinuosa, contrastando-se com *Cyprideis* n. sp. 2.

Cyprideis n. sp. 3

(Estampa 1; figuras 13-15)

Material: 5 Carapaças, a totalidade fêmeas.

Holotipo: Carapaça fêmea. Coleção Andrés F. Salazar-Ríos. STRI 36558 UC-04. Estampa 1; Figuras 13-15. VE: L= 0,85 mm; H= 0,47 mm. VD: L= 0,84 mm; H= 0,46 mm.

Paratipos: Coleção Andrés F. Salazar-Ríos. Lámina STRI 36558. Duas Fêmeas: Exemplares 23 e 133.

Localidade Tipo: Setor Checca, Norte da Bacia Descanso Yauri, Formação El Descanso, Membro C (Coordenadas: W=71,4°; S=-14,52°; Altitude: 3865 msnm). SE do departamento do Cusco, Perú.

Dimensões:

Fêmeas: VE: L= 0,84-0,87 mm; H= 0,46-0,47 mm. VD: L= 0,84-0,86 mm; H= 0,45-0,47 mm.

Machos: Não encontrados.

Diagnose: Espécie caracterizada por apresentar margens ventral e dorsal subparalelas, punctuação muito marcada e de grande tamanho na região mediana de ambas as valvas. Ângulo cardinal anterior mais marcado na VE. VD ligeiramente arqueada na margem dorsal com um forte flange na posteroventral. VE constricta na porção mediana, coincidente com o sulco, e com um ângulo cardinal posterior bem marcado. Dentículos pequenos e separados em ambas as valvas.

Descrição: Fêmeas: Carapaças subretangular. Margens dorsais e ventrais subparalelas. Margem dorsal quase reta, levemente sinuosa, constricta na porção mediana da VE, coincidente com o sulco. VD levemente arqueada de maneira regular na dorsal. Margem ventral quase reta, côncava na região anterior. Margem anterior arredondada. Margem posterior arredondada a levemente truncada com uma forte *flange* ventral na VD. Os ângulos cardinais são pronunciados, obtusos, nítidos na anterior da VE, característica exclusiva da espécie dentro da comunidade da Bacia El Descanso-Yaurí. A ornamentação da superfície fortemente punctuada, maiores na região mediana, próxima ao sulco, atenuando-se concentricamente para as extremidades das valvas. Sulco reto e oblíquo, bem marcado em ambas as valvas, às vezes mascarado pela ornamentação. Dentículos pequenos e separados nas regiões central anterior e anteroventral de ambas as valvas.

Machos: Não encontrados.

Discussão: Esta espécie se assemelha, em geral com as espécies ornamentadas descritas por Purper (1979) para o Mioceno da Amazônia brasileira. A comparação com o material tipo de *Cyprideis pebasae* Purper, 1979 e *C. lacrimata* Purper, 1979 permitiu verificar que estas diferem da espécie *C. n.sp. 3* por apresentar uma ornamentação mais forte, tendendo a reticulada; margens ventral e dorsal não são subparalelas (a região dorsal ascende progressivamente desde a posterior para a anterior); possuir uma margem ventral reta na VD e um ângulo cardinal anterodorsal suavizado; *C. pebasae* de Purper (1979) carece de dentículos

anteriores, embora em outros trabalhos se tenha reportado a espécie (ou espécimens com afinidade) com dentículos e serrilhados na margem anterior (*e.g.* Muñoz-Torres *et al.*, 1998; Gross *et al.*, 2013). *C. graciosa* Purper, 1979 apresenta também uma ornamentação semelhante e uma *flange* posteroventral na VD, mas a presença do espinho posteroventral, e os espinhos mais pronunciados na margem anterior desta espécie difere da *Cyprideis* n. sp. 3.

C. panamensis van den Bold, 1972 tem um contorno e ornamentação muito semelhantes com *C.* n. sp. 3, embora é uma espécie menor e não apresenta flange posteroventral na VD; além disso, o sulco desta espécie é pouco marcado ou ausente (na descrição taxonômica original não se menciona esta estrutura, que é característica do gênero). Na descrição original de van den Bold (1972), embora o autor não mencione a presença de dentículos para *C. panamensis*, estes diferem da espécie aqui descrita, os quais são ausentes.

Cyprideis n. sp. 4

Estampa 2; figuras 1-6

Material: 8 Carapaças, 4 fêmeas e 4 machos.

Holotipo: Carapaça macho. Coleção Andrés F. Salazar-Ríos. STRI 36558 UC-06. Estampa 2; Figuras 4-5. VE: L= 0,87 mm; H= 0,47 mm. VD: L= 0,85 mm; H= 0,45 mm.

Allotipo: Carapaça fêmea. Coleção Andrés F. Salazar-Ríos. STRI 36558 UC-05. Estampa 2; Figura 1. VE: L= 0,88 mm; H= 0,51 mm.

Paratipos: Coleção Andrés F. Salazar-Ríos. Lámina STRI 36558. Três Fêmeas: Exemplares 102 e 134 e 135. Quatro machos, Exemplares 24, 46, 136 y 137.

Localidade Tipo: Setor Checca, Norte da Bacia Descanso Yauri, Formação El Descanso, Membro C (Coordenadas: W=71,4°; S=-14,52°; Altitude: 3865 msnm). SE do departamento do Cusco, Perú.

Dimensões:

Fêmeas: VE: L= 0,81-0,87 mm; H= 0,47-0,51 mm.

Machos: VE: L= 0,85-0,87 mm; H= 0,46-0,47 mm; VD: L= 0,83-0,85 mm; H= 0,44-0,46 mm

Diagnose: Margem dorsal fortemente arqueada na região anterior da VE. Região anterior alta e posterior relativamente baixa. Machos com a região posterior pouco pronunciada. Sulco

principal e um sulco subordinado paralelo, mais evidente na VE das fêmeas e na VD dos machos. Depressão anterodorsal bem marcada na VE das fêmeas e machos, duas depressões bem marcadas em ambas as valvas dos machos.

Descrição:

Fêmeas: Carapaça subovalada a subquadrangular. Margem dorsal convexa e ligeiramente sinuosa na anteromediana. Margem ventral ligeiramente sinuosa na VE. Margem anterior amplamente arredondada, enquanto a margem posterior é arredondada a truncada, gerando um ângulo obtuso levemente marcado com a dorsal. Ornamentação da superfície muito leve, com uma ligeira punctuação na margem ventral embaixo do sulco. Sulco principal reto e oblíquo, mais largo na parte inferior, com um sulco subordinado para a região anterior. Depressão anterodorsal bem marcada na VE. Dentículos timidamente marcados ou ausentes. Sem espinhos.

Machos: Mais baixos e mais alongados do que as fêmeas. Carapaças subovaladas a subquadrangulares. Na margem dorsal da VE se observa uma concavidade na anteromediana, na terminação do sulco. Margem ventral convexa na VE, especificamente na região anteroventral, mais acentuada nas fêmeas, e quase reta na VD. Margem anterior amplamente arredondada, enquanto a margem posterior é arredondada e estreita, gerando um ângulo obtuso levemente marcado com a margem dorsal. VD arqueada uniformemente na margem dorsal. Ornamentação da superfície muito leve, limitada a uma ligeira punctuação na região anteroventral. Sulco principal reto e oblíquo, de pouca largura, acompanhado de um sulco satélite paralelo para a região anterior, mais marcado na VD que na VE. Depressão anteroventral bem marcada na anterodorsal da VE, duas na VD. *Flange* muito pouco desenvolvida na posterodorsal da VD.

Discussão: *Cyprideis aulakos* Muñoz-Torres *et al.* (1998) do Mioceno da Amazônia (Colômbia) possui uma ornamentação e forma semelhante à *Cyprideis* n. sp. 4, mas tem uma margem ventral reta na VE e mais sinuosa na VD nos machos (ao inverso da espécie aqui descrita). Além disso, *C. aulakos* não tem, nas fêmeas, a concavidade mediana dorsal, nem depressões anterodorsais, inclusive, *C. aulakos* não apresenta em geral nenhum tipo de punctuação, além de ser mais truncada na região anterior.

Embora o contorno geral tenha semelhança com a *C.* n. sp. 1, nas fêmeas, os diferencia a maior altura, a margem anterior mais ampla e arredondada e a presença do sulco satélite da

C. n. sp. 4. Os machos são claramente diferenciáveis, com uma região posterior pouco desenvolvida, além do sulco satélite, mais marcado na VD na espécie aqui descrita.

Cyprideis sp. 1

(Estampa 2; figuras 7-12)

Material: 3 Carapaças, 2 fêmeas e 1 macho.

Localidade: Setor Checca, Norte da Bacia Descanso Yauri, Formação El Descanso, Membro C (Coordenadas: W=71,4°; S=-14,52°; Altitude: 3865 msnm). SE do departamento do Cusco, Perú.

Dimensões:

Fêmeas: VE: L= 0,81-0,86 mm; H= 0,47-0,48 mm. VD: L= ~0,75 mm; H= ~0,44 mm.

Macho: VE: L= 0,85 mm; H= 0,47 mm. VD: L= 0,84 mm; H= 0,46 mm.

Descrição: Fêmeas: Carapaça subovalada, arredondada. Margem dorsal sinuosa na VE, convexa na VD. Margem ventral moderadamente sinuosa ou reta na VE, quase reta na VD. Margem anterior arredondada, bruscamente truncada para a margem dorsal da VE (característica da espécie), enquanto na VD é uniformemente arredondada. Margem posterior levemente arredondada. Maior altura na região anteromediana. Ângulo anteroventral quase arredondado ou ausente. Punctuação moderada, mais acentuada na região do sulco para a margem anterior; perto do sulco para a região anterior a punctuação gera uma ligeira ondulação na superfície, especialmente notória na VE que se sobressai do restante da ornamentação. Sulco reto e oblíquo, mais marcado na parte inferior, podendo conter sulco menor paralelo na VE, em alguns exemplares da fêmea (estampa 2, fig. 7). Dentículos pouco pronunciados e separados, localizados na região anteroventral.

Macho: Carapaça subquadrangular, arredondada. Margem dorsal levemente sinuosa na VE, convexa e contínua na VD. A margem ventral é levemente sinuosa em ambas as valvas. Margem anterior arredondada, truncada para margem dorsal da VE (característica da espécie), embora não tão marcada quanto nas fêmeas. Margem anterior da VD é uniformemente arredondada. Margem posterior truncada. Maior altura na região anteromediana. Ângulo anteroventral marcado. Punctuação leve, mais acentuada na região ventral embaixo do sulco;

Sulco reto e oblíquo, mais marcado na parte inferior, podendo conter sulco menor paralelo na VE, em alguns exemplares da fêmea (estampa 2, fig. 7). Dentículos ausentes.

Discussão: Dentro do levantamento bibliográfico das espécies de *Cyprideis* não se encontrou nenhuma espécie semelhante nas Américas. Morfométricamente *Cyprideis* sp. 1 mostra uma leve afinidade com *C. beaconensis* LeRoy, mas a VE das fêmeas desta espécie não é sinuosa ventralmente, além de não mostrarem a concavidade anterodorsal característica desta espécie. Embora *C. machadoi* Purper, 1979 tenha uma curvatura semelhante na anterodorsal, o contorno com esta espécie é radicalmente diferente.

Cyprideis sp. 2

(Estampa 2; figuras 13-14)

Material: 1 Carapaça, fêmea.

Localidade: Setor Checca, Norte da Bacia Descanso Yauri, Formação El Descanso, Membro C (Coordenadas: W=71,4°; S=-14,52°; Altitude: 3865 msnm). SE do departamento do Cusco, Perú.

Dimensões: Fêmeas: VE: L= 0,85 mm; H= 0,50 mm. VD: L= 0,81 mm; H= 0,46 mm.

Descrição: Fêmeas: Carapaça subovalada a subrectangular. A margem dorsal apresenta uma leve concavidade na terminação do sulco na VE, e é uniforme e fortemente convexa na VD. Margem ventral semireta em ambas as valvas, gerando um ângulo moderadamente pontiagudo com a margem anterior, especialmente marcado na VE. Margem anterior amplamente arredondada na VE. Margem posterior levemente afilada para a região ventral a truncada, ambas formando um limite arredondado e suave com a margem dorsal na VE, mas um ângulo pontiagudo e obtuso na posterodorsal da VD; Região posterior relativamente inflada e ampla, característica na espécie. Punctuação moderada, mais acentuada e grossa na região do sulco, e atenuando-se radialmente. Sulco único e moderadamente marcado na VE, muito mais leve na VD. Dentículos aparentemente ausentes. Presença de uma leve a moderada *flange* na posteroventral, mais alongado na VD que na VE.

Discussão: Apesar do contorno, ornamentação entre outras características serem muito semelhantes à *Cyprideis* n. sp. 2, notáveis diferenças são visíveis para incluir este exemplar como representante de outra espécie: região posterodorsal fortemente inflada; maior

convexidade dorsal na VD; e a suavidade do ângulo cardinal posteroventral (em contraste com *C. n. sp. 2*; ver Estampa 1, Figura 4) além da presença da pequena *flange* em ambas valvas.

Cyprideis sp. 3

(Estampa 3; figuras 1-4)

Material: 2 Carapaças, duas fêmeas.

Localidade: Setor Checca, Norte da Bacia Descanso Yauri, Formação El Descanso, Membro C (Coordenadas: W=71,4°; S=-14,52°; Altitude: 3865 msnm). SE do departamento do Cusco, Perú.

Dimensões:

Fêmeas: VE: L= 0,89-0,93 mm; H= 0,51-0,53 mm. VD: L= 0,80-0,85 mm; H= 0,51 mm.

Descrição:

Fêmeas: Carapaça subovalada a subrectangular. Margem dorsal levemente sinuosa. Sinuosidade pronunciada na ventral. Amplamente arredondada na margem anterodorsal e mais estreita na anteroventral da VE. Margem posterior truncada, gerando um ângulo obtuso moderadamente marcado com a dorsal. Leve concavidade dorsal na terminação do sulco. Punctuação muito leve na região anterior ou totalmente ausente. Pequena depressão anterodorsal alongada na VE. Dentículos ausentes. Sulco ligeiramente a moderadamente sigmoidal na VE, semireto na VD. O sulco e a maior altura na metade posterior da VE são as características principais da espécie.

Discussão:

Embora esta espécie tenha uma semelhança no contorno e ângulos cardinais com *C. n. sp. 1*, varias diferenças se manifestan para classificá-la como outra espécie. *C. n. sp. 1* apresenta um sulco retilíneo, além de que nas fêmeas a maior altura da carapaça localiza-se para a anteromediana, e não para a região posteromediana, como ocorre com esta espécie. O sulco na VD da *C. n. sp. 1* é levemente marcado, contrastando-se com o claramente marcado desta espécie.

Cyprideis sp. 4

Estampa 3; Figuras 5-7.

Material: 1 Carapaça, um macho.

Localidade: Setor Checca, Norte da Bacia Descanso Yauri, Formação El Descanso, Membro C (Coordenadas: W=71,4°; S=-14,52°; Altitude: 3865 msnm). SE do departamento do Cusco, Perú.

Dimensões:

Macho: VE: L= 0,96? mm; H= 0,47? mm. VD: L= 0,91 mm; H= 0,46 mm.

Descrição: Macho: Carapaça alongada. Margem dorsal ligeiramente sinuosa na anteromediana, descendo de forma pronunciada na posterodorsal. Margem ventral quase reta, descendo ligeiramente na posteroventral. A margem anterior é amplamente arredondada, a posterior é muito alongada, desenvolvendo um processo caudal muito pronunciado, distintivo da espécie. Não se observam punctuação, dentículos nem espinhos. Sulco único oblíquo e reto, mais pronunciado na VE. Duas depressões anterodorsales na VE.

Discussão: Embora uma pequena quebra deforme ligeiramente a VE, a VD deste espécimen se encontra bem preservada. O marcado alongamento na região posteroventral contrasta fortemente com os machos da *C. n. sp. 1*.

Cyprideis multiradiata Purper, 1979 assemelha-se principalmente no contorno à *Cyprideis* sp. 4, embora *C. multiradiata* apresente uma forte concavidade na anteroventral da VD, além de não apresentar depressões anteroventrais.

Família LIMNOCYTHERIDAE Klie, 1938

Gênero *Limnocythere* Brady, 1867

Espécie Tipo: *Limnocythere inopinata* (Baird, 1843)

Diagnose: Carapaça lateralmente alongada e com dimorfismo sexual, com as fêmeas mais largas e curtas que os machos. Dorsalmente, a margem anterior tem uma forma de bico, com a VE sobrepondo a VD posteriormente. Valvas com porocanais simples, sem ramificação e comumente com tubérculos com desenvolvimento variável (Ramón-Mercau *et al.*, 2014).

Limnocythere sp.

(Estampa 3; figuras 8-10)

Material: 52 adultos e 90 juvenis, entre moldes, carapaças e valvas.**Localidade:** Setor Checca, Norte da Bacia Descanso Yauri, Formação El Descanso, Membro C (Coordenadas: W=71,39°; S=-14,52°; Altitude: 3878 msnm). SE do departamento do Cusco, Perú.**Dimensões:**

Fêmeas: VE: L= 0,48 mm; H= 0,26 mm. VD: L= 0,49 mm; H= 0,28 mm.

Descrição: Fêmeas: Valvas com uma preservação moderada a má. Margem dorsal semireta, ligeiramente ascendente desde região a posterior para a anterior, gerando um ângulo obtuso com a margem anterior, arredondado e suavizado com a posterior. Margem anterior amplamente arredondada e aplanada; margem posterior ligeiramente inflada e truncada. Margem ventral sinuosa perto da região central. Sulco bem marcado na região mediana atingindo a parte inferior da valva (sem chegar à margem ventral). Nódulo (?) marcado levemente junto à parte superior do sulco para anterior. Reticulação leve ou ausente (?), gerando formas poligonais especialmente na margem posterior da valva. Espinhos ausentes.**Discussão:** A má preservação do material dificulta a comparação com outras espécies, embora pela reticulação e sua geometria, forma da valva e ausência de espinhos e outras estruturas se tem uma ligeira semelhança com *Limnocythere sanctipatricii* Brady & Robertson, 1869.

Subordem DARWINULOCOPINA Sohn, 1987

Superfamília DARWINULOIDEA Brady & Norman, 1889

Família Darwinulidae Brady & Norman, 1889

Gênero *Alicenula* Rossetti & Martens, 1998Espécie tipo: *Alicenula serricaudata* (Klie, 1935)

Diagnose: VE se sobrepondo sobre a VD. Darwinulídeos alongados, sem dentes internos na VE, e sem quila ventral na VD. Margem dorsal íngreme. Ampla câmara posterior (Rossetti & Martens, 1998). Posteriormente Martens *et al.* (2005) inclui a presença de dentes internos nas regiões anteroventral e posterior como diagnóstica no gênero.

Alicenula sp.

(Estampa 3; figuras 11-12)

Material: 6 valvas adultas; 13 valvas juvenis.

Localidade: Coordenadas: W=71,39°; S=-14,52°; Altitude: 3878 msnm

Dimensões:

Fêmeas: VE: L= ~0,39- mm; H= ~0,17 mm. VD: não encontradas.

Descrição: Fêmeas: Valvas com preservação moderada a pobre, com um ângulo anterodorsal forte; estreitamente arredondada na região anterior e posterior. A maior altura se localiza na região posteromediana. Região posterodorsal com um contorno suavizado. Não foi possível encontrar as características internas das valvas. Ornamentação ausente.

Discussão: A má preservação do material deste gênero impede a observação de características diagnósticas nos darwinulídeos, como a sobreposição das valvas, a presença de dentes internos, quila e detalhes das impressões musculares (ver Martens *et al.*, 2005 para detalhes). Apesar disto, o tamanho das valvas, junto com o forte ângulo anterodorsal e sua relação L/H ser de ~2,36, sugere que o Darwinulídeo corresponde ao gênero *Alicenula* Rossetti & Martens, 1998. As características diagnósticas da espécie se dão em alguns casos com anatomia dos apêndices, ou com a sobreposição das valvas (*e.g.* VD se sobrepondo sobre a VE como em *A. inversa* Martens & Rossetti, 1997, e VE se sobrepondo sobre a VD como em *A. serricaudata* (Klie, 1935), características que não se consegue determinar neste estudo, assim que a espécie fica aqui em nomenclatura aberta.

Subordem CYPRIDOCOPINA Jones, 1901

Superfamília CYPRIDOIDEA Baird, 1845

Família CYPRIDIDAE Baird, 1845

Gênero *Heterocypris* Claus, 1982

Espécie tipo: *Heterocypris incongruens* (Ramdohr, 1808)

Diagnose: Carapaça relativamente robusta na vista lateral, margem dorsal distintamente arqueada. VD anterior e posteriormente crenulada (com pequenos tubérculos). VE maior que a VD, sobrepondo-a ventralmente. VD sem *flange* dorsal (Victor & Fernando, 1980; Meisch, 2000).

Heterocypris sp.

(Estampa 4; figuras 1-16)

Material: 275 Indivíduos. 1 Carapaça e 116 valvas adultas; 158 valvas juvenis de diferentes estágios.

Localidade: Setor Checca, Norte da Bacia Descanso Yauri, Formação El Descanso, Membro C (Coordenadas: W=71,4°; S=-14,52°; Altitude: 3865 msnm). SE do departamento do Cusco, Perú.

Dimensões:

Fêmeas: VE: L= 1,04-1,23 mm; H= 0,71-0,79 mm. VD: L= 1,16-1,25 mm; H= 0,70-0,77 mm.

Fêmeas: Carapaça subovalada, amplamente arredondada, mais moderada na região anterior e truncada na região posterior. Valvas com a região dorsal ligeiramente côncava na região mediana. Região ventral levemente sinuosa na VE, quase reta na VD. Região anterior amplamente arredondada na anterodorsal, bem mais estreita na anteroventral. VE maior do que a VD, sobrepondo-a na região anterodorsal (Estampa 4, Figura 3). A maior altura das valvas se encontra na região anteromediana. Superfície moderadamente ornamentada, punctuada regularmente ao longo da valva. Charneira adonte. Um total de oito impressões musculares, na maioria alongadas (Estampa 4, Figura 6), seguindo o formato típico da Família Cyprididae, localizados na região central para anterior (Estampa 4, figuras 4-5). Juvenís muito bem preservados de ambas as valvas em vários estágios ontogenéticos (Estampa 4, figuras 7-16).

Discussão: *Heterocypris* é um gênero habitualmente cosmopolita. Se compararmos a população deste gênero com várias espécies comuns nas Américas, como *H. incongruens* (Ramdohr, 1808) são mais alongadas e baixas. A população da Bacia El Descanso tem uma similaridade com *H. punctata* Keyser, 1975, mas esta última é menor (mais curta e baixa), embora o contorno e características internas sejam muito semelhantes. Com exceção da margem anterodorsal da VE, que gera uma curvatura muito mais estreita nesta espécie reportada inicialmente na Florida, USA (Keyser, 1975) e também nos lagos Petén Itzá na Guatemala e Pátzcuaro no México (Perez *et al.*, 2010). No Pleistoceno da região do Altiplano boliviano se registra a espécie *H. cochabambaensis* Purper & Pinto, 1980, mas que apresenta pouca similaridade com a espécie aqui registrada, pois *H. cochabambaensis* apresenta uma margem anterior mais ampla, e uma região posterodorsal mais estreita; além disso *H. cochabambaensis* tem uma largura menor na sua carapaça, contrastando-se claramente com a espécie aqui registrada.

7.3. ANÁLISE MORFOMÉTRICA

A análise morfométrica foi fundamental para auxiliar na diferenciação das espécies de *Cyprideis*, como já mencionadas anteriormente no texto, devido às estreitas semelhanças entre elas, dificilmente diferenciadas pela taxonomia tradicional (ver Taxonomia). Além disso, a impossibilidade de se observar as características internas das espécies, devido ao sobrecrecimento de calcita (Figura 18), impedem ver estas características, também diagnósticas (Sandberg, 1964). Assim, realizou-se uma análise morfométrica geométrica (nas duas fases descritas em Métodos): uma análise intrapopulacional e outra para comparação com as outras espécies deste gênero já reportadas para o Neógeno das Américas. Apesar de serem comuns as análises morfométricas nas VD em *Cyprideis* (*e.g.* Gross *et al.*, 2008; Ligios & Gliozzi, 2012), neste trabalho se realizou nas VE, devido a que as maiores diferenças nos contornos se desenvolvem com maior clareza nesta valva.

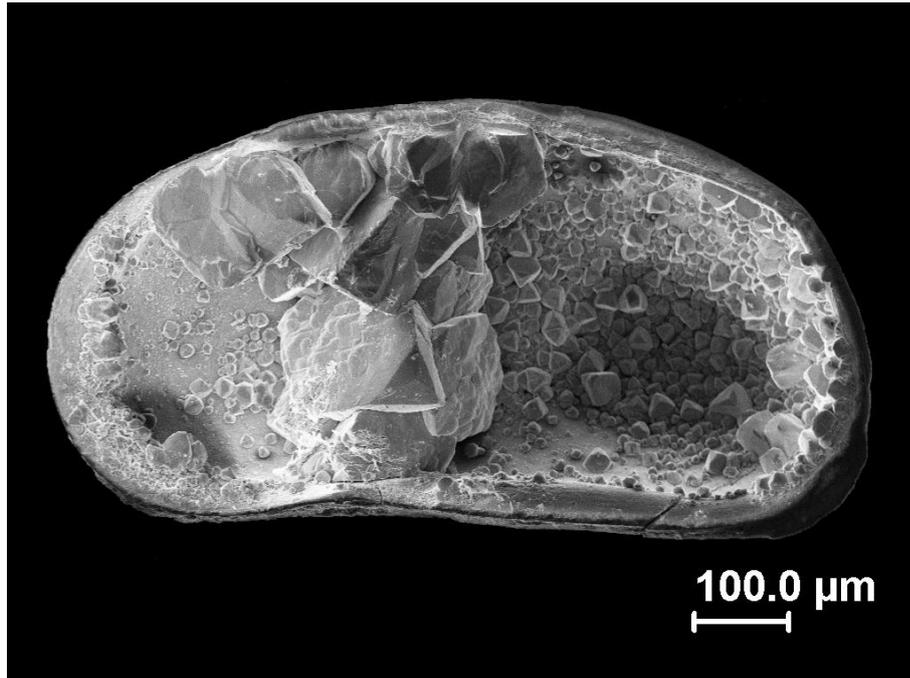


Figura 18. Vista interna de valva de Cyprideis. Note-se os cristais de sobrecrecimento de calcita ao interior. Amostra STRI 36558.

A Tabela 4 mostra as comparações quantitativas da Área (Normalizada) das VE selecionadas das fêmeas de *Cyprideis* obtidas com Morphomatica. A tabela foi exportada ao programa PAST, gerando um dendrograma (Análise de cluster) dos diferentes indivíduos, para avaliar sua similaridade morfológica (Figura 19); apesar da aparência, é importante esclarecer que este gráfico não é uma reconstrução filogenética, pois não avalia o relacionamento ancestral dos indivíduos ou espécies, senão unicamente a semelhança morfológica. Por exemplo, no caso da evolução convergente, a análise morfométrica careceria de sensibilidade para detectar a proveniência de várias linhagens.

Tabela 4. Múltiplas comparações quantitativas das VE de *Cyprideis* das fêmeas das diferentes espécies obtidas neste estudo pelo programa Morphomatica no Modo Área Normalizada. Numeração dos exemplares de acordo à coleção. H: Holótipo da espécie. A: Alótipo da espécie.

	C. 03	C. 23	C. A	C. H	C. 31	C. H	C. 37	C. 39	C. 42	C. H	C. 47	C. 56	C. 57	C. 59	C. 64	C. 68	C. 71	C. 73	C. 77	C. 79	C. 80	C. 81	C. 82	C. 107	C. 111	C. 114	C. 115	C. 120	C. 122	C. 127	C. 132
Cyprideis 03	0	23,6	21,8	20,9	15,2	22,4	8,87	14,1	20,3	35,6	15,5	24,7	17,3	28,6	18,6	15	17	9,18	13,4	26	16,5	15,6	21,4	12,8	19,5	19	12,9	14,3	11,9	18,9	31,4
Cyprideis 23	23,6	0	41	27,2	20,5	35,6	28,3	32,9	34,2	50,7	29,8	38,7	37,7	40,9	36,2	29,1	34,8	27,2	24,9	30,1	32,3	33,6	35,1	19,9	33,5	40,2	32,3	18,8	26,9	37,8	48,6
Cyprideis A	21,8	41	0	33,1	29,6	21,7	18,4	13,9	17,1	28,7	20,8	22,4	17,6	27,4	13,1	19,1	13,9	18,9	19,6	37,8	15	15	26,1	28,4	23,7	9,66	16,2	29,9	23,2	12	23,7
Cyprideis H	20,9	27,2	33,1	0	15,2	24,4	18,9	26,6	24,5	45,8	18,7	32	26,7	41,9	27,2	32,2	25,7	21,5	22,3	22,4	29,8	28,8	32,2	18,1	22,9	34,3	23,2	19,7	25,9	35,6	42,3
Cyprideis 31	15,2	20,5	29,6	15,2	0	21,6	15	19,9	19,8	38,1	14,4	26,1	23,8	31,4	23,9	21,5	22,7	15,5	18,5	17,6	20,3	20,8	24,4	14	19,3	29,6	19,7	11,1	19,4	26,4	34,4
Cyprideis H	22,4	35,6	21,7	24,4	21,6	0	19	14,1	10,2	25,7	10,7	11	12,4	31,3	11,5	23,8	10,3	17,2	20,4	22,7	20,7	15,3	22,2	22	10,1	21,3	14,1	25,3	25,1	23	21,6
Cyprideis 37	8,87	28,3	18,4	18,9	15	19	0	12,9	17,6	35,6	10,9	23,6	13,8	31,1	16,1	17,6	14	8,79	13,4	25,3	16,7	13,4	24,4	16,1	15,9	19,5	10,2	16,2	13,6	20	30,5
Cyprideis 39	14,1	32,9	13,9	26,6	19,9	14,1	12,9	0	11,3	24,2	12,9	14,3	9,81	24	8,66	16,9	8,62	10,3	17,4	26,3	10,4	8,49	17,1	18,6	15,4	11,1	10,3	20,4	18,9	12,3	19,2
Cyprideis 42	20,3	34,2	17,1	24,5	19,8	10,2	17,6	11,3	0	24,8	12	13,6	16,5	26,4	10,4	18,9	12,3	17,4	15,4	24,5	15,7	14,7	18,8	20,9	14	17,6	12,9	24,9	21,2	17,7	20,9
Cyprideis H	35,6	50,7	28,7	45,8	38,1	25,7	35,6	24,2	24,8	0	33,2	15,9	27,8	22,6	22,1	29,4	26,6	30,9	37,6	32,6	21,3	24,9	18	34,1	24,9	23,4	28,1	41,4	36,4	20,2	7,7
Cyprideis 47	15,5	29,8	20,8	18,7	14,4	10,7	10,9	12,9	12	33,2	0	19,5	12,6	32,3	15,6	22,1	11,5	11,1	15,7	20,3	19,2	13,1	22,9	17	11,3	21,5	12,7	17	19,2	22,3	28,5
Cyprideis 56	24,7	38,7	22,4	32	26,1	11	23,6	14,3	13,6	15,9	19,5	0	15,3	24,9	12,3	20,6	13,4	18,1	25,8	22,3	16,1	14,8	15,4	23,8	12,3	20,7	16,7	29,6	28,7	20,2	14,3
Cyprideis 57	17,3	37,7	17,6	26,7	23,8	12,4	13,8	9,81	16,5	27,8	12,6	15,3	0	30,4	10,7	24,4	7,25	12,8	22,6	27,8	18,6	10,8	23,8	21,1	13,1	16,2	9,47	23,6	22,1	19,9	21,3
Cyprideis 59	28,6	40,9	27,4	41,9	31,4	31,3	31,1	24	26,4	22,6	32,3	24,9	30,4	0	24,2	21,6	27	27,8	31,5	34,4	17,4	23,2	15,6	30	27,6	25,2	27,5	35,7	29,8	19	24,3
Cyprideis 64	18,6	36,2	13,1	27,2	23,9	11,5	16,1	8,66	10,4	22,1	15,6	12,3	10,7	24,2	0	18,3	6,99	14,9	18,4	27,9	12,7	11	19,6	22	13,1	12,9	10,5	25,5	20,6	13,8	17,3
Cyprideis 68	15	29,1	19,1	32,2	21,5	23,8	17,6	16,9	18,9	29,4	22,1	20,6	24,4	21,6	18,3	0	20,1	16,8	14,4	31	11,1	16	19,7	21,3	22,6	17	18,2	22,9	17	13,1	26,8
Cyprideis 71	17	34,8	13,9	25,7	22,7	10,3	14	8,62	12,3	26,6	11,5	13,4	7,25	27	6,99	20,1	0	11,5	18,1	27,2	15	8,51	20,8	20,8	12,7	14,1	10,8	23,5	22,5	16,3	21,1
Cyprideis 73	9,18	27,2	18,9	21,5	15,5	17,2	8,79	10,3	17,4	30,9	11,1	18,1	12,8	27,8	14,9	16,8	11,5	0	16,2	23,9	14,2	8,66	19,7	13,8	14,2	18	11,5	14,8	18,1	17,8	26,2
Cyprideis 77	13,4	24,9	19,6	22,3	18,5	20,4	13,4	17,4	15,4	37,6	15,7	25,8	22,6	31,5	18,4	14,4	18,1	16,2	0	29,3	18	18,1	26,3	18,5	22,8	20,7	16,5	18,9	15,7	20,2	34
Cyprideis 79	26	30,1	37,8	22,4	17,6	22,7	25,3	26,3	24,5	32,6	20,3	22,3	27,8	34,4	27,9	31	27,2	23,9	29,3	0	28,5	27,8	21,3	22,6	18,4	36,7	26,3	23,5	30,7	34,3	33,2
Cyprideis 80	16,5	32,3	15	29,8	20,3	20,7	16,7	10,4	15,7	21,3	19,2	16,1	18,6	17,4	12,7	11,1	15	14,2	18	28,5	0	10,4	14,3	18,9	18,4	12,7	15,8	23,1	18,3	8,82	17,3
Cyprideis 81	15,6	33,6	15	28,8	20,8	15,3	13,4	8,49	14,7	24,9	13,1	14,8	10,8	23,2	11	16	8,51	8,66	18,1	27,8	10,4	0	17,5	19,6	14	13,3	12,3	21	20,3	13,5	19,9
Cyprideis 82	21,4	35,1	26,1	32,2	24,4	22,2	24,4	17,1	18,8	18	22,9	15,4	23,8	15,6	19,6	19,7	20,8	19,7	26,3	21,3	14,3	17,5	0	20,6	18,3	22,6	21,5	27,5	25,4	18,2	19,5
Cyprideis 107	12,8	19,9	28,4	18,1	14	22	16,1	18,6	20,9	34,1	17	23,8	21,1	30	22	21,3	20,8	13,8	18,5	22,6	18,9	19,6	20,6	0	17,2	26,1	16,4	12,9	19,2	24,4	31,1
Cyprideis 111	19,5	33,5	23,7	22,9	19,3	10,1	15,9	15,4	14	24,9	11,3	12,3	13,1	27,6	13,1	22,6	12,7	14,2	22,8	18,4	18,4	14	18,3	17,2	0	22	13,2	22,4	23,8	22,2	21,7
Cyprideis 114	19	40,2	9,66	34,3	29,6	21,3	19,5	11,1	17,6	23,4	21,5	20,7	16,2	25,2	12,9	17	14,1	18	20,7	36,7	12,7	13,3	22,6	26,1	22	0	15,8	28,6	21,6	8,33	19
Cyprideis 115	12,9	32,3	16,2	23,2	19,7	14,1	10,2	10,3	12,9	28,1	12,7	16,7	9,47	27,5	10,5	18,2	10,8	11,5	16,5	26,3	15,8	12,3	21,5	16,4	13,2	15,8	0	20,4	15,5	17,5	22,4
Cyprideis 120	14,3	18,8	29,9	19,7	11,1	25,3	16,2	20,4	24,9	41,4	17	29,6	23,6	35,7	25,5	22,9	23,5	14,8	18,9	23,5	23,1	21	27,5	12,9	22,4	28,6	20,4	0	19,1	27,2	37,3
Cyprideis 122	11,9	26,9	23,2	25,9	19,4	25,1	13,6	18,9	21,2	36,4	19,2	28,7	22,1	29,8	20,6	17	22,5	18,1	15,7	30,7	18,3	20,3	25,4	19,2	23,8	21,6	15,5	19,1	0	20,4	32,5
Cyprideis 127	18,9	37,8	12	35,6	26,4	23	20	12,3	17,7	20,2	22,3	20,2	19,9	19	13,8	13,1	16,3	17,8	20,2	34,3	8,82	13,5	18,2	24,4	22,2	8,33	17,5	27,2	20,4	0	16
Cyprideis 132	31,4	48,6	23,7	42,3	34,4	21,6	30,5	19,2	20,9	7,7	28,5	14,3	21,3	24,3	17,3	26,8	21,1	26,2	34	33,2	17,3	19,9	19,5	31,1	21,7	19	22,4	37,3	32,5	16	0

Cyprideis n. sp. 1
 C. n. sp. 2
 C. n. sp. 3
 C. n. sp. 4
 C. sp. 1
 C. sp. 2
 C. sp. 3

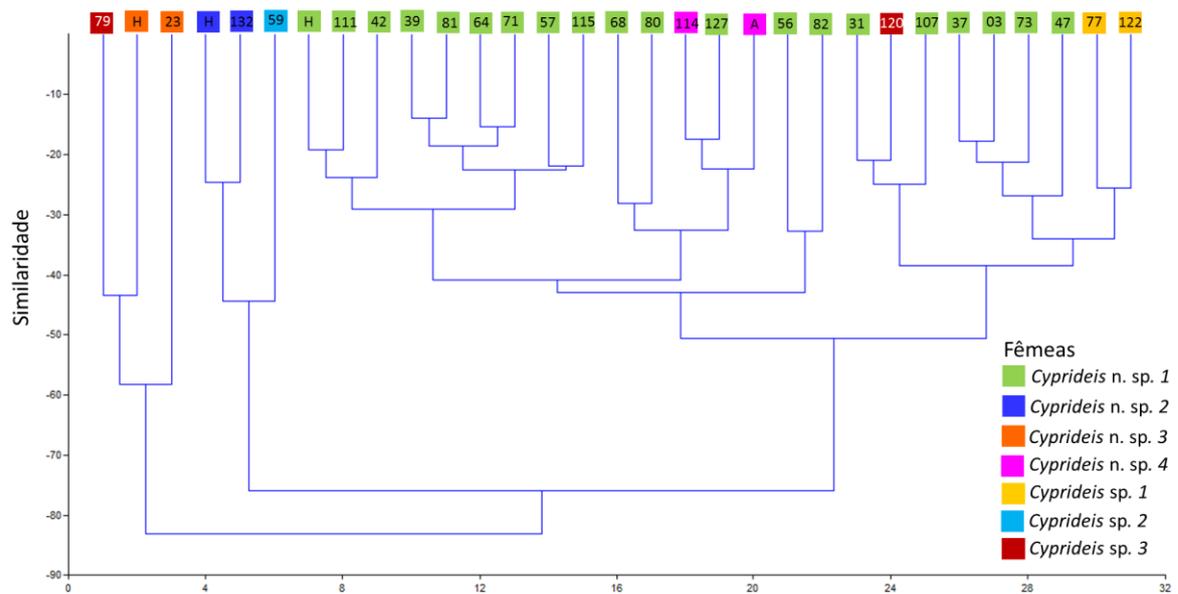


Figura 19. Análise de cluster para as VE fêmeas de *Cyprideis* na Bacia El Descanso. Numeração de exemplar como depositado na coleção. H: Holotipo; A: Alótipo.

Se atendermos a uma baixa similaridade (Eixo Y) como valor de corte do gráfico (por exemplo -70) se obtém três clusters bem diferenciados. Um pertencente à espécie *Cyprideis* n. sp. 3, outro com as espécies *Cyprideis* n. sp. 2 e *C. sp. 2* e o último contendo as espécies *Cyprideis* n. sp. 1, *C. n. sp. 4* e *C. sp. 1*, indicando que estes três clusters (espécies ou grupo de espécies) não estão relacionados morfológicamente entre si. No caso da espécie *C. sp. 3*, os dois indivíduos desta espécie aparecem em dois clusters diferentes, indicando provavelmente que esta espécie é morfológicamente variável, e convergente com outras morfologias.

Para o cluster que abrange as espécies *C. n. sp. 1*, *C. n. sp. 4* e *C. sp. 1*, é necessário um valor de corte mais alto para conseguir diferenciar *C. sp. 1* de *C. n. sp. 1* (de -32); porém, com um corte com uma similaridade tão alta, se perderia o conceito de unidade de *C. n. sp. 1*, gerando 5 clusters diferentes para esta espécie. Para o caso da *C. n. sp. 4*, seu cluster se encontra intimamente entrelaçado com *C. n. sp. 1* (Figura 19). Pelo menos da perspectiva de análise de cluster, ambas as espécies são difíceis de discriminar (ver diagnose e descrição taxonômica de ambas as espécies).

Para complementar a análise de cluster, se realizou a mesma comparação na VE dos exemplares melhor preservados de machos de *Cyprideis* (Tabela 5), do qual se encontraram unicamente de quatro espécies (*C. n. sp. 1*, *C. n. sp. 4*, *C. sp. 1* e *C. sp. 4*). Na análise de

cluster (Figura 20) se observa que os exemplares de *C. sp. 1* e *C. sp. 4* se encontram claramente em *cluster* independentes, tendo muito pouca similaridade com as outras duas espécies (ver também taxonomia destas espécies). Os machos da *C. n. sp. 1* e *C. n. sp. 4* se encontram diferenciados em dois clusters aparte, com uma similaridade baixa (-75).

Tabela 5. Múltiplas comparações quantitativas das VE de machos de Cyprideis das diferentes espécies obtidas pelo programa Morphomatica no Modo Área Normalizada.

	Cyprideis 20	Cyprideis 21	Cyprideis 22	Cyprideis 24	Cyprideis 40	Cyprideis H	Cyprideis 52	Cyprideis 65	Cyprideis A
Cyprideis 20 VE	0	16,42	4,41	35,21	15,71	34,8	58,07	76,27	14,3
Cyprideis 21 VE	16,42	0	15,84	29,44	22,66	34,22	54,53	74,92	21,09
Cyprideis 22 VE	4,41	15,84	0	33,24	15,87	33,44	56,76	76,51	13,84
Cyprideis 24 VE	35,21	29,44	33,24	0	32,64	18,84	31,15	100,02	31,1
Cyprideis 40 VE	15,71	22,66	15,87	32,64	0	35,59	54,79	81,65	15,44
Cyprideis H VE	34,8	34,22	33,44	18,84	35,59	0	30,59	104,63	33,09
Cyprideis 52 VE	58,07	54,53	56,76	31,15	54,79	30,59	0	125,53	56,2
Cyprideis 65 VE	76,27	74,92	76,51	100,02	81,65	104,63	125,53	0	80,25
Cyprideis A VE	14,3	21,09	13,84	31,1	15,44	33,09	56,2	80,25	0

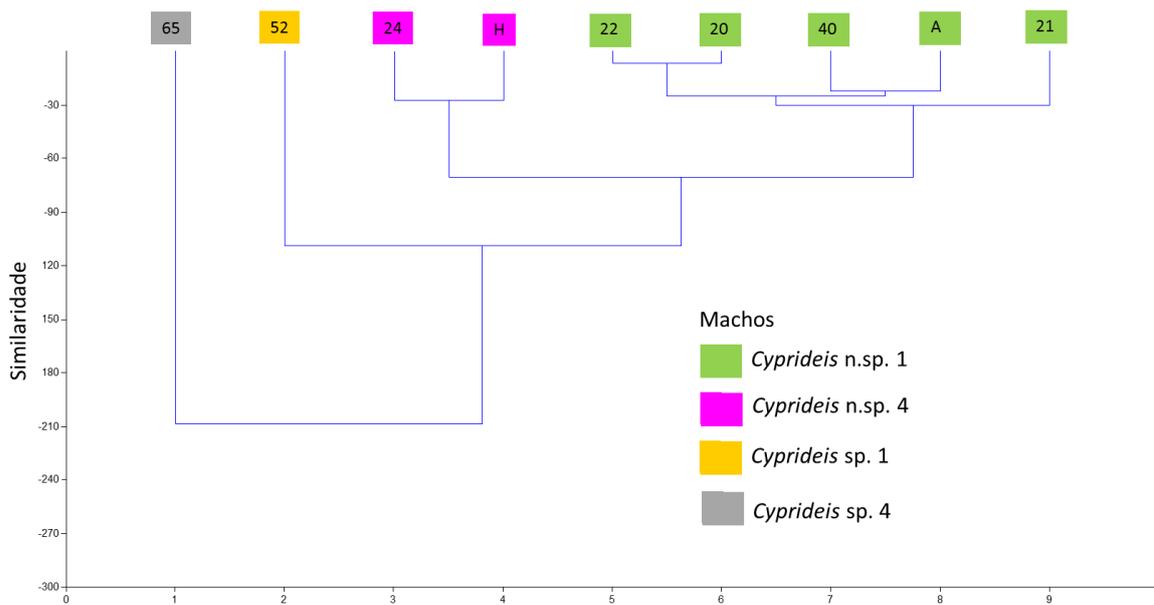


Figura 20. Análise de cluster para as VE machos de Cyprideis na Bacia El Descanso. Numeração dos espécimes como depositados na coleção.

Entretanto, na análise de cluster não houve uma diferenciação clara entre as fêmeas *Cyprideis n. sp. 1* e *C. n. sp. 4*, mas ao realizar uma análise geométrica dos contornos para ambas populações, foi possível distingui-las (Figura 21). *C. n. sp. 4* possui uma maior altura,

além de uma maior inclinação do ângulo posterodorsal. Desta maneira, se conseguiu separar morfometricamente as duas espécies (aceitando, porém, que são muito semelhantes entre si).

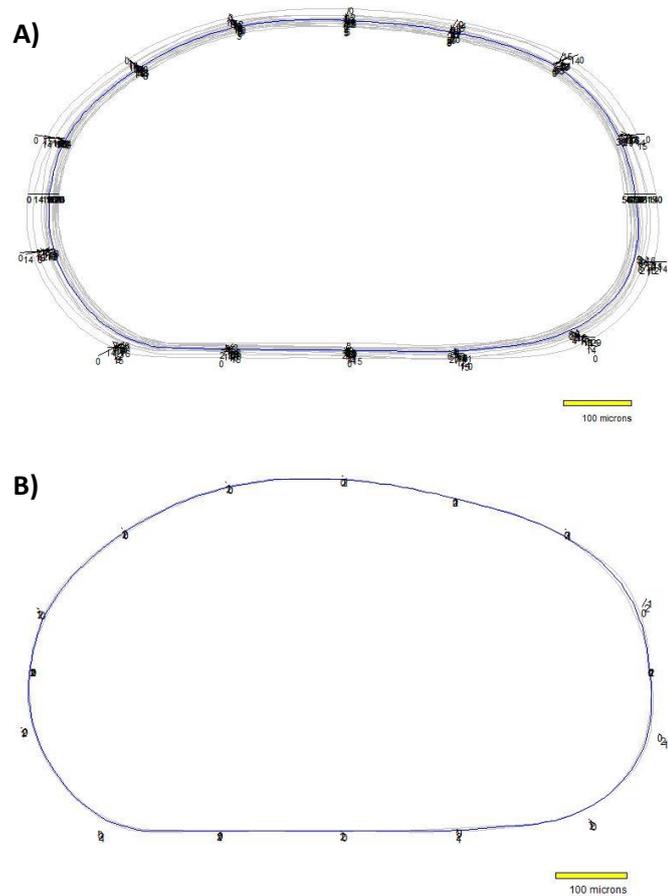


Figura 21. Diferenças geométricas nas VE das fêmeas de **A.** *C. n. sp. 1* (n=15) e **B.** *C. n. sp. 4* (n=5). Em cinza contorno dos exemplares, em azul se calcula a medida média da população. Nota-se a maior altura e inclinação do ângulo posteroventral no contorno da *C. n. sp. 4*.

A segunda fase da análise morfométrica consistiu em fazer a comparação das espécies classificadas na Bacia Descanso-Yaurí com outras espécies descritas nas Américas, utilizando, quando possível, os holótipos e parátipos originais, ou em sua ausência, os lectótipos, ou ainda material com boas fotografias (Sandberg, 1964; van den Bold, 1972, 1976; Purper, 1979; Munoz-Torres *et al.*, 1998). Para esta análise se consideraram as VE das fêmeas das diferentes espécies.

Ao comparar *C. n. sp. 1* com espécies semelhantes, como *C. beaconensis* LeRoy, 1943 (Plioceno e Recente da Califórnia, Baixa Califórnia e Chile) e *C. pascagoulensis* Mincher, 1941 (Mioceno do Mississippi, Estados Unidos), na Área Não Normalizada (Figura 22A),

pôde-se observar que *C. beaconensis* é ligeiramente maior e *C. pascagoulensis* ligeiramente menor que esta espécie. Na comparação em Área Normalizada (Figura 22B), se observa que o contorno das três espécies é muito semelhante, salvo pequenas diferenças na região posterior e anterior. Assim, morfometricamente foi difícil diferenciá-las, mas taxonomicamente se encontraram várias diferenças nítidas que as separam (ver discussão da *C. n. sp. 1*).

A distribuição de *Cyprideis* no flanco oeste das Américas é relativamente infrequente (Figuras 6-7), portanto é ainda mais relevante a semelhança entre *C. beaconensis* do Plioceno e Recente com *C. n. sp. 1*. Isto, somada à localização estratégica da *C. n. sp. 1*, entre Chile e Califórnia, permitiria especular uma possível relação filogenética entre estas espécies (?).

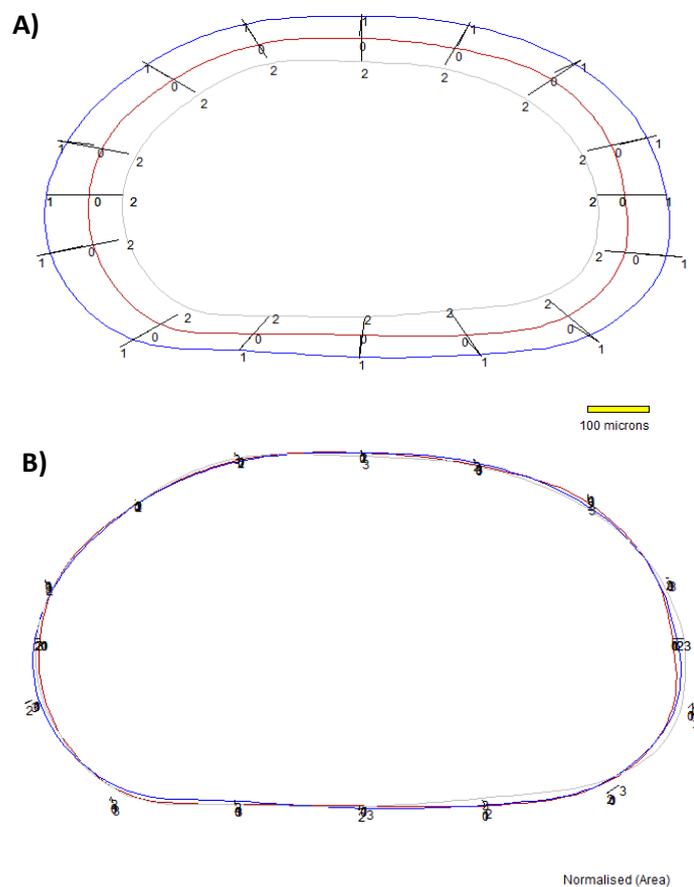


Figura 22. Comparação geométrica entre a média das VE de *Cyprideis n. sp. 1* (vermelho), *C. beaconensis* LeRoy, 1943 (azul) e *C. pascagoulensis* Mincher, 1941 (Cinza). **A.** Área não Normalizada. **B.** Área Normalizada.

A *Cyprideis n. sp. 3* guarda uma grande similaridade com *C. panamensis* van den Bold, 1972. Para a análise geométrica entre estas espécies se fez uma exceção de usar a VD, devido

a que no material original descrito por van den Bold (1972) aparecem nas fêmeas unicamente VD. Na área não normalizada (Figura 23A) se observa que *C. panamensis* é menor; além disso é visível no contorno da *C. n. sp. 3* o relevo produzido pela *flange* da região posteroventral, ausente em *C. panamensis*. Na área normalizada (Figura 23B) as diferenças nos contornos são mais evidentes. A espécie *C. n. sp. 3* é mais truncada na região posterodorsal, enquanto *C. panamensis* é ligeiramente mais truncada na anteroventral, e a margem anterior, em geral, é ligeiramente mais alongada.

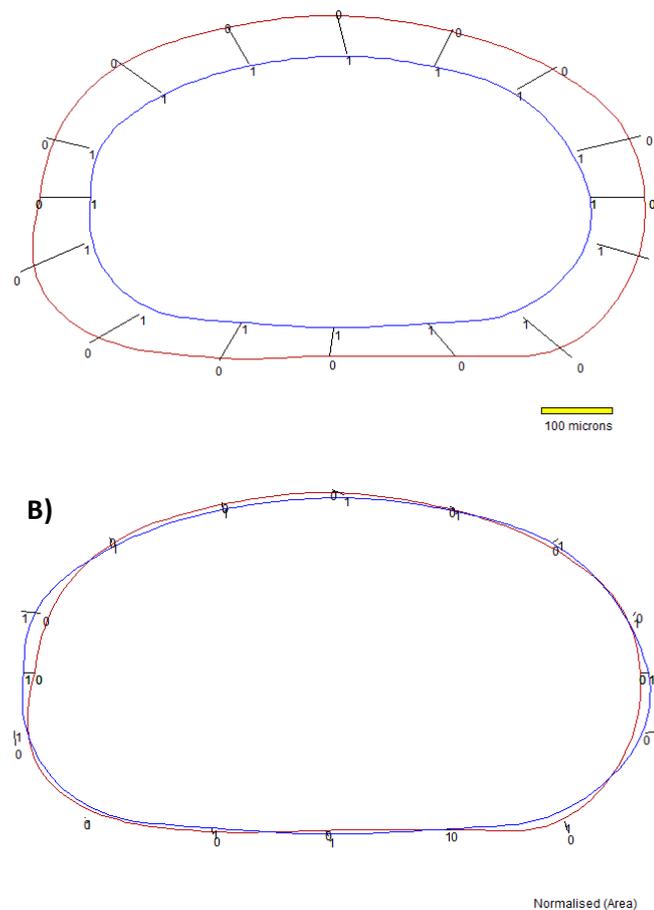


Figura 23. Comparação geométrica entre a média das VD ($n=3$) de *Cyprideis n. sp. 3* (vermelho) e o holótipo de *C. panamensis* van den Bold, 1972 (azul). A. Área não Normalizada. B. Área Normalizada.

A *C. n. sp. 3* também foi comparada com outras espécies do Mioceno da Amazônia Ocidental, que apresentam uma ornamentação forte, quase reticulada, como *C. graciosa* Purper, 1979 e *C. pebasae* Purper, 1979 (Figura 24). Na área não normalizada (Figura 24A) se observa que estas espécies são ligeiramente a consideravelmente menores. Na área Normalizada (Figura 24B) se observa que a margem dorsal da região posterior das espécies amazônicas desce desde a região mediana de maneira forte, enquanto *C. n. sp. 3* é mais

horizontal; ainda, as espécies amazônicas são muito semelhantes na área normalizada, e são consideravelmente mais alongadas na região posterior, apesar de ter um contorno na margem anterior muito semelhante com a *C. n. sp. 3*. *C. lacrimata* Muñoz Torres *et al.*, 1998 tem um contorno semelhante a estas espécies, em especial com *C. pebasae*. De fato, ambas as espécies são consideradas sinônimas por Gross *et al.* (2013), assim que não se considerou nesta análise.

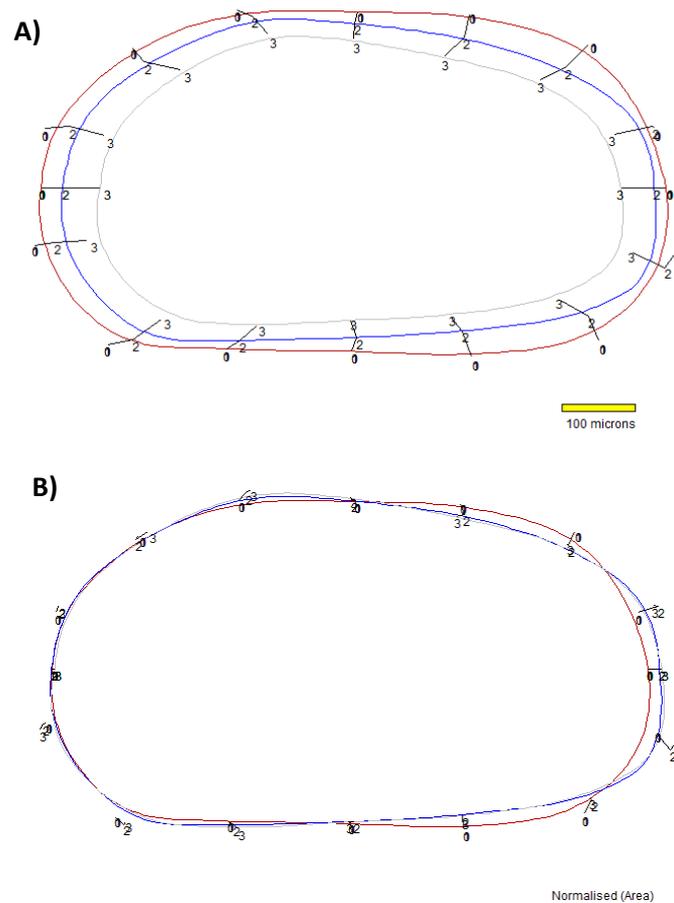


Figura 24. Comparação geométrica entre a média das VD ($n=4$) de *Cyprideis n. sp. 3* (vermelho) e *C. graciosa* Purper, 1979 (azul) e *C. pebasae* Purper (Cinza). **A.** Área não Normalizada. **B.** Área Normalizada.

Embora a ornamentação e o contorno das fêmeas da *C. n. sp. 4* é semelhante com *C. aulakos* Muñoz-Torres *et al.* (1998), na análise geométrica pôde-se observar várias diferenças: *C. aulakos* é maior (Figura 25A), e ao comparar os contornos, *C. aulakos* é mais truncada e mais alta na região anterior; as duas espécies são especialmente diferentes na região anteroventral (Figura 25B).

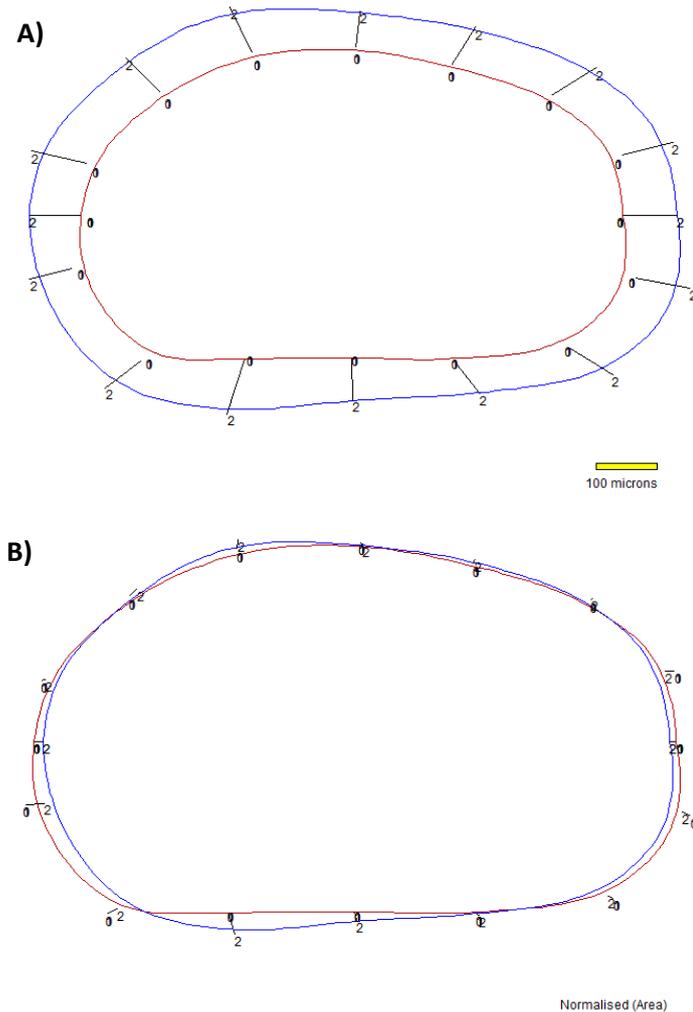


Figura 25. Comparação geométrica entre a média das VE ($n=4$) de *Cyprideis n. sp. 4* (vermelho) e *C. aulakos* Muñoz-Torres et al., 1998 (azul). **A.** Área não Normalizada. **B.** Área Normalizada.

Em resumo, a análise de cluster e a análise geométrica, confirma a diferenciação das espécies de *Cyprideis* consideradas na taxonomia. Além disto, a comparação morfométrica com as espécies de maior semelhança reportadas para as Américas demonstra o endemismo da população de *Cyprideis* da Bacia El Descanso.

7.4. . PALEOECOLOGIA E PALEOSALINIDADE

Cyprideis, especificamente *C. torosa* (Jones, 1850), é amplamente reconhecido como um gênero holoeurialino, isto é, suporta condições extremas tanto de baixa quanto de alta salinidade (e.g. Bodergart et al., 1991; Keyser, 2005; Gross et al., 2008; Ruiz et al. 2013). De acordo com Ruiz et al. (2013) as concentrações onde este gênero consegue sobreviver está entre 0,5-150 PSU, com um ótimo biológico entre oligohalino a mesohalino (Gross et al.,

2008). Devido ao amplo leque de salinidade que este gênero consegue sobreviver, as interpretações paleoambientais em relação à salinidade do meio por sua ocorrência fica impossibilitada. Desta forma, vários métodos têm sido aplicados para estimar a paleosalinidade. Dentre estes métodos, existem as análises geoquímicas (isótopos e elementos traço) além de análise de estruturas morfológicas nas carapaças, que se formam como respostas às mudanças na salinidade, como os nódulos e os porocanais normais.

No caso dos nódulos, Keyser (2005) realizou um estudo histológico para resolver a origem dos nódulos em *C. torosa* (Figura 26); o autor registrou que os nódulos se formam devido à incapacidade do indivíduo de regular a pressão osmótica durante o seu crescimento e mudas da carapaça sob baixas salinidades (<5%), e/ou baixas concentrações nos íons de Ca. Por meio de outros experimentos, pelo meio da cultura de exemplares vivos estudos apontam também que as baixas salinidades causam os nódulos em *Cyprideis*, chegando a um valor crítico de 8 PSU de salinidade, onde começam a se formar os nódulos, segundo Carbonel (1988) e van Harten (1996) ou 6-9 PSU, segundo Vesper (1975).

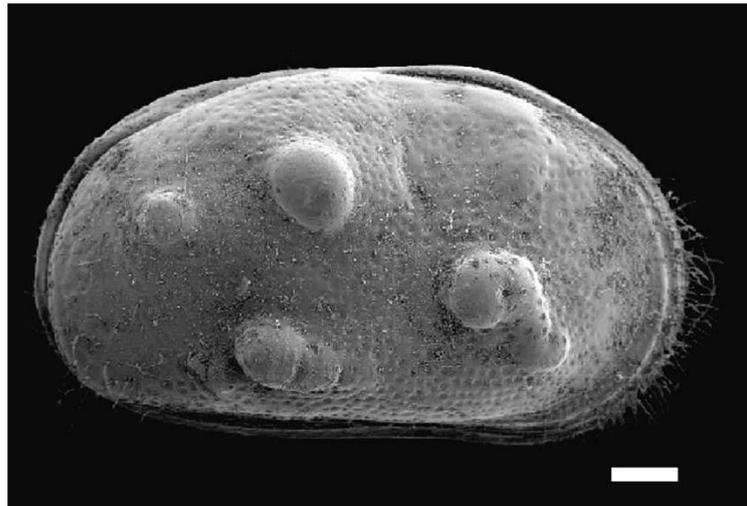


Figura 26. Exemplar de *Cyprideis torosa* fortemene nodulado. Retirado de Keyser (2005).

7.4.1. Análise de Porocanal Normal em *Cyprideis*

No presente trabalho, devido à preservação dos exemplares de *Cyprideis*, os quais se encontram com sobrecrecimento de carbonatos (impossibilitando o uso das análises geoquímicas), e pela ausência de nódulos, adotou-se a metodologia da análise de porocanais normais em *Cyprideis* para estimar a paleosalinidade e auxiliar na interpretação paleoambiental das amostras estudadas.

Além dos nódulos, os porocanais normais crivados em *Cyprideis* também são utilizados como indicativos de salinidade. Estes são estruturas osmorreguladoras do organismo, com uma morfologia que pode variar de arredondada à alongada e irregular, ou inclusive na forma de um trevo (Figura 27A-B). Em cada indivíduo, cerca de 70-110 porocanais normais podem ser encontrados, sendo inicialmente usados como critério taxonômico (e.g. Sandberg, 1964). Posteriormente, o estudo de porocanais normais de *C. torosa* mostrou que variações nas morfologias dos porocanais normais é uma resposta à salinidade do ambiente (Figura 27A). Rosenfeld & Vesper (1977) quantificaram a frequência das diferentes morfologias de porocanais sob diferentes concentrações de sais e demonstraram que a frequência de porocanais arredondados aumenta progressivamente quando a salinidade baixa, e a frequência dos poros alongados e irregulares aumentam proporcionalmente com o aumento da salinidade. Assim, se estabeleceu um método de calcular a salinidade com *Cyprideis*, amplamente usado, tanto em fósseis (e.g. Gliozzi & Mazzini, 1998; Tibert *et al.*, 2012), quanto em associações recentes (e.g. Medley *et al.*, 2008). Uma revisão posterior deste método estima que a correlação entre o método dos porocanais com a salinidade medida é de 0,95 (Pint *et al.*, 2012).

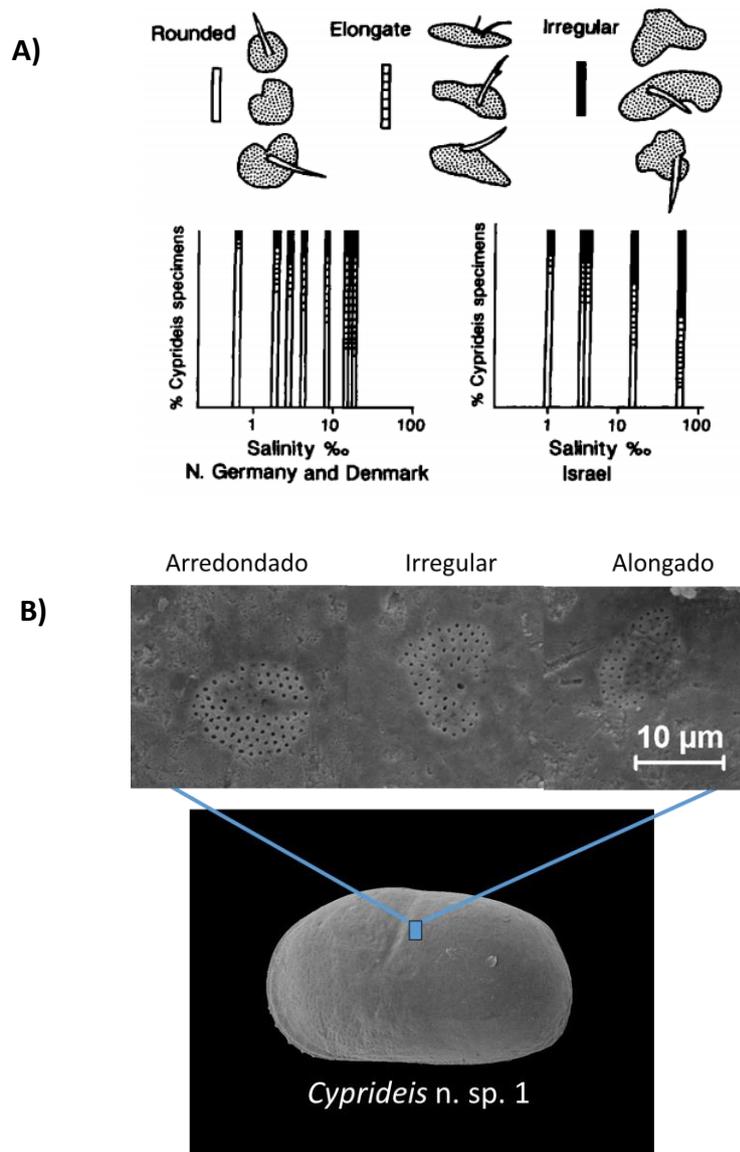


Figura 27. Resposta de *Cyprideis* à variação na salinidade. **A.** Frequências dos porocanais normais e sua relação com a salinidade. Retirado de Rosenfeld & Vesper (1977). **B.** Diferentes morfologias dos porocanais normais crivados em *Cyprideis* n. sp. 1 da Bacia El Descanso.

7.4.1.1 Análise De Porocanal Normal nas *Cyprideis* Estudadas

Trabalhos anteriores com diatomáceas na área de estudo apontam a variações de salinidade nos paleoambientes do Membro Superior da Formação El Descanso (Cerpa *et al.*, 2004), apesar de não especificar sua localização. Desta forma, a análise de porocanais em *Cyprideis* é importante para auxiliar na estimativa de salinidade destes ambientes, fornecendo um método para quantificar a salinidade, apesar de não ter uma sequência com este gênero que possa fornecer a variação da paleosalinidade ao longo do tempo. Esta análise se realizou

independente para duas espécies (*Cyprideis* n. sp. 1 e *Cyprideis* n. sp. 2), na amostra STRI ID 36558, em fêmeas e machos, em valvas esquerdas e direitas. Devido à recristalização e remineralização de calcita nas carapaças, o que dificulta a visualização dos porocanais, foi necessário uma quantidade significativa de exemplares (entre 25-40) para obter uma quantidade significativa de porocanais, ainda quando o número mínimo de exemplares recomendados é somente 10 (Elsa Gliozzi, *pers. Comm.*).

Um total de 956 porocanais foi analisado, 784 correspondem a *Cyprideis* n. sp. 1, e 172 a *Cyprideis* n. sp. 2. As frequências foram plotadas (Figura 28) no gráfico proposto por Rosenfeld & Vesper (1977). A salinidade estimada foi de 8 PSU para a *Cyprideis* n. sp. 1 e 3,9 PSU para a *Cyprideis* n. sp. 2, o que a localizaria entre oligohalina e mesohalina, indicando condições dulcícolas no momento de vida de *Cyprideis*. Apesar de serem dois valores diferentes, e estes ocorrerem na mesma amostra, provavelmente esta diferença se dá pela representatividade estatística de *Cyprideis* n. sp. 2 na amostra, onde foram observados menos porocanais. Independentes disto, ambos os resultados indicam condições dulcícolas.

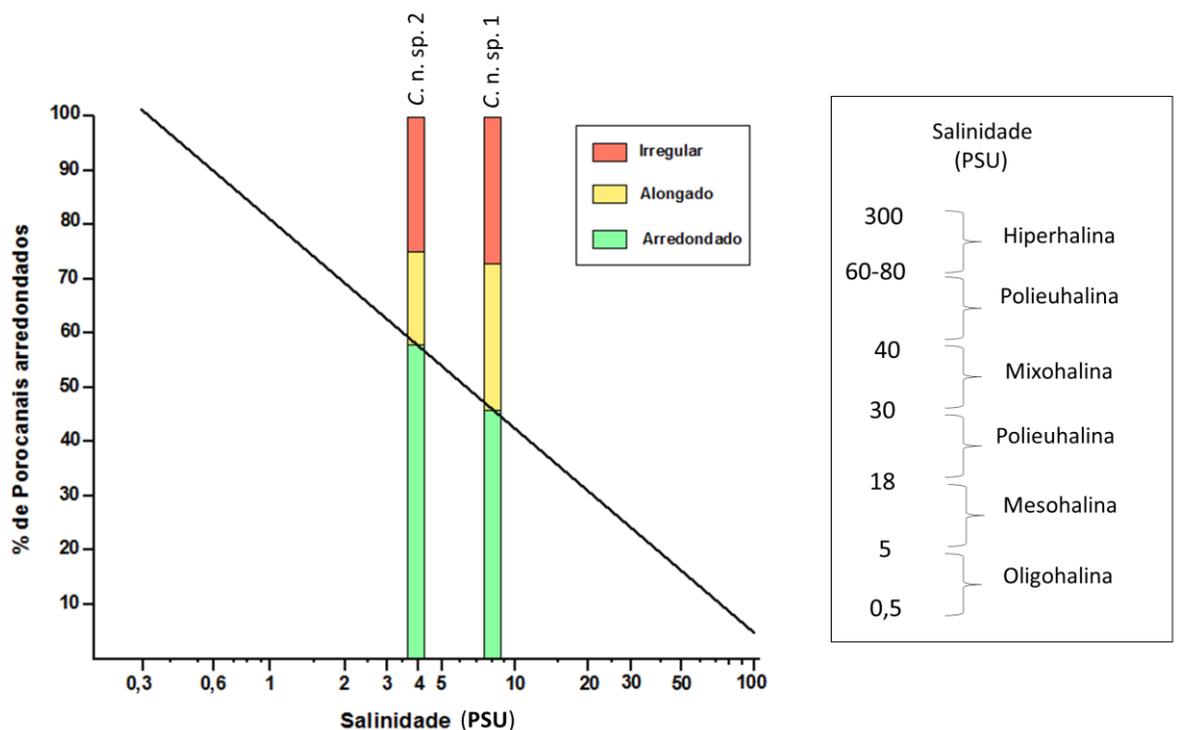


Figura 28. Paleosalinidades estimadas da amostra STRI-36558 nas duas espécies mais abundantes, de acordo com o método proposto por Rosenfeld & Vesper (1977).

7.4.2. Análise de Difração de Raios X

As análises de difração de Raios X nas argilas foram utilizadas no presente estudo como um recurso adicional para as interpretações paleoclimáticas. A relação entre o clima e o tipo de argila tem sido longamente usado como *proxy* paleoclimático (*e.g.* Ehrmann *et al.*, 2005) inclusive, em bacias intramontanhosas nos Andes (*e.g.* Do Campo *et al.*, 2010). Análises prévias realizadas para o Membro Superior da Bacia El Descanso permitiu registrar argilominerais como esmectita e vermiculita, as quais são associadas a importantes variações climáticas, e tentativamente, às mudanças no nível dos lagos (Cerpa *et al.*, 2004), mas sem especificar a sua localização ou grau de variação.

Desta maneira, se realizaram análises de raios X nas amostras contendo ostracodes, para observar se existe uma variação nas argilas consequente com a variação nas associações. Além das amostras contendo ostracodes, se realizou também esta análise em uma amostra no topo da seção norte que não contém ostracodes, STRI-ID 36581 (ver Tabela 2). Os difractogramas mostram que em geral, todas as amostras estão dominadas pelo mesmo tipo de argila (esmectita; ver Figura 29). Só duas amostras contêm quantidades menores de argilas do tipo Illita e Caolinita, que correspondem com a amostra STRI ID 36581, e a amostra com *Heterocypris* na Seção de Huano Huano (STRI 36556). Além disso, se identificaram em todas as amostras quartzo, plagioclaso e cristobalita (quartzo de alta temperatura); este último mineral poderia estar associado com a fonte predominantemente vulcânica dos sedimentos da bacia.

Importantes são, também, os picos da calcita registrados nos difractogramas (Figura 29). Pela fase de triagem e ensaio de HCl sobre a amostra verificou-se que nas amostras que contêm ostracodes, a única fonte de calcita são só estes microfósseis. Desta forma, se identificou a relação direta entre a intensidade do pico de calcita e a abundância dos ostracodes nas mesmas; na amostra STRI 36595 não se tem registro de calcita pela difração de Raios X, embora se tenham coletado 13 valvas juvenis de *Heterocypris*; a ausência de pico de calcita nesta amostra concorda com a baixa quantidade de ostracodes.

Dois tipos de calcita tem se registrado para as amostras: Calcita e Calcita Magnesiana. A Calcita se encontra unicamente na amostra STRI 36558 (*Cyprideis*), enquanto que a Calcita magnesiana se encontra nas amostras STRI ID 36558 (*Heterocypris*) e STRI 36567 (*Limnocythere-Alicenula*). Isto parece ter relação com a recristalização e sobrecrescimento de calcita nas carapaças de *Cyprideis*, pois a totalidade destas encontra-se substituídas por

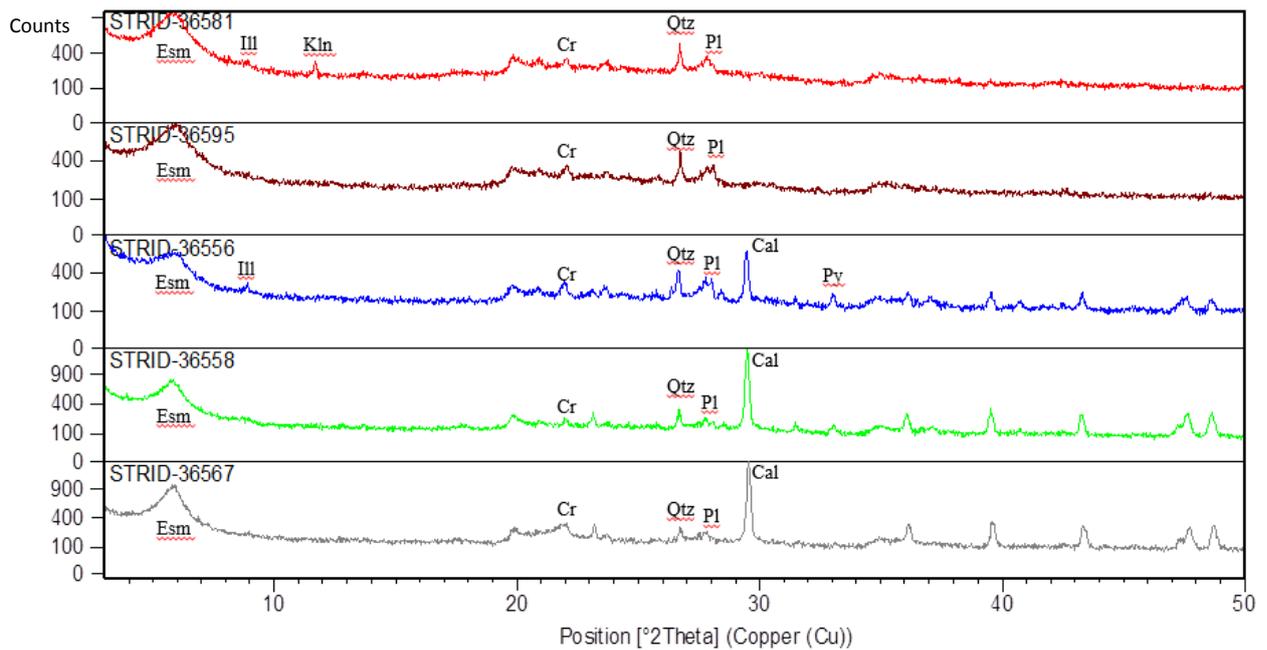


Figura 29. Análise de difração de Raios X (DRX) para as amostras contendo ostracodes. Esm: Esmectita; Ill: Illita; Kln: Caolinita; Cr: Cristobalita; Qtz: Quartzo; Pl: Plagioclaso; Cal: Calcita; Py: Pirita.

carbonato de cálcio (Figura 18); por outro lado, nas amostras contendo calcita magnésiana a preservação das carapaças dos ostracodes é excelente, não se observando essa substituição. Assim, a presença de Calcita magnésiana parece ser indicativa da preservação da calcita original dos ostracodes e de que estes (*Heterocypris*, *Alicenula* e *Limnocythere*) não sofreram processos diagenéticos durante a deposição sedimentar.

Na amostra STRI 36558 parece haver um pequeno pico de Pirita (?) que não se registra nas outras amostras. A grande instabilidade deste mineral em condições superficiais poderia indicar condições anóxicas (profundas?) ou uma fonte do sedimento muito próxima, com um rápido soterramento.

A abundância de esmectita, por sobre outros tipos (e.g. Illita) indica condições úmidas (e.g. Ehrmann *et al.*, 2005). Entretanto, esta condição climática não é segura, pois não se garante que a totalidade das esmectitas sejam de natureza detrítica (e portanto climaticamente controladas); pois a presença de esmectita autigênica, ou seja, produto de diagênese, não está climaticamente controlada (Ehrmann *et al.*, 2005), sendo muito comum como produto da diagênese de sedimentos com grande influência vulcânica (Do Campo *et al.*, 2010), como é o caso da Bacia El Descanso (Carlotto 2013). Desta forma, não é possível estabelecer uma relação climática com os argilominerais encontrados na área de estudo.

8. DISCUSSÕES

Na essência, a ostracofauna do Membro C da Formação El Descanso mostra uma mudança radical nas suas associações. No norte, perto da base do membro (~9,1 Ma), uma abundante fauna endêmica de *Cyprideis* (cuja análise de porocanais normais sugere um ambiente dulcícola) é seguida por uma associação composta por *Limnocythere* e *Alicenula*. Estas associações indicam que para o Membro C, ao norte, existe um ambiente de *ancient lake*. Oposto a estas, no centro e sul da bacia se encontrou uma associação monotípica de *Heterocypris*, indicativa de lagos temporários.

Esta mudança nas associações, de ambientes estáveis para temporários pode ser explicada por dois cenários: o primeiro onde as variações ambientais das seções estudadas seriam explicadas por diferenças geográficas e o outro por mudanças ao longo do tempo.

Se considerarmos o primeiro cenário, este pode ser suportado por modelos atuais. Estudos reconhecem mudanças radicais nos padrões climáticos no Altiplano dos Andes atuais; de fato, podem coexistir ambientes lacustres estáveis no norte (*e.g.* Lago Titicaca) passando por ambientes temporários (*e.g.* Lago Poopo), e com salares onde a precipitação é muito baixa, no sul (Mouguiart & Montenegro, 2002). Por analogia, isto poderia explicar os modelos paleogeográficos do Membro C, na área estudada, descritos em Cerpa *et al.* (2004) e Carlotto (2013) os quais consideram corpos lacustres de maior dimensão e estabilidade no noroeste da bacia, enquanto a sudeste as fácies indicam ambientes fluviais com pequenos corpos lacustres associados; este arranjo paleogeográfico confere com as associações de ostracodes que mostram a possibilidade de terem existido lagos estáveis e instáveis, ao mesmo tempo, em distintas porções da bacia.

No segundo cenário, as mudanças das associações de ostracodes poderiam estar relacionadas a variações ambientais ao longo do tempo. Estudos palinológicos na bacia mostram uma grande abundância do gênero *Podocarpus* nas partes intermediárias do Membro B da Formação El Descanso embora nas partes superiores do Membro C estes se reduzem significativamente (Kar *et al. in press*). Estes autores vinculam a redução deste gênero à mudanças climáticas que variam de condições de maior para menor temperatura e precipitação.

Desta forma, as associações de ostracodes poderiam também ter sido afetadas por estas variações climáticas ao longo do tempo, onde os ambientes variaram de lagos estáveis para temporários, devido provavelmente à diminuição na precipitação. De fato, evidências

climáticas em uma escala global, apontam uma queda na temperatura ao longo do Mioceno (e.g. Zachos *et al.*, 2001), que provavelmente tenham diminuído os níveis de evaporação nos oceanos e precipitação no continente. Entretanto, essas mudanças não foram observadas nos resultados das análises de raios X nas argilas, neste estudo, dominada por esmectita, para outras condições indicativas de clima mais seco (e.g. Illita, ver Ehrmann *et al.* 2005).

Entretanto, não é possível afirmar a relação das mudanças das associações de ostracodes com algum dos dois cenários. A falta de conhecimento sobre o papel das falhas no levantamento ou afundamento local de blocos da Bacia El Descanso (Dr. Carlos Jaramillo, *pers. comm.*) dificulta a correlação estratigráfica entre as seções estudadas. Além disto, os estudos bioestratigráficos da Bacia El Descanso são limitados e não há evidência de uma relação estratigráfica precisa entre as seções.

Por outro lado, apesar de existir esta problemática em relação ao posicionamento estratigráfico entre as seções, a mudança das associações de ostracodes na seção norte, conforme mostrada no início deste capítulo aponta para mudança no nível do lago estável. Nos ambientes atuais, a abundância de espécies endêmicas de *Cyprideis* é típica de ambientes de profundidade considerável (30-90 m) como no Lago Tanganyika (Wouters & Martens, 2001, 2008), enquanto que a associação de *Limnocythere* e *Alicenula* encontram-se nos ambientes relativamente mais rasos (~0-10 m.) do Lago Titicaca (Mourguiart & Montenegro, 2002) e Malawi (Frogley *et al.*, 2002; Park & Cohen, 2011). Com base nestas relações atualistas, é possível que a mudança na ostracofauna, no norte da área de estudo, seja indicativa de um raseamento do lago da base para o topo da seção, provavelmente associadas às mudanças climáticas.

O *flock* de espécies de *Cyprideis* da Bacia El Descanso merece especial atenção. Como é proposto neste trabalho, este gênero precisa se desenvolver em um ambiente aquático estável como proposto para o norte do Membro C (ver Capítulo 3 para detalhes), contrastando-se com os lagos intermitentes do Membro B, para o centro e noroeste da bacia descritos por Cerpa (2004) e Carlotto (2013). Este *flock* se encontra, perto ao contato com o Tufo Yauri (que separa os Membros B e C) e que foi datado em $9,1 \pm 0,7$ Ma por Kar *et al.* (*in press*).

Uma radiação deste gênero (mas a maior escala) ocorreu na Amazônia Ocidental durante o Mioceno Inferior, chamado de *flock* de espécies de *Cyprideis* do Mioceno da Amazônia (Whatley *et al.*, 1998; Gross *et al.*, 2014), onde cerca de 30 espécies têm sido

descritas (Gross et al., 2014). O maior evento de especiação desta área, ocorreu antes do *flock* de *Cyprideis* da Bacia El Descanso, no final do Mioceno Inferior e Mioceno Médio entre 15-11 Ma (Muñoz-Torres et al., 2006), associado à presença de um sistema de ambientes aquáticos estáveis, chamado de Sistema Pebas (ver Hoorn et al., 2010 e referências no texto). Este sistema, com o soerguimento andino culminou em ambientes fluvio-lacustres ocasionando o declínio do *flock* de *Cyprideis* (e.g. Muñoz-Torres et al., 2006; Gross et al., 2013).

Em relação às mudanças climáticas, simulações têm mostrado que a precipitação aumentou progressivamente no *plateau* andino (Ehlers & Poulsen, 2009) e declinou na área amazônica (Sepulchre et al., 2010) pelo efeito do soerguimento da cordilheira, que é definido no intervalo de ~10-6 Ma segundo Garzzone et al. (2006, 2008).

Assim, neste trabalho se sugere uma relação direta entre o desenvolvimento de *flock* de *Cyprideis* à estabilidade dos ambientes aquáticos e seu declínio às mudanças climáticas produzidas pelo levantamento Andino, que se dá de maneira inversa na região Andina e Amazônica: durante o Mioceno Inferior-Médio, a maior precipitação e espaço de acomodação favoreceu um ambiente aquático estável que permitiu o desenvolvimento do *flock* de *Cyprideis* na Amazônia e o concomitante desenvolvimento de corpos lacustres intermitentes nos Andes Centrais na Bacia Descanso-Yauri. No Mioceno Superior (~10-9 Ma), o aumento da precipitação (e tal vez do espaço de acomodação) produto do soerguimento da Cordilheira favoreceu a maior estabilidade dos ambientes lacustres no Altiplano, gerando um *flock* de *Cyprideis* nesta área, cronocorrelata ao declínio da diversidade do gênero na Área Amazônica, produzido pelos períodos de menor precipitação durante o Mioceno Superior.

A hipótese da relação entre o clima, estabilidade dos lagos e endemismo das espécies de ostracodes precisa ser ainda revisada e enriquecida com maior detalhe estratigráfico, taxonômico e paleoclimático. Mesmo assim, este trabalho abre novas possibilidades de pesquisa, como estabelecer a proporção dos argilominerais climaticamente controlados, assim como a revisão de padrões semelhantes em bacias cronocorrelatas no Altiplano onde também se tem amplos registros geológicos de condições lacustres (e.g. Bacias Tincopalca-Huacochullo e Condorama).

9. CONCLUSÕES

A análise taxonômica e morfométrica permitiu verificar a ocorrência de gêneros lacustres tais como *Cyprideis*, *Heterocypris*, *Alicenula* e *Limnocythere* na área de estudo. O gênero *Cyprideis* é o mais diverso e abundante constituído por 8 espécies endêmicas interpretadas como *species flock* da Bacia El Descanso típica de um *ancient lake*. O gênero *Heterocypris* é relativamente comum e representa uma associação monotípica indicando ambientes de lagos temporários.

Não foi possível afirmar se a variação das associações do norte e do sul são cronocorrelatas ou não devido a falta de dados e a limitação dos estudos bioestratigráficos da Bacia El Descanso não havendo evidência de uma relação estratigráfica precisa entre as seções.

Os estudos análogos da ostracofauna analisada com ambientes modernos apontam para diferentes profundidades do *ancient lake* ao norte da bacia, manifestado pela diferenciação das associações (radiação de *Cyprideis* na base e *Limnocythere/Alicenula* para o topo da seção Checca) sugerindo raseamento do lago com o tempo. As condições durante o desenvolvimento do *ancient lake* foram pelo menos oligohalinas, como mostram as estimativas de paleosalinidade com porocanais normais em *Cyprideis*.

Além disso, se observa que, possivelmente, há uma mudança radical nos ambientes aquáticos de *ancient lake* para lagos temporários, nas seções da bacia Descanso-Yaurí, ao longo do Mioceno Superior-Plioceno ou entre as seções da bacia.

Com a observação da fauna de ostracodes do Mioceno do noroeste da América do Sul se sugere uma possível relação entre o desenvolvimento de ambientes aquáticos estáveis com a radiação e o endemismo de *Cyprideis* (*flock species*); e destes com os eventos tectônicos e climáticos. Assim, a radiação e endemismo de *Cyprideis* na Amazônia Ocidental no Mioceno Superior, bem como na Bacia Descanso Yauri, no *plateau* andino, durante o Mio-Plioceno não é produto da casualidade, senão o da mudança climática e a relação inversa dos padrões climáticos em ambas as regiões.

Desta forma, um registro mais completo da ostracofauna da Bacia El Descanso, além de melhores calibrações temporais, tanto na área Andina quanto no *flock* de *Cyprideis* no Mioceno da Amazônia é necessário para uma maior compreensão deste fenômeno.

REFERÊNCIAS

- Alin, S.R. & Cohen, A.S. 2003. Lake-level history of Lake Tanganyika, East Africa, for the past 2500 years based on ostracode-inferred water-depth reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **199**: 31-49.
- Allmendinger, R.W., Jordan, T.E, Kay, S.M., Isacks, B.L. 1997. The evolution of the Altiplano-Puna plateau of the Central Andes. *Annu. Rev. Earth. Planet. Sci*, **25**: 139-174.
- Baird W. 1843. Notes on british entomostraca. *Zoologist – Pop Misc. Nat. Hist*, **1**: 193–197.
- Barnes, J.B. & Ehlers, T.A. 2009. End member models for Andean Plateau uplift. *Earth-Science Reviews*, **97**: 105–132.
- Benson, R.H. 1959. Ecology of Recent ostracodes of the Todos Santos Bay region, Baja California, Mexico. *Kansas University Paleontological Contribution*, **23**, Arthropoda: 1-80.
- Bodergat, A.M. 1983. Les Ostracodes, témoins of leur environment: approach e chimique e tecnología en miliey lagunare et océanique. *Doc. Lab. Geol. Lyon*, **88**:1-246.
- Bodergat, A.M., Rio, M., Andréani, A.M. 1991. Composition chimique et ornementation de *Cyprideis torosa* (Crustacea, Ostracoda) dans le domaine paraliq. *Oceanologica Acta*, **14**(5) : 505-514.
- Bohacs, K. M., Carroll, A.R., Neal, J.E., Mankiewicz, P.J. 2000. Lake-basin type, source potential, and hydrocarbon character: an integrated-sequence-stratigraphic–geochemical framework, *In*: Gierlowski-Kordesch, E.H., Kelts, K.R. (eds.). Lake basins through space and time: *AAPG Studies in Geology*, **46**:3–34.
- Bold, van den, W.A. 1963. Upper Miocene and Pliocene Ostracoda of Trinidad. *Micropaleontology*, **9**(4):361-424.
- Bold, van den, W.A. 1971. Ostracoda of the coastal group of formations of Jamaica. *Gulf Coast. Assoc. Geol. Soc*, **21**: 325-348.
- Bold, van den, W.A. 1972. Ostracoda of the La Boca Formation, Panama Canal Zone. *Micropaleontology*, **18**(4):410-442.
- Bold van den, W.A. 1976. Distribution of species of the tribe cyprideidini (Ostracoda, Cytherdeidae) in the Neogen of the Caribbean. *Micropaleontology*, **22**(1):1-43.

- Bold van den, W.A. 1986. Fresh and Brackish water Ostracoda from the Neogen of Northern Venezuela. *Tulane Stud. Geol. Paleontol*, **94**(3):141-157.
- Brady, G.S. 1867. In: De Folin, L., Périer, L. *Les fonds de la mer*. Savy Libraire Editeur, **1**:1867-1872.
- Brady, G.S. 1870. In: De Folin, L., Périer, L. *Les fonds de la mer*. Savy Libraire Editeur, **1**:1867-1872.
- Brady, G.S & Robertson, D. 1869. Notes on a week's dredging in the west of Ireland. *Ann Mag Nat Hist*, ser 4 **3**:353–374.
- Carbonel, P. 1988. Ostracoda and the transition between fresh and Saline Waters. In: De Deckker, P., Colin, J.P., Peypouquet, J.P. (eds.). *Ostracoda in the Earth Sciences*. Elsevier. p. 157–173.
- Carlotto, V. 2013. Paleogeographic and tectonic controls on the evolution of Cenozoic basins in the Altiplano and Western Cordillera of Southern Peru. *Tectonophysics*, **589**:195-219.
- Carroll, A.R. & Bohacs, K. M. 1999. Stratigraphic classification of ancient lakes: Balancing tectonic and climatic controls. *Geology*, **27**(2):99–102.
- Cerpa, L., Meza, P., Carlotto, V., Fornari, M., Semperre, T. 2004. Paleogeografía y evolución de la cuenca Miocena de Descanso – Yaurí (Cusco). *Publicación especial SGP*, **5**:175-182.
- Cohen, A.S., Scholz, C.A., Soreghan, M.J. 1993. Estimating the age of formation of lakes; an example from Lake Tanganyika, East Africa Rift System. *Geology*, **21**:511-514.
- Coimbra, J.C., Carreño, A.L., Geraque, E.A., Eichler, B.B. 2007. Ostracodes (Crustacea) from Cananéia-Iguape estuarine/lagoon system and geographical distribution of the mixohaline assemblages in southern and southeastern Brazil. *Iheringia. Sér. Zool.* **97**(3):273-279.
- Cronin, T.M. & Raymo, M.E. 1997. Orbital forcing of Deep-sea benthic species diversity. *Nature*, **385**:624-627.
- Curry, B.B. 1999. An enviromental tolerance index for ostracodes as indicators of physical and chemical factors in aquatic habitats. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, **148**:51-63.

- De Deckker, P. & Forester, R.M. 1988. The use of Ostracods to reconstruct continental palaeoenvironmental records. *In: De Deckker, P., Colin, J.P., Peypouquet, J.P. Ostracoda in Earth Sciences*. Elsevier. p. 175-199.
- De La Cruz, N. 1995. Geología de los Cuadrángulos de Velille, Yaurí, Ayaviri y Azángaro. *INGEMMET, Serie A*, **58**:144.
- Do Campo, M., Del Papa, C., Nieto, F., Hongn, F., Petrinovic, I. 2010. Integrated analysis for constraining palaeoclimatic and volcanic influences on clay–mineral assemblages in orogenic basins (Palaeogene Andean foreland, Northwestern Argentina). *Sedimentary Geology*, **228**:98–112.
- Edwards, R.A. 1944. Ostracoda from the Duplin Marl (Upper Miocene) of North Carolina. *Journal of Paleontology*, **18**(6):505-528.
- Ehlers, T. A. & Poulsen, C. J. 2009. Influence of Andean uplift on climate and paleoaltimetry estimates. *Earth and Planetary Science Letters*, **281**:238–248.
- Ehrmann, W. Setti, M. Marinoni, L. 2005. Clay minerals in Cenozoic sediments off Cape Roberts (McMurdo Sound, Antarctica) reveal palaeoclimatic history. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **229**:187–211.
- Eitam, A., Blaustein, L., Van Damme, K., Dumont, H.J. Martens, K. 2004. Crustacean species richness in temporaty pools: relationships with habitat traits. *Hydrobiologia*, **525**:125-130.
- Fisher, T.G. & Whitman, R.L. 1999. Deglacial and Lake Level Fluctuation History Recorded in Cores, Beaver Lake, Upper Peninsula, Michigan. *J. Great Lakes Res*, **25**(2):307-316.
- Frogley, M.R., Griffiths, H.I., Martens, K. 2002. Modern and Fossil Ostracodes from Ancient lakes. *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. Geophysical Monograph, **131**, 167-184.
- Garziona, C., Molnar, P., Libarkin, J., And Macfadden, B. 2006. Rapid late Miocene rise of the Bolivian Altiplano: Evidence for removal of mantle lithosphere. *Earth and Planetary Science Letters*, **241**:543–556.
- Garziona, C. N., Hoke, G. D., Libarkin, J. C., With Rs, S., Macfadden, B. J., Eiler, J., Ghosh, P., And Mulch, A. 2008. Rise of the Andes. *Science*, **320**:1304-1307.
- Gliozzi, E. & Mazzini, I. 1998. Palaeoenvironmental analysis of Early Pleistocene brackish marshes in the Rieti and Tiberino intrapenninic basins (Latium and Umbria, Italy) using ostracods. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **140**(1):325–333.

- Ghosh, P., Garzzone, C.N., Eiler, J.M. 2006. Rapid Uplift of the Altiplano Revealed Through ^{13}C - ^{18}O Bonds in Paleosol Carbonates. *Science*, **311**:511-515.
- Gregory-Wodzicki, K.M. 2000. Uplift history of the Central and Northern Andes; a review. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **112**(7):1091–1105.
- Griffits, H.I., Holmes, J.A. 2000. Non marine ostracods and Quaternary paleoenvironments. Technical Guide. Quaternary Res. Assoc. London, **8**:p.188.
- Gross, M., Minati, K., Danielopol, D.L., Piller, W. 2008. Environmental changes and diversification of Cyprideis in the Late Miocene of the Styrian Basin (Lake Pannon, Austria). *Seckenbergiana Lethaea*, **88**(1):161-181.
- Gross, M., Ramos, M.I., Caporaletti, M., Piller, W.E. 2013. Ostracods (Crustacea) and the palaeoenvironmental implication for the Solimões Formation (Late Miocene; Western Amazonia/Brazil). *Journal of South America Earth Sciences*, **42**:216-241.
- Gross, M., Ramos, M.I.F., Piller, W. 2014. On the Miocene Cyprideis species flock (Ostracoda; Crustacea) of Western Amazonia (Solimões Formation): Refining taxonomy on species level. *Zootaxa*, **3899**(1):001–069.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, **4**(1):19-20.
- Hartley, A.J. 2003. Andean uplift and climate change. *Journal of the Geological Society, London*, **160**:7-10.
- Hartley, A.J. 2007. Neogene climate change and uplift in the Atacama Desert, Chile: Comment. Geological Society of America. *Geology*, e120-e121.
- Hartmann, G. 1955. Neue marine Ostracoden der Familie Cypridae und der Subfamilie Cytherideinae der Familie Cytheridae aus Brasilien. *Zool. Anzeiger*, **154**(5):109-127.
- Heip, C. 1976. The life Cycle of *Cyprideis torosa* (Crustacea, Ostracoda). *Oecologia*, **24**:229-145.
- Hoke, G.D. & Garzzone, C.M. 2008. Paleosurfaces, paleoelevation, and the mechanisms of the late Miocene topographic development of the Altiplano plateau. *Earth and Planetary Science Letters*, **271**:192-201.
- Hoorn, C., Wesselingh, F.P., Ter Steege, H., Bermudez, M.A., Mora, A., Sevink, J., Sanmartín, I., Sanchez-Meseguer, A., Anderson, C.L., Figueiredo, J.P., Jaramillo, C. Riff, D., Negri, F.R., Hooghiemstra, H., Lundberg, J., Stadler, T., Särkinen, T.,

- Antonelli, A. 2010. Amazonia Through Time: Andean Uplift, Climate Change, Landscape Evolution, and Biodiversity. *Science*, **330**:927-931.
- Horne, D.J., Martens, K. 2000. Evolutionary biology and ecology of Ostracoda. *Develop. Hydrobiol.*, 148. Kluber Acad Pub.
- Horne, D.J., Cohen, A., Martens, K. Taxonomy, Morphology and Biology of Quaternary and Living Ostracoda. In: Holmes, J.A., Chivas, A.R. (eds). The Ostracoda Applications in Quaternary Research. American Geophysical Union. *Geophysical Monograph*, 131:5-36. 2002.
- Horne D.J., Schön I., Smith R.J., Martens K. 2005. What are Ostracoda? A cladistic analysis of the extant superfamilies of the subclasses Myodocopa and Podocopa (Crustacea: Ostracoda). In: Koenemann S., Jenner R.A. (eds) Crustacea and arthropod relationships. Taylor and Francis. *Crustacean issues*, 16. 249–273.
- Howe, H.V. 1935. Ostracoda of the Arca zone of the Choctawhatchee Miocene of Florida. State of Florida, *Department of Conservation. Geological Bulletin*, **13**:1-47.
- Hughes, C. & Eastwood, R. 2006. Island radiation on a continental scale: Exceptional rates of plant diversification after uplift of the Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **103**(27):10334-10339.
- Isacks, B.L. 1988. Uplift of the Central Andean Plateau and bending of the Bolivian Orocline. *J. Geophys. Res.*, 93(4):3211 –3231.
- Jaillard, E. & Soler, P. 1996. Cretaceous to early Paleogene tectonic evolution of the northern Central Andes (0-18°S) and its relations to geodynamics. *Tectonophysics*, **259**:41-53.
- Jones, T.R. 1850. Description of Entomostraca of the Pleistocene beds of Newbury, Copford, Clacton and Grays. *Ann. Mag. Nat. Hist. Ser.* **2**(6):25-28.
- Kaandorp, R.J.G., Wesselingh, F.P., Vonhof, H.B. 2006. Ecological implications from geochemical records of Miocene Western Amazonian bivalves. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**:54-74.
- Kar, N., Garziona, C., Jaramillo, C., Carlotto, V., Shanahan, T., Pullen, A., Eiler, J., Moreno, F., Anderson, V., Moreno, E. *In press*. Rapid regional surface uplift of the north – central Altiplano plateau revealed by multiproxy paleoclimate reconstruction. *Geology*.
- Karavanovic, I. 2012. Recent Freshwater Ostracods of the World. Crustacea, Ostracoda, Podocopida. Springer-Verlag. 608 p.

- Kempf, E. 1980. *Index and Bibliography of non-marine ostracods. 1. Index A*. Geologisches Institut, Universität Köln, **35**: 188 p.
- Kempf, E. 1991. *Index and Bibliography of non-marine ostracods. 6. Index A, Supplement 1*. Geologisches Institut, Universität Köln, working copy **10**. 51 p.
- Kempf, E. 1997. *Index and Bibliography of non-marine ostracods. Bibliography A*. Geologisches Institut, Universität Köln, working copy. 148 p.
- Keyser, D. 1975. Ostracoden aus den Mangrovegebieten Südwest-Florida (Crustacea, Ostracoda, Podocopa). *Abh. Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg*. **18-19**: 255-290.
- Keyser, D. 2005. Histological peculiarities of the nodding process in *Cyprideis torosa* (Jones) (Crustacea, Ostracoda). *Hydrobiologia*, **538**:95-106.
- Klie, W. 1935. Voyage de Ch Alluaud et PA Chappuis en Afrique occidentale française (Dec 1930-Avril 1931): VIII. Ostracoda aus dem tropischen Westafrika. *Arch Hydrobiol*, **28**:35–68.
- Klie, W. 1939. Ostracoden aus den marinen Salinen von Bonaire, Curaçao und Aruba. *Capita zoológica*, **8**(4)1-19.
- Laprida, C. 2006. Ostrácodos recientes de la llanura pampeana, Buenos Aires, Argentina: ecología e implicaciones paleolimnológicas. *Ameghiniana*, **43**:181-204.
- Leroy, L. W. 1943. Pleistocene and Pliocene Ostracoda of the coastal region of southern California. *Journal of Paleontology*, **17**(4):354-373.
- Ligos, S. & Gliozzi, E. 2012. The genus *Cyprideis* Jones, 1857 (Crustacea, Ostracoda) in the Neogene of Italy: A geometric morphometric approach. *Revue de Micropaléontologie*, **55**:171-207.
- Linhart, J., Brauneis, W., Neubauer, W., Danielopol, D. L. 2006. Morphomatica, Computer Program. version 1.6.
<http://palstrat.unigraz.at/methods%20in%20ostracodology/methods%20in%20ostracodology.html>.
- Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J. A., Ortega, H., Encalada, A. C., Carvajal-Vallejos, F. M., Rivadeneira, J. F., Acosta, F., Jacobsen, D., Crespo, Á., Rivera-Rondón, C. A. 2011. Biodiversity in Aquatic Systems of the Tropical Andes. In: Herzog, S.K., Martínez, R., Jørgensen, P.M., Tiessen, H. (eds.). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes Inter-American*. Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). p. 276-294.
- Martens, K. 1994. Ostracod speciation in ancient lakes: a review. In: Martens, K. Goddeeris,

- B., Coulter, G. (eds). *Speciation in Ancient Lakes*. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol, **44**:203-222.
- Martens, K. 1997. Speciation in ancient lakes. *TREE*, 12:177-182.
- Martens K, Rossetti G. 1997. On two new species of Darwinula Brady, Robertson, 1885 (Crustacea, Ostracoda) from South African dolomitic springs. *Bull Inst R Sci Nat Belg Biol*, **67**:57–66
- Martens, K., Rossetti, G., Butlin, R.K., Schön, I. 2005. Molecular and morphological phylogeny of the ancient asexual Darwinulidae (Crustacea, Ostracoda). *Hydrobiologia*, **538**:153-165.
- Martens, K., Schön, I., Meisch, C., Horne, D.J. 2008. Global diversity of ostracods (Ostracoda, Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*, **595**:185–193.
- Mazepova, G. 1994. On comparative aspects of ostracod diversity in the Baikalian fauna. In: Martens, K., Goddeeris, B., Coulter, G. (eds.). *Speciation in Ancient Lakes*. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol, **44**:197-202.
- McQuarrie, N., Horton, B.K., Zandt, G., Beck, S., Decelles, P.G. 2005. Lithospheric evolution of the Andean fold–thrust belt, Bolivia, and the origin of the central Andean plateau. *Tectonophysics*, **399**:15– 37.
- Medley, P., Tibert, N.E., Patterson, W.P., Curran, H.A., Greer, L. & Colin, J.-P. 2008. Paleosalinity history of middle Holocene lagoonal and lacustrine deposits in the Enriquillo Valley, Dominican Republic based on pore morphometrics and isotope geochemistry of ostracoda. *Micropaleontology*, 53(5):409–419.
- Meisch, C. 2000. *Freshwater Ostracoda from Western and Central Europe*. Spectrum Akademischer Verlag. Berlin. 523 p.
- Mincher, A.R. 1941. The fauna of the Pascagoula Formation. *Journal of Paleontology*, 15(4):337-348.
- Mourguiart, P. & Montenegro, M.E. 2002. Climate Changes in The Lake Titicaca Area: Evidence From Ostracod Ecology. In: Holmes, J.A., Chivas, A.R. (eds). *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union. Geophysical Monograph, **131**: 151-165.

- Muñoz-Torres, F., Whatley, R.C. & Van Harten, D. 1998. The endemic non-marine Miocene ostracod fauna of the Upper Amazon Basin. *Revista Española de Micropaleontología*, 30:89–105.
- Muñoz-Torres, F.A., Whatley, R.C., Van Harten, D. 2006. Miocene Ostracoda (Crustacea) biostratigraphy of the upper Amazonic Basin and evolution of the genus *Cyprideis*. *Journal of South America Earth Sciences*, 21:75-86.
- Neubauer, W. & Linhart, J. 2008. Approximating and Distinguishing Ostracoda by the Use of B-Splines. In: Danielopol, D. L., Gross, M. & Piller, W. E. (eds.): *Contribution to Geometric Morphometrics*. Ber. Inst. Erdwiss., K.-F.-Univ. Graz, 13:21-42.
- Ozaytekin, H.H., Mutlu, H.H., Dedeoglu, M. 2012. Soil formation on a calcic chronosequence of Ancient Lake Konya in Central Anatolia, Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 76:66–74.
- Özuluğ, O., Suludere, Z. 2012. Morphology of dry-resistant eggs in parthenogenetic *Heterocypris incongruens* (Ramdohr, 1808) (ostracoda, crustacea). *Acta Biologica Hungarica*, 63(3):333–341.
- Palacios, O., De La Cruz, J., De La Cruz, N., Klinck, B.A., Allison, R.A., Hawkins, M.P. 1993. Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al oeste del Lago Titicaca, Sur del Perú. *Boletín del INGEMMET*, Serie A, 42:257.
- Park, L.E., Cohen, A.S. 2011. Paleoeological response of ostracods to early Late Pleistocene lake-level changes in Lake Malawi, East Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 303:71–80.
- Park, L.E., Downing, K.F. 2000. Implications of phylogeny reconstruction for ostracod speciation modes in Lake Tanganyika. *Advances in Ecological Research*, 31:303-330.
- Perez, L., Lorenschat, J., Brenner, M., Scharf, B., Schwalb, A. 2010. Extant freshwater ostracodes (Crustacea: Ostracoda) from Lago Petén Itzá, Guatemala. *Rev. Biol. Trop.*, 58(3): 871-895.
- Pilger Jr., R.H. 1984. Cenozoic plate kinematics, subduction and magmatism: South American Andes. *Journal of the Geological Society (London)*, 141:793–802.
- Pint, A., Frenzel, P., Fuhrmann, R., Scharf, B. & Wennrich, V. 2012. Distribution of *Cyprideis torosa* (Ostracoda) in Quaternary Atlalassic Sediments in Germany and its Application for Palaeoecological Reconstructions. *International Review of Hydrobiology*, 97(4):330–355.

- Pinto, R.L., Rocha, C.E.F., Martens, K. 2004. On the genus *Penthesilenula* Rossetti and Martens, 1998 (Crustacea, Ostracoda, Darwinulidae) from (semi-) terrestrial habitats in São Paulo State (Brazil) with the description of a new species. *Journal of Natural History*, **38**:2567-2589.
- Pinto, R.L., Rocha, C.E.F., Martens, K. 2005. On the evolution of the Genus *Microdarwinula* Danielopol, 1968 (Ostracoda, Darwinulidae) with the description of a New Species from Semi-Terrestrial habitats in São Paulo State (Brazil). *Crustaceana*, **78**(8):975-986.
- Platt, J.P., England, P.C. 1993. Convective removal of lithosphere beneath mountain belts: thermal and mechanical consequences. *American Journal of Science*, **293**:307–336.
- Purper, I. 1979. Cenozoic Ostracodes of the Upper Amazon Basin, Brazil. *Pesquisas*, **12**:209–281.
- Purper, I. & Ornellas, L.P. 1991. New Ostracodes of the Endemic Fauna of the Pebas Formation, Upper Amazon Basin, Brazil. *Pesquisas*, **18**:25–30.
- Purper, I. & Pinto, I.D. 1980. Interglacial Ostracodes from Wasa Mayu, Bolivia. *Pesquisas*, **13**:161-184.
- Purper, I. & Pinto, I.D. 1985. New data and new ostracods from Pebas Formation—Upper Amazon Basin. 8° Congresso Brasileiro de Paleontologia, Rio de Janeiro. *Serie Geologia, Paleontologia/Estratigrafia*. DNPM **27**:427–441.
- Ramdohr, A.F. 1808. Uber die Gattung *Cypris* Muller und drei zu derselben gehorige neue Arten. *Mag Ges Naturforsch Freunde Berl Neusten Entdeck Ges Naturkd*, **2**:85–93.
- Ramon-Mercau, J., Plastani, M.S., Laprida, C. A review of the genus *Limnocythere* (Podocopida: Limnocytheridae) in the Pampean region (Argentina), with the description of a new species, *Limnocythere cusminskyae* sp. nov. *Zootaxa*, **3821**(1): 026-036.
- Ramos, M.I.F. 2006. Ostracods from the Neogene Solimões Formation (Amazonas, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, **21**(1):87–95.
- Rech, J.A., Currie, B.S., Michalski, G., Cowan, A.M. 2006. Neogene climate change and uplift in the Atacama Desert, Chile. *Geology*, **34**(9):761-764.
- Rieradevall, M. & Roca, J.R. 1995. Distribution and population dynamics of Ostracodes (Crustacea, Ostracoda) in a karstic lake: Lake Banyoles (Catalonia, Spain). *Hydrobiologia*, **310**:189-196.
- Rohlf, F J. tpsDIG, Program version 1.43. Department of Ecology and Evolution, *State University of New York, Stony Brook, NY*. <http://life.bio.sunysb.edu/ee/rohlf/software.html>. 2001.

- Rosenfeld, A., Vesper, B. 1977. The variability of the sieve-pores in recent and fossil species of *Cyprideis torosa* (Jones, 1850) as an indicator for salinity and paleosalinity. *In*: Löffler, H., Danielopol, D. (eds.), *Aspects of ecology and zoogeography of recent and fossil Ostracoda*. Junk Publishers. p. 55–67.
- Rossetti G, Martens K. 1998. Taxonomic revision of the recent and holocene representatives of the family Darwinulidae (Crustacea, Ostracoda), with a description of three new genera. *Bull. Inst. R. Sci. Nat. Belg., Biologie* **68**:55–110.
- Rossi De García, E. 1966. Contribución al conocimiento de los ostrácodos de la Argentina, Formación Entre Ríos, Victoria. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **21**:194-208.
- Rossi, V., Gandolfi, A., Menozzi, P. 1996. Egg diapause and clonal structure in parthenogenetic populations of *Heterocypris incongruens* (Ostracoda). *Hydrobiologia*, **320**:45-54.
- Ruiz, F., Abad, M., Bodergart, A.M., Carbonel, P., Rodríguez-Lázaro, J., González-Regalado, M.L., Toscano, A., García, E.X., Prenda, J. 2013. Freshwater ostracods as environmental tracers. *Int. J. Environ. Sci. Technol*, **10**:1115-1128.
- Sandberg, P.A. 1964. *The ostracod Genus Cyprideis in the Americas*. Acta Universitatis Stockholmiensis, 12: 178 p.
- Sandberg, P.A. 1966. The modern ostracode *Cyprideis bensoni* n. sp. Gulf of Mexico and *C. castus*. Baja California. *Journal of Paleontology*, **40**(2):447-449.
- Särkinen, T., Pennington, R.T., Lavin, M., Simon, M. F., Hughes, C.E. 2012. Evolutionary islands in the Andes: persistence and isolation explain high endemism in Andean dry tropical forests. *Journal of Biogeography*, **39**:884–900.
- Saylor, J.E. & Horton, B. 2014. Nonuniform surface uplift of the Andean plateau revealed by deuterium isotopes in Miocene volcanic glass from southern Peru. *Earth and Planetary Science Letters*, **387**:120–131.
- Schön, I. & Martens, K. 2003. No slave to sex. *Proceedings of the Royal Society of London*, **270**:827-833.
- Sepulchre, P., Sloan, L.C., Fluteau, F. 2010. Modelling the response of Amazonian climate to the uplift of the Andean mountain range. *In*: Hoorn, C., Wesselingh, F. (eds). *Amazonia: Landscape and Species Evolution*. Wiley-Blackwell. p. 211-222.

- Smith, A.J. & Horne, D.J. 2002. Ecology of Marine, Marginal Marine and Nonmarine Ostracodes. *In*: Holmes, J.A., Chivas, A.R. (eds). *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union. Geophysical Monograph, **131**:39-64.
- Smith, R.J., Kamiya, T., Horne, D.J. Living males of the 'ancient asexual' Darwinulidae (Ostracoda: Crustacea). 2006. *Proc. R. Soc. B.*, **273**: 1569-1578.
- Smith, R.J., Janz, H., Okubo, I. 2011. Recent Cyprididae and Ilyocyprididae (Crustacea: Ostracoda) from Lake Biwa, Japan, including a summary of the lake's ostracod fauna. *Zootaxa*, **2874**:1-37.
- Somoza, R. 1998. Updated Nazca (Farallon) - South America relative motions during the last 40 My: implications for mountain building in the central Andean region. *Journal of South American Earth Sciences*, **11**(3):211-215.
- Stephenson, M.B. 1935. Some microfossils of the *Potamides matsoni* zone of Louisiana. Louisiana Department of Conservation. *Geological Bulletin*, 6:187-196.
- Stracke, A. 2008. From the photography to the digitalized outline suitable for MORPHOMATICA. *In*: Danielopol, D. L., Gross, M. & Piller, W. E. (eds.): *Contribution to Geometric Morphometrics*. Ber. Inst. Erdwiss., K.-F.-Univ. Graz, **13**:69-74.
- Sywula, T., Glazewska, I., Whatley, R.C., Moguilevsky, A. 1995. Genetic differentiation in the brackish water ostracod *Cyprideis torosa*. *Marine Biology*, **121**:647-653.
- Tejada, J., Gamarra, J., Salas-Gismondi, R. 2009. Los mamíferos del Mioceno y Plioceno de Espinar (Cusco): antecedentes y proyecto. *Bulletin de l'institut Français d'Études Andines*, 38:1-3.
- Tevesz, M.J.S., Smith, J.E., Coakley, J.P., Risk, M.J. 1997. Stable Carbon and Oxygen Isotope Records from Lake Erie Sediment Cores: Mollusc Aragonite 4600 BP-200 BP. *J. Great Lakes Res*; 23(3):307-316.
- Then, D.R. & Dougherty, B.J. 1983. A new procedure for extracting foraminifera from indurated organic shale. *Geological Survey of Canada Paper*, **83**(1B):413-414.

- Tibert, N.E., Colin, J.-P., Leckie, R.M. & Babinot, J.-F. 2003. Revision of the ostracode genus *Fossocytheridea* Swain and Brown 1964: Mesozoic ancestral root for the modern eurytopic *Cyprideis* Jones. *Micropaleontology*, 49(3):205–230.
- Tibert, N.E., Walker, L.J., Patterson, W.P., Bradford Hubeny, J., Jones, E., Cooper, O.R. 2012. A centennial Record of Paleosalinity Change in the Tidal Reaches of the Potomac and Rappahanock Rivers, Tributaries to Chesapeake Bay. *Virginia Journal of Science*, **63**(3).
- Tressler, W. & Smith, 1948. E. An ecological study of seasonal distribution of Ostracoda, Solomons Island, Maryland, region. *Chesapeake Biol. Lab*, **71**:3-57.
- Triebel, E. 1956. Brackwasser-Ostracoden von den Galápagos-Inseln. *Senckenbergiana*, **37**(5):447-467.
- Van Harten, D. 1996. *Cyprideis torosa* (Ostracoda) revisited. Of salinity, nodes and shell size. In: Keen, C. (ed.). *Proceedings of the second European Ostracodologists Meeting*. British Micropalaeontological Society, p:91–194.
- Vesper, V. 1975. To the problem of nodding in *Cyprideis torosa* (Jones, 1850). *Bull. Am. Paleontol*, 65:205-215.
- Vicente, J.C. 1990. Early late Cretaceous overthrusting in the Western Cordillera of southern Peru. In: Ericksen, G.E., Cañas, M., Reinemund, J.A. (eds.), Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Houston TX: Earth Science, *Series*, **11**:91–117.
- Victor, R., Fernando, C.H. 1980. On *Heterocypris makua* (Tressler) 1937, a freshwater ostracod (Crustacea: Ostracoda) from the Hawaiian Islands, with notes on the other species of the genus. *Can. J. Zool.*, 58: 1288-1297.
- Wanderley. M.D. 2010. Técnicas de Preparação de Microfósseis. In: Carvalho, I.S.C. *Paleontologia. Conceitos e Métodos*. 3 ed(1). Editora Interciência. p. 388-395.
- Whatley, R.C. 1992. The reproductive and dispersal strategies of Cretaceous non-marine Ostracoda: The key of pandemism. In: Matter, W.J. & Chen, P.J. (eds.) *Aspects of non-marine Cretaceous geology*. China Ocean Press. p. 177-192.
- Whatley, R.C., Muñoz-Torres, F., Van Harten, D. 1998. The Ostracoda of an isolated Neogene saline lake in the Western Amazonic Basin. In: What about Ostracoda!, Crasquin-Soleau, S. Braccini, E. Lethiers, F. (eds). *Bull. Centre Rech. Elf. Explor. Prod.* 20. p. 230-245.

- Wouters, K. 2002. On the distribution of *Cyprideis torosa* (Jones)(Crustacea, Ostracoda) in Africa, with the discussion of a new record from the Seychelles. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. Biologie*, 72:131–140.
- Wouters, K. & Martens, K. 2001. On the *Cyprideis* species flock (Crustacea, Ostracoda) in Lake Tanganyika, with the description of four new species. *Hydrobiologia*, **450**:111-127.
- Wouters, K. & Martens, K. 2008. Three further new species of the *Cyprideis* species flock (Crustacea-Ostracoda) from lake Tanganyika (East Africa). *Biologie*, **78**:29-43.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., Billups, K. 2001. Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present. *Science*, **292**:686-693.

ANEXO A.
INFORMAÇÃO DA AMOSTRAGEM

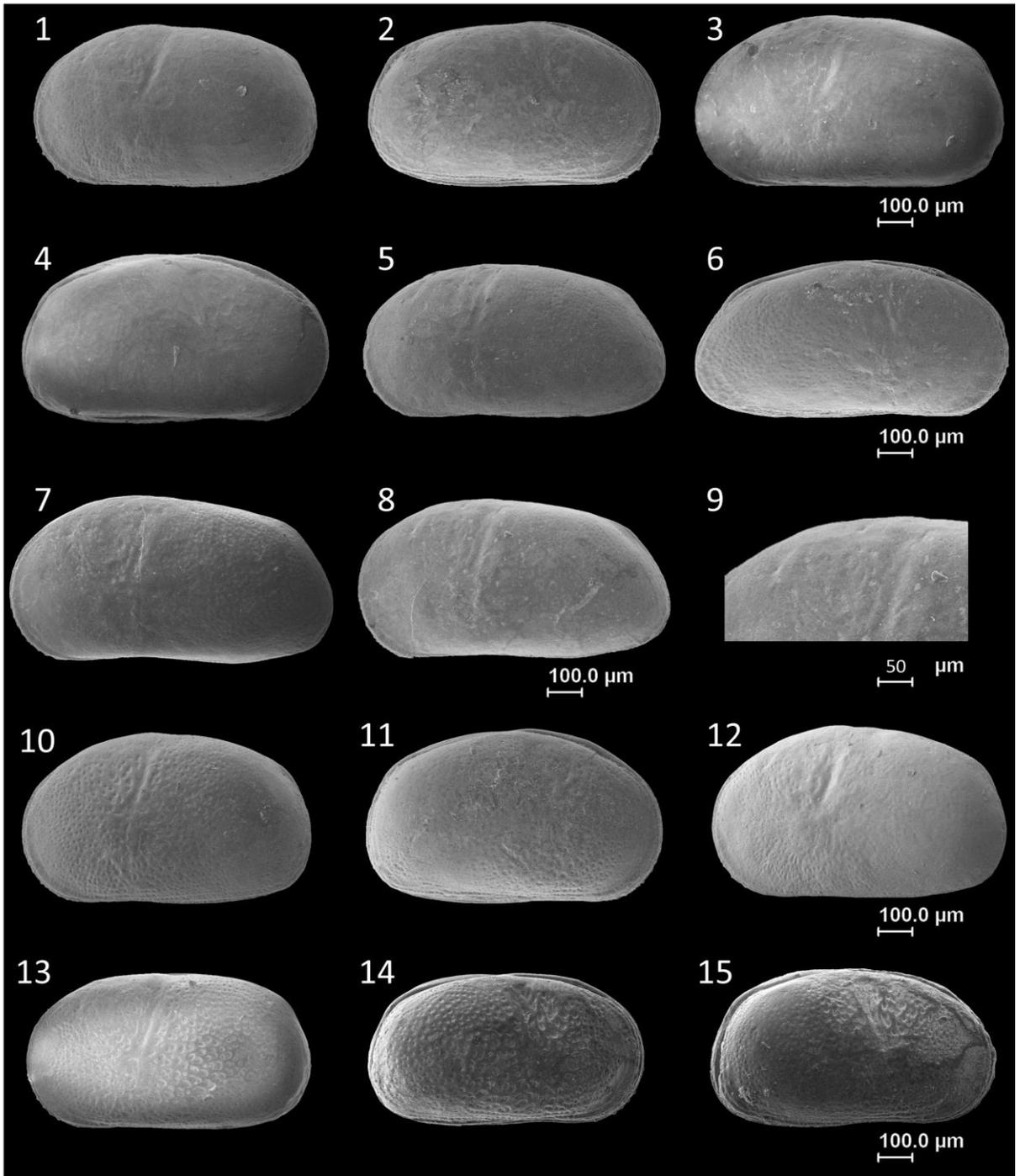
Tabela de Amostragem na Bacia El Descanso. STRI (Smithsonian Tropical Research Institute). A abundancia relativa de ostracodes foi dividida em: MA: Muito Abundante; A: Abundante; R: Raros; -: Ausentes.

Amostra (STRI)	Coordenadas		Altitude	Localidade	Unidade	Litologia	Ostracodes
36556	-14,920	-71,220	3953	Huano Huano	Membro C	Pelito cinza	A
36558	-14,520	-71,400	3865	Checca	Membro C	Pelito arenoso	MA
36567	-14,520	-71,390	3878	Checca	Membro C	Pelito arenoso	MA
36581	-14,520	-71,390	3878	Checca	Membro C	Pelito arenoso	-
36595	-14,740	-71,330	4036	San Genaro	Membro C	Diatomito	R
430179-045	-14,668	-71,290	-	San Miguel	-	Diatomito	-
490008-018	-14,767	-71,383	3969	Cerro Pucara	Membro C	Diatomito/Pelito	-
490009-015	-14,767	-71,383	3960	Cerro Pucara	Membro C	Diatomito	-
490011-007	-14,783	-71,383	3938	Cerro Pucara	Membro C	Diatomito	-
490012-021	-14,767	-71,383	3969	Cerro Pucara	Membro C	Diatomito	-
490013-023	-14,767	-71,383	3976	Cerro Pucara	Membro C	Diatomito	-
490014-038	-14,517	-71,383	3873	Checca	Membro C	Diatomito	-
490014-039	-14,517	-71,383	3873	Checca	Membro B	Diatomito	-
490014-041	-14,517	-71,383	3873	Checca	Membro C	Diatomito	-
490015-025	-14,717	-71,267	3979	San Genaro	Membro B	Diatomito-Pelito	-
490016-027	-14,717	-71,267	3982	San Genaro	Membro B	Pelito compactado	-
490017-033	-14,717	-71,267	3974	San Genaro	Membro B	Pelito compactado	-
490018-034	-14,733	-71,267	3967	San Genaro	Membro B	Pelito compactado	-
490019-036	-14,733	-71,267	3969	Accocunca	Membro B	Diatomito	-
490019-037	-14,733	-71,267	3969	San Genaro	Membro B	Pelito Compactado	-
490020-042	-14,517	-71,383	3866	Checca	Membro B	Diatomito	-
490020-043	-14,517	-71,383	3866	Checca	Membro B	Diatomito	-
490021-054	-14,867	-71,233	3953	Huano Huano	Membro C	Diatomito	-
490021-055	-14,867	-71,233	3953	Huano Huano	Membro C	Diatomito	-
490021-056	-14,783	-71,400	3936	Espinar	Membro C	Diatomito	-

ANEXO B
ESTAMPAS

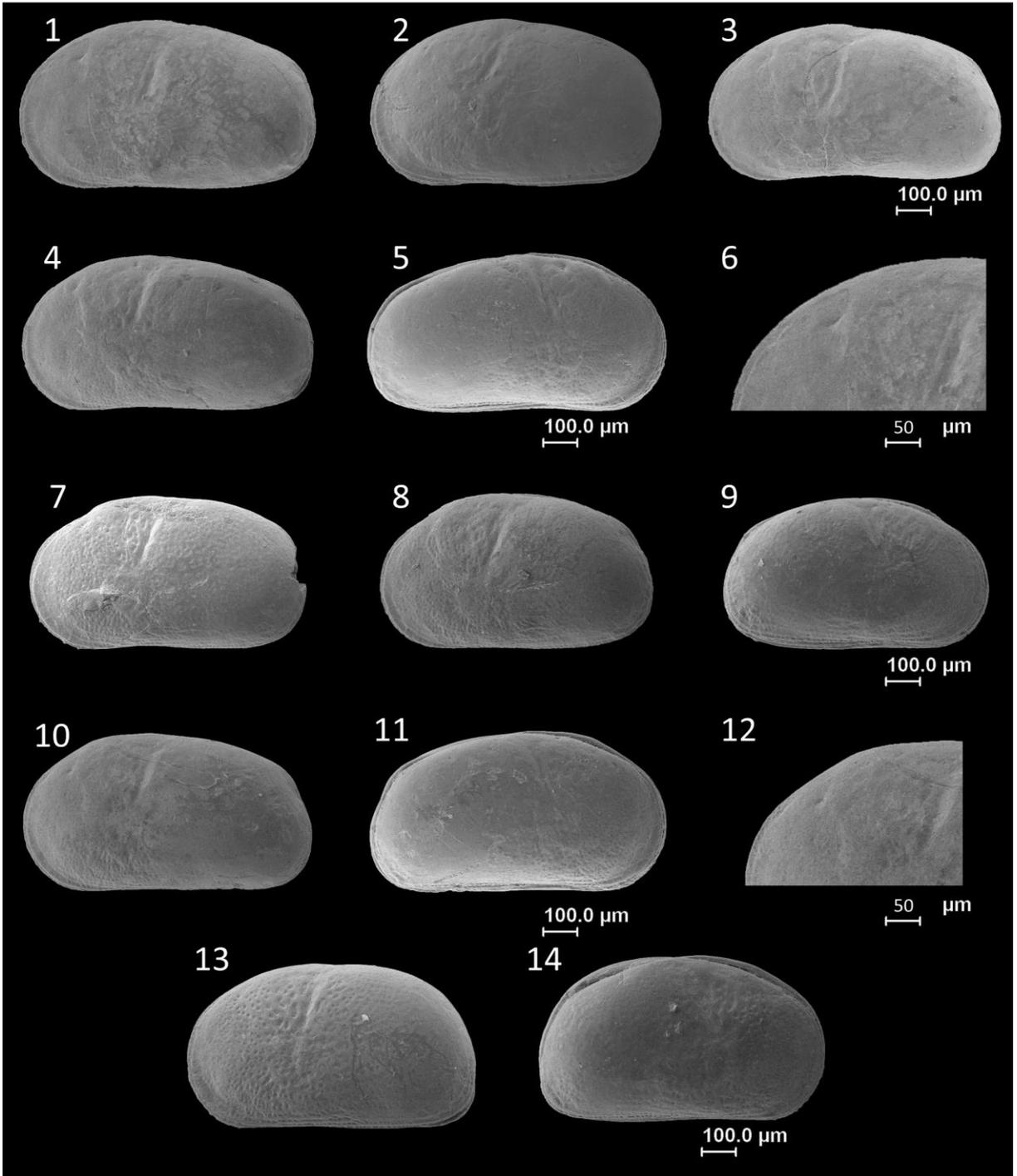
ESTAMPA 1

- 1- *Cyprideis* n. sp. 1. Holótipo. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva esquerda. Lámina STRI 36558 UC-01.
- 2- *Cyprideis* n. sp. 1. Holótipo. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva direita. Lámina STRI 36558 UC-01.
- 3- *Cyprideis* n. sp. 1. Parátipo. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva esquerda. Lámina STRI 36558/03.
- 4- *Cyprideis* n. sp. 1. Parátipo. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva direita. Lámina STRI 36558/03.
- 5- *Cyprideis* n. sp. 1. Parátipo. Carapaça macho. Vista lateral da valva esquerda. Lámina STRI 36558/40.
- 6- *Cyprideis* n. sp. 1. Parátipo. Carapaça macho. Vista lateral da valva direita. Lámina STRI 36558/40.
- 7- *Cyprideis* n. sp. 1. Alótipo. Carapaça macho. Vista lateral da valva esquerda. STRI 36558 UC/02.
- 8- *Cyprideis* n. sp. 1. Parátipo. Carapaça macho. Vista lateral da valva esquerda. Lámina STRI 36558/20.
- 9- *Cyprideis* n. sp. 1. Parátipo. Carapaça macho. Detalhe da região anterodorsal. Note-se as duas depressões perto da margem. Lámina STRI 36558/20.
- 10- *Cyprideis* n. sp. 2. Holótipo. Fêmea. Vista lateral da valva esquerda. STRI 36558 UC-03.
- 11- *Cyprideis* n. sp. 2. Holótipo. Fêmea. Vista lateral da valva direita. STRI 36558 UC-03.
- 12- *Cyprideis* n. sp. 2. Parátipo. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva esquerda. STRI 36558/132.
- 13- *Cyprideis* n. sp. 3. Holótipo. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva esquerda. STRI 36558 UC-04.
- 14- *Cyprideis* n. sp. 3. Holótipo. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva direita. STRI 36558 UC-04.
- 15- *Cyprideis* n. sp. 3. Parátipo. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva direita. STRI 36558/23.



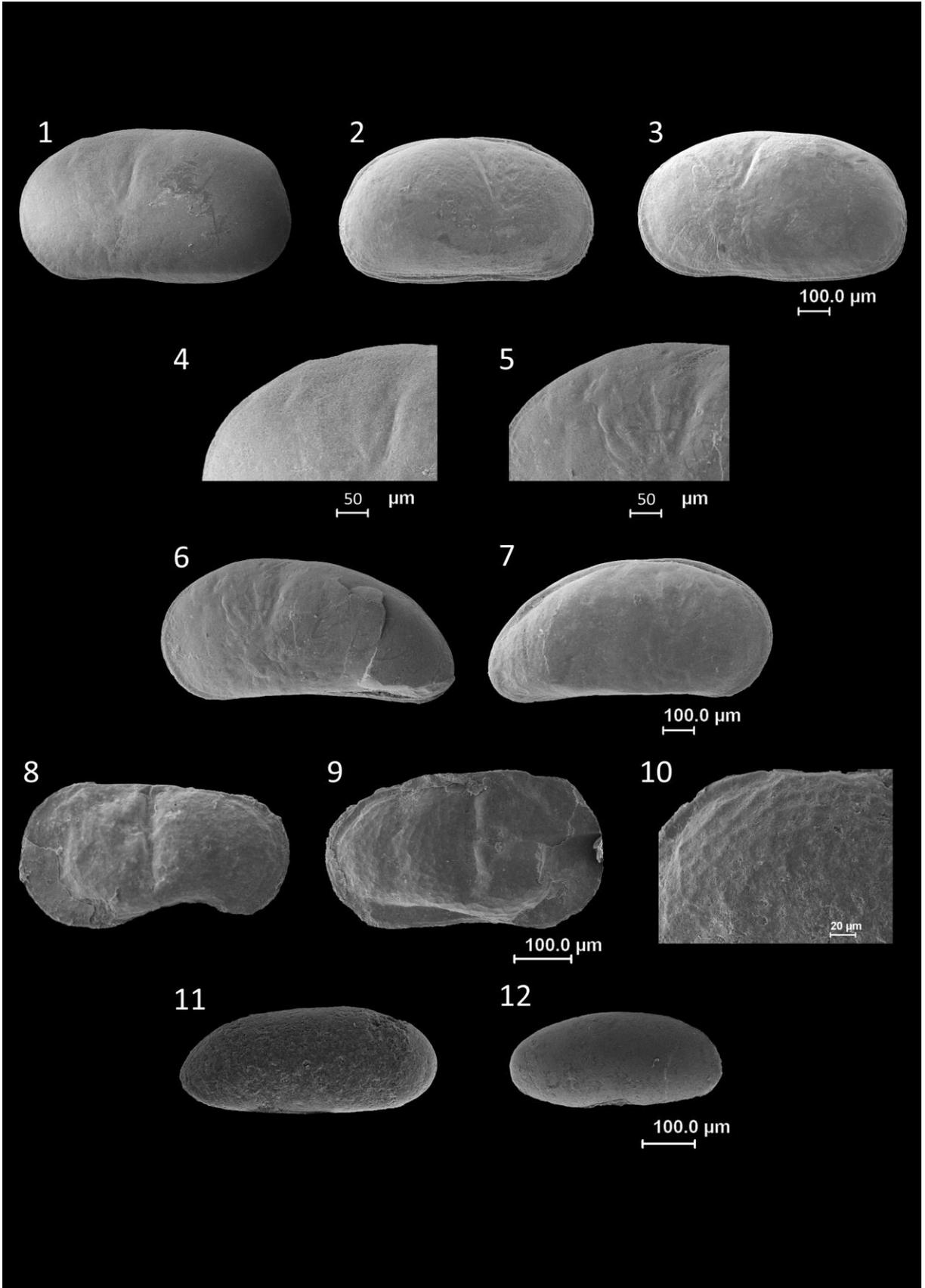
ESTAMPA 2.

- 1- *Cyprideis* n. sp. 4. Alótipo. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva esquerda. STRI UC-05.
- 2- *Cyprideis* n. sp. 4. Parátipo. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva esquerda. Lâmina STRI 36558/114.
- 3- *Cyprideis* n. sp. 4. Parátipo. Carapaça macho. Vista lateral da valva esquerda. Lâmina STRI 36558/52.
- 4- *Cyprideis* n. sp. 4. Holótipo. Carapaça macho. Vista lateral da valva esquerda. STRI 36558 UC-06.
- 5- *Cyprideis* n. sp. 4. Holótipo. Carapaça macho. Vista lateral da valva direita. STRI 36558 UC-06
- 6- *Cyprideis* n. sp. 4. Alótipo. Carapaça fêmea. Detalhe da região anterodorsal da VE. Note-se a depressão perto da margem e o sulco satélite paralelo. STRI UC-05.
- 7- *Cyprideis* sp. 1. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva esquerda. Lâmina STRI 36558/122.
- 8- *Cyprideis* sp. 1. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva esquerda. Lâmina STRI 36558/77.
- 9- *Cyprideis* sp. 1. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva direita. Lâmina STRI 36558/77.
- 10- *Cyprideis* sp. 1. Carapaça macho. Vista lateral da valva esquerda. Lâmina STRI 36558/52.
- 11- *Cyprideis* sp. 1. Carapaça macho. Vista lateral da valva direita. Lâmina STRI 36558/52.
- 12- *Cyprideis* sp. 1. Carapaça macho. Detalhe região anterodorsal da VE. Note-se a depressão perto da margem. Lâmina STRI 36558/52.
- 13- *Cyprideis* sp. 2. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva esquerda. Lâmina STRI 36558/59.
- 14- *Cyprideis* sp. 2. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva direita. Lâmina STRI 36558/59.



ESTAMPA 3.

1. *Cyprideis* sp. 3. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva esquerda. Lâmina STRI 36558/79.
2. *Cyprideis* sp. 3. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva direita. Lâmina STRI 36558/79.
3. *Cyprideis* sp. 3. Carapaça fêmea. Vista lateral da valva esquerda. Lâmina STRI 36558/120.
4. *Cyprideis* sp. 3. Carapaça fêmea. Detalhe da região anterodorsal da VE. Note-se a depressão perto da margem e o sulco ligeiramente sigmoidal. Lâmina STRI 36558/79.
5. *Cyprideis* sp. 4. Carapaça macho. Detalhe da região anterodorsal da VE. Note-se as duas depressões perto da margem. Lâmina STRI 36558/65.
6. *Cyprideis* sp. 4. Carapaça macho. Vista lateral da valva esquerda. STRI 36558/65.
7. *Cyprideis* sp. 4. Carapaça macho. Vista lateral da valva direita. STRI 36558/65.
8. *Limnocythere* sp. Valva esquerda fêmea? Vista lateral. Lâmina STRI 36567/20.
9. *Limnocythere* sp. Valva esquerda fêmea? Vista lateral. Lâmina STRI 36567/21.
10. *Limnocythere* sp. Valva direita fêmea? Detalhe região posterodorsal. Note-se o padrão da ornamentação. Lâmina STRI 36567/22.
11. *Alicenula* sp. Valva esquerda fêmea. Vista lateral. Lâmina STRI 36567/1.
12. *Alicenula* sp. Vava esquerda Juvenil A-1? Vista lateral. Lâmina STRI 36567/2.



ESTAMPA 4.

- 1- *Heterocypris* sp. Fêmea. Vista lateral da valva esquerda. Lámina STRI 36556/01.
- 2- Mesma espécie. Fêmea. Vista lateral da valva direita. Lámina STRI 36556/02.
- 3- Mesma espécie. Carapaça fêmea. Vista dorsal. Lámina STRI 36556/03.
- 4- Mesma espécie. Fêmea. Vista Interna da valva esquerda. Lámina STRI 36556/01.
- 5- Mesma espécie. Fêmea. Vista Interna da valva direita. Lámina STRI 36556/02.
- 6- Mesma espécie. Fêmea. Detalhe Impressões musculares da valva esquerda. Lámina STRI 36556/14.
- 7- Mesma espécie. Juvenil estágio A-1. Vista lateral da valva esquerda. Lámina STRI 36556/4.
- 8- Mesma espécie. Juvenil estágio A-1. Vista lateral da valva direita. Lámina STRI 36556/5.
- 9- Mesma espécie. Juvenil estágio A-4. Vista lateral da valva esquerda. Lámina STRI 36556/10.
- 10- Mesma espécie. Juvenil estágio A-2. Vista lateral da valva esquerda. Lámina STRI 36556/6.
- 11- Mesma espécie. Juvenil estágio A-2. Vista lateral da valva direita. Lámina STRI 36556/7.
- 12- Mesma espécie. Juvenil estágio A-5. Vista lateral da valva direita. Lámina STRI 36556/11.
- 13- Mesma espécie. Juvenil estágio A-3. Vista lateral da valva esquerda. Lámina STRI 36556/8.
- 14- Mesma espécie. Juvenil estágio A-3. Vista lateral da valva direita. Lámina STRI 36556/9.
- 15- Mesma espécie. Juvenil estágio A-6. Vista lateral da valva esquerda. Lámina STRI 36556/12.
- 16- Mesma espécie. Juvenil estágio A-7. Vista lateral da valva esquerda. Lámina STRI 36556/13.

