



**Universidad Nacional del Comahue  
Centro Regional Universitario Bariloche**

**LAS FAUNAS DE BRAQUIÓPODOS NEOPALEOZOICAS  
DEL CENTRO-OESTE DE ARGENTINA: NUEVOS  
REGISTROS, BIOESTRATIGRAFÍA,  
PALEOBIOGEOGRAFÍA Y VARIABILIDAD  
PALEOCLIMÁTICA ESPACIO-TEMPORAL**

**Trabajo de Tesis para optar al Título de Doctor en Biología**

**Lic. Cristian Adrián Pardo**

**Director: Dr. Arturo César Taboada**

**Codirectora: Dra. María Alejandra Pagani**

**Codirector: Dr. Marcelo de La Fuente**

**Año 2023**

**Resumen.** El presente trabajo de tesis centró su atención en el estudio sistemático de las faunas de braquiópodos fósiles, procedentes de distintas unidades litoestratigráficas del Paleozoico superior del centro-oeste y sudoeste de Argentina, reconocidas a lo largo de las provincias de San Juan, Mendoza y Neuquén. El conocimiento de estas faunas de braquiópodos en dichas unidades era escaso y desactualizado, mientras que en otros casos totalmente inexistente. A las clásicas localidades conocidas se suma una nueva localidad fosilífera hallada durante el desarrollo del presente trabajo de tesis doctoral. La misma corresponde a la Formación El Imperial, ubicada en el Cañón del Atuel, en cercanías de la ciudad de San Rafael, provincia de Mendoza.

El análisis taxonómico permitió el reconocimiento de 37 taxones, 24 especies, 8 de las cuales poseen calificadores de nomenclatura abierta (como ser cf.) o son dudosas. Estas entidades representan a 24 géneros de braquiópodos, pertenecientes a 16 familias de 6 órdenes. Dichos resultados permiten actualizar y refinar el esquema bioestratigráfico sustentado en invertebrados marinos para las cuencas del centro-oeste y sudoeste de Argentina, además brindan mayor resolución biocronológica a los acontecimientos paleobiológicos acontecidos. Ésta nueva propuesta se ajusta y complementa la información presente en la literatura científica del escenario del Gondwana Sudoccidental durante el Paleozoico tardío. Las determinaciones taxonómicas en sí mismas resultan totalmente novedosas y en base a estas se estableció una antigüedad Bashkiriano tardío–Moscoviano para las faunas bajo estudio, corroborando la antigüedad relativa de las formaciones portadoras de las mismas, y especialmente precisando sus correlaciones bioestratigráficas con otras formaciones cercanas, que poseen un mejor conocimiento desde el punto de vista paleontológico. Se proponen nuevas entidades taxonómicas, que enriquecen el contenido faunístico de braquiópodos de las asociaciones reconocidas a lo largo del margen sudoccidental del Gondwana (*e.g.*, *Linoproductoides* sp. nov., *Aseptella* sp. nov.), brindando valiosa información respecto al origen, desarrollo y diversificación de las mismas. También se amplía la distribución geográfica y estratigráfica de muchos de los taxones identificados en este trabajo, tales como, la de los géneros *Gonzalezius*, *Aseptella*, *Lanipustula*, entre otros.

Los análisis paleobiogeográficos mostraron vínculos de los taxones aquí reconocidos con elementos típicos de los Reinos Paleoequatorial y Boreal, y en menor medida con Patagonia, constituyendo un sustento más a la hipótesis de intercambio biótico entre el sur y el norte durante el proceso de mejoramiento climático, instaurado a partir del Bashkiriano tardío. Evidenciando la recuperación de las vías de migración y de

las faunas de invertebrados marinos, luego del período de glaciación más extenso acontecido en el margen sudoccidental de Gondwana durante el lapso Serpukhoviano tardío–Bashkiriano temprano. Es así que se reconocen taxones típicos de las faunas de *Marginovatia peregrina*-*Maemia tenuiscostata* y *Tivertonia jachalensis*-*Streptorhynchus inaequiornatus*. Las mencionadas faunas se asocian a ambientes de aguas templadas a cálidas. Por otra parte, los resultados aquí obtenidos sustentan la hipótesis de desconexión paleogeográfica y paleobiogeográfica de Patagonia con respecto al margen austral de Gondwana.

Se propone una nueva unidad bioestratigráfica, en base al análisis de la distribución estratigráfica y geográfica de los taxones estudiados, denominada Biozona de *Saltospirifer guevarai*-*Pericospira sanjuanensis*, la cual comprendería un rango Bashkiriano tardío temprano, y se ubica entre la más antigua Biozona de *Marginovatia peregrina*-*Maemia tenuiscostata*, y la más joven *Tivertonia jachalensis*-*Streptorhynchus inaequiornatus*. Esta nueva propuesta ajusta la resolución bioestratigráfica para las cuencas del centro-oeste y sudoeste argentino, brindando una mayor comprensión de los eventos paleobiológicos que acontecieron durante el Paleozoico tardío.

**Abstract.** The current work of thesis it focused mainly in the taxonomic study of brachiopod fossils faunas from different Upper Paleozoic lithostratigraphical units of central-western and southwestern Argentina. These units are recognized throughout San Juan, Mendoza and Neuquén provinces. The knowledge of these brachiopod faunas was scarce and long-standing in this units, while in other cases was inexistent. To the classical localities is add a new fossiliferous locality founded during the develop of this thesis, this correspond to the El Imperial Formation, located in the Cañón del Atuel locality, near San Rafael city, Mendoza province.

The taxonomic study allowed the recognition of 37 taxa, 24 species, 8 with open nomenclature qualifiers (such as, cf.) or are doubtful, these entities represent 24 genera of brachiopods, belonging to 16 families of 6 orders. These results allow updating and refining the biostratigraphical scheme based on marine invertebrates for the basins of central-western and south-western Argentina. In addition they provide greater biochronological resolution to the paleobiological events that occurred. This new proposal complements the information present in the scientific literature of the scenario about the southwestern Gondwana margin during the Late Paleozoic. The taxonomic determinations themselves are completely new and based on these, it was possible to establish the late Bashkirian–Moscovian age for the studied faunas, corroborating the relative antiquity of the formations that bear them, and especially specifying their biostratigraphical correlations with other nearby formations, which have a better paleontological knowledge. New taxonomic entities are proposed and enrich the brachiopod faunal content of assemblages recognized along the southwestern Gondwana margin (e.g., *Linoproductoides* sp. nov., *Aseptella* sp. nov.), providing valuable information about the origin, development and their diversification. The geographical and stratigraphical distribution of many taxa identified in this work is also expanded, such as the genera *Gonzalezius*, *Aseptella*, *Lanipustula*, among others.

The paleobiogeographical analyzes revealed the relationships of the taxa recognized with typical elements of the Paleoequatorial and Boreal Realms, and slightly relation with Patagonia, reinforcing the hypothesis of biotic exchange between the south and the north during the climatic amelioration since late Bashkirian. Showing the recovery of the seaways and marine invertebrates faunas after the longest glaciation occurred in the southwestern Gondwana margin during the late Serpukhovian–early Bashkirian times. Thus, typical taxa of the *Marginovatia peregrina*-*Maemia tenuiscostata* and *Tivertonia jachalensis*-*Streptorhynchus inaequiornatus* faunas are

recognized. The aforementioned faunas are associated with temperate to warm water environments. On the other hand, it supports the hypothesis of paleogeographical and paleobiogeographical disconnection of Patagonia respect to southwestern Gondwana margin.

A new biostratigraphical unit is proposed, based on the analysis of the stratigraphical and geographical distribution of the taxa studied, called *Saltospirifer guevarai-Pericospira sanjuanensis* Biozone, which would comprise and early late Bashkirian age, and is located between the older *Marginovatia peregrina-Maemia tenuiscostata* Biozone and the younger *Tivertonia jachalensis-Streptorhynchus inaequioratus* Biozone. This new proposal improves the biostratigraphical resolution for the central-western and southwestern Argentinean basins, providing a better understanding of the paleobiological events that occurred during the Late Paleozoic.

**Agradecimientos.** Sin lugar a dudas son muchas las personas a las que debo una enorme gratitud y reconocimiento, todas ellas en mayor o menor medida me acompañaron en todo el proceso de la Carrera de Doctorado, y me han dejado alguna enseñanza ya sea académica o extracurricular.

En primer lugar debo mencionar a mi director, el Dr. Arturo Taboada, quien me ofreció el tema de estudio y acompañó en todo el proceso de desarrollo de este trabajo, sus valiosas lecciones respecto a la sistemática de braquiópodos y sus lecciones en campañas fueron de invaluable ayuda y orientación. Su apoyo constante y motivación fueron de gran ayuda en momentos de adversidades. Mis agradecimientos también a toda su familia quienes siempre me recibieron de la mejor manera y me hicieron sentir como parte de la misma.

A la Dra. Alejandra Pagani, quien fue de gran ayuda y orientadora en las tareas de campo, agradezco profundamente sus enseñanzas y motivaciones en las tareas de campo desarrolladas. Además de sus consejos y sugerencias en la escritura y estructuración del presente trabajo de tesis.

Al Lic. César Taboada, sin dudas un gran compañero y amigo en las tareas de campo llevadas a cabo a lo largo de los años de desarrollo de este trabajo. Sus consejos y debates académicos fueron de gran ayuda y motivación.

A la Dra. Karina Pinilla, una gran amiga durante el desarrollo de las tareas de campo y de quien he aprendido acerca de los invertebrados en general y aspectos geológicos, su entusiasmo hacia las ciencias geológicas y paleontológicas fue de gran motivación y ayuda.

A la Lic. Ariana Robles Vilches agradezco su camaradería e intercambio de ideas respecto a la sistemática y taxonomía de braquiópodos.

Un gran reconocimiento a Soledad e Ignacio con quienes he compartido muy lindos momentos en las campañas paleontológicas realizadas en la ciudad de San Rafael. Gracias por la buena onda e intercambio de opiniones. Al Dr. Marcelo de La Fuente quien ha brindado su ayuda en las correcciones del presente trabajo de tesis. Al Dr. Oscar Limarino y Dra. Silvia Césari, quienes gentilmente proporcionaron los datos geológicos y sedimentológicos de la Formación Huaraco, para la elaboración de la columna estratigráfica.

No quiero olvidarme de muchas personas que también fueron parte de esta etapa, y que de alguna manera me acompañaron en este proceso; Cristian Gorosito y Matías

Berrondo, grandes compañeros y amigos de oficina, Bárbara Vera, Estefanía Bagnato, Guillermo Windholz, Jorge Messo, Luis Antilef y Sebastián Pinto.

Un agradecimiento especial a los jurados de este trabajo de tesis doctoral, Dr. Diego Balseiro, Dra. Karen Halpern y Dr. Javier Echevarria. Sus valiosas correcciones y sugerencias, ayudaron a mejorar la versión final del mismo.

Finalmente un gran agradecimiento a mis padres Claudio y Elsa, mis hermanos Roberto y Javier, y mi sobrino Felipe, quienes siempre están conmigo, y me motivaron a continuar y no desistir.

A Yamila y su familia, quienes me apoyaron y acompañaron en la última etapa de este trabajo.

A todos ellos mis más sinceros agradecimientos

## Índice.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	14
1.1 OBJETIVO GENERAL DE LA TESIS .....	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO .....	14
CAPÍTULO 2. CONTEXTO GENERAL .....	16
2.1. EL PALEOZOICO SUPERIOR MARINO EN EL CONTEXTO GONDWÁNICO .....	16
2.1.1. Paleogeografía de Gondwana durante el Paleozoico tardío.....	18
2.1.2. Evolución Paleoclimática de Gondwana durante el Paleozoico tardío.....	19
2.2. AMÉRICA DEL SUR .....	23
2.2.1. Marco geológico .....	23
2.2.2. Evolución geotectónica del margen occidental sudamericano .....	25
2.2.3. Transgresiones marinas Neopaleozoicas en el margen sudamericano .....	27
2.3. CUENCAS DEL CENTRO-OESTE Y SUDOESTE DE ARGENTINA .....	28
2.3.1. Cuenca Uspallata-Iglesia .....	29
2.3.1a. Subcuenca Río Blanco .....	30
2.3.1b. Subcuenca Calingasta-Uspallata.....	30
2.3.2. Cuenca Paganzo .....	31
2.3.3. Cuenca San Rafael .....	32
2.3.4. Cuenca Neuquén .....	33
CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES PALEONTOLÓGICOS Y BIOESTRATIGRÁFICOS .....	35
3.1. LAS FAUNAS DE INVERTEBRADOS MARINOS DEL CENTRO-OESTE DE ARGENTINA Y SUS RELEVANCIAS .....	35
3.2. UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS .....	38
3.2.1. Biozona de asociación <i>Michiganites scalabrinii</i> - <i>Azurduya chavelensis</i> .....	38
3.2.2. Biozona de Intervalo de <i>Rugosochonetes gloucesterensis</i> - <i>Bulahdelia</i> cf. <i>myallensis</i> .....	39
3.2.3. Fauna de <i>Aseptella-Tuberculatella/Rhipidomella-Micraphelia</i> Simanauskas & Cisterna, 2001 .....	40
3.2.4. Biozona de intervalo de <i>Levipustula levis</i> .....	42
3.2.5. Biozona de asociación de <i>Marginovatia peregrina</i> - <i>Maemia tenuiscostata</i> .....	44
3.2.6. Biozona de asociación de <i>Tivertonia jachalensis</i> - <i>Streptorhynchus</i> <i>inaequiornatus</i> .....	46
3.2.7. Biozona de <i>Costatumulus amosi</i> .....	48



3.3. CONTEXTO PALEOBIOGEOGRÁFICO Y PALEOCLIMÁTICO DE LAS ASOCIACIONES FAUNÍSTICAS .....	49
CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	54
4.1. REPOSITARIOS .....	54
4.2. ÁREAS DE ESTUDIO Y TRABAJOS DE CAMPO .....	55
4.2.1. Trabajos de Campo en la Formación El Imperial .....	55
4.2.2. Trabajos de campo en la Formación Cerro Agua Negra .....	58
4.2.3. Trabajos de campo en las formaciones Ciénaga Larga del Tontal y Alto Río Tunuyán .....	60
4.2.4. Trabajos de campo en la Formación Huaraco .....	61
4.3. PREPARACIÓN DEL MATERIAL FÓSIL .....	64
4.4. DETERMINACIONES SISTEMÁTICAS .....	64
CAPÍTULO 5. FORMACIÓN EL IMPERIAL.....	66
5.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES .....	66
5.1.1. Nomenclatura de la Formación El Imperial.....	67
5.1.2. Antecedentes paleontológicos.....	68
5.2. MARCO GEOLÓGICO .....	69
5.3. ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA.....	73
5.3.1. Secciones estratigráficas en las localidades de Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta.....	74
5.3.2. Sección estratigráfica en la localidad Cañón del Atuel .....	75
5.4. BIOESTRATIGRAFÍA .....	76
5.5. RESULTADOS: PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA .....	76
5.5.1. Sección estratigráfica de Arroyo del Imperial .....	76
5.5.2. Sección estratigráfica de Quebrada de la Horqueta .....	77
5.5.3. Sección estratigráfica del Cañón del Atuel.....	77
5.6. DISCUSIÓN .....	79
5.6.1. Faunas de Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta, definición de la Biozona de <i>Saltospirifer guevarai-Pericospira sanjuanensis</i> .....	79
5.6.2. Ubicación estratigráfica y resolución bioestratigráfica de la Biozona de <i>Saltospirifer guevarai-Pericospira sanjuanensis</i> .....	81
5.6.3. Reconocimiento de la fauna del Cañón del Atuel y afinidades .....	84
5.6.4. Ubicación estratigráfica y resolución bioestratigráfica .....	85
5.6.5. Edades relativas de las faunas y correlaciones .....	87
5.7. CONCLUSIONES .....	89
CAPÍTULO 6. FORMACIÓN CERRO AGUA NEGRA.....	91

6.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES .....	91
6.1.1. Antecedentes paleontológicos.....	92
6.2. MARCO GEOLÓGICO .....	93
6.3. ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA.....	95
6.4. BIOESTRATIGRAFÍA .....	96
6.5. RESULTADOS: PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA .....	97
6.5.1. Sección estratigráfica en inmediaciones de Quebrada Aspera .....	97
6.5.2. Sección estratigráfica en Quebrada de las Tranquitas de Abajo.....	97
6.6. DISCUSIÓN .....	99
6.6.1. Reconocimiento de las faunas en las localidades fosilíferas y afinidades .....	99
6.6.2. Implicancias de la ocurrencia de <i>Gonzalezius naranjoensis</i> .....	100
6.6.3. Las afinidades y vinculaciones paleobiogeográficas de los géneros <i>Aseptella</i> y <i>Tuberculatella</i> .....	101
6.6.4. Discusión bioestratigráfica de la Fauna A-T/R-M.....	102
6.6.5. Ubicación geográfica, estratigráfica y correlación de las faunas estudiadas ..	104
6.7. CONCLUSIONES .....	107
CAPÍTULO 7. FORMACIÓN CIÉNAGA LARGA DEL TONTAL.....	108
7.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES .....	108
7.2. MARCO GEOLÓGICO .....	109
7.3. ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA.....	111
7.4. BIOESTRATIGRAFÍA .....	113
7.5. RESULTADOS: PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA .....	114
7.6. DISCUSIÓN .....	115
7.6.1. Reconocimiento de las faunas y sus afinidades .....	115
7.6.2. Ubicación estratigráfica de la Fauna <i>Saltospirifer-Pericospira</i> .....	116
7.6.3. Edad relativa de la fauna y correlación.....	118
7.7. CONCLUSIONES .....	120
CAPÍTULO 8. FORMACIÓN HUARACO.....	122
8.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES .....	122
8.1.1. Contenido paleontológico .....	123
8.2. MARCO GEOLÓGICO .....	124
8.2.1. Relaciones estratigráficas de la Formación Huaraco .....	127
8.2.2. Estratigrafía de la Formación Huaraco .....	129
8.3. BIOESTRATIGRAFÍA .....	131
8.4. RESULTADOS: PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA .....	132

8.4.1. Primer nivel fosilífero .....	132
8.4.2. Segundo nivel fosilífero .....	132
8.4.3. Tercer nivel fosilífero .....	132
8.5. DISCUSIÓN .....	134
8.5.1. Primer nivel fosilífero: reconocimiento de la fauna en la localidad fosilífera y sus afinidades .....	134
8.5.1a. Implicancias de la ocurrencia de <i>Gonzalezius naranjoensis</i> ? .....	134
8.5.1b. La ocurrencia de la Familia Linoproductidae e implicancias paleobiogeográficas .....	134
8.5.2. Segundo nivel fosilífero: reconocimiento de la fauna en la localidad fosilífera y sus afinidades .....	136
8.5.2a. Ocurrencia de <i>Lanipustula patagoniensis</i> e implicancias paleobiogeográficas y paleoclimáticas.....	137
8.5.3. Tercer nivel fosilífero: reconocimiento de la fauna en la localidad fosilífera y sus afinidades .....	139
8.5.4. Ubicación estratigráfica de las faunas .....	140
8.5.4a. Nivel fosilífero del Cerro San Pedro .....	140
8.5.4b. Nivel fosilífero del Cerro Minas .....	141
8.5.4c. Nivel fosilífero en inmediaciones del basurero municipal.....	141
8.5.5. Edades relativas de las faunas y correlaciones .....	142
8.6. CONCLUSIONES .....	143
<b>CAPÍTULO 9. AFINIDADES PALEOBIOGEOGRÁFICAS DE LAS FAUNAS DE BRAQUIOPODOS DEL CENTRO-OESTE Y SUDOESTE DE ARGENTINA .....</b>	<b>144</b>
9.1. INTRODUCCIÓN E IMPORTANCIA DEL GRUPO DE ESTUDIO .....	144
9.1.1. Configuración paleobiogeográfica durante el Mississippiano.....	145
9.1.2. Configuración paleobiogeográfica durante el Pennsylvaniano.....	147
9.2. ANTECEDENTES PALEOBIOGEOGRÁFICOS DE LAS FAUNAS DEL CENTRO-OESTE DE ARGENTINA .....	149
9.3. METODOLOGÍA .....	149
9.4. RESULTADOS .....	151
9.5. DISCUSIÓN .....	152
9.5.1. Interpretación del dendrograma utilizando el índice de Simpson.....	152
9.5.2. Interpretación del dendrograma utilizando el índice de Jaccard.....	153
9.6. CONCLUSIONES .....	155
<b>CAPÍTULO 10. PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA .....</b>	<b>156</b>
Género <i>Argentiella</i> Archbold, Cisterna & Sterren, 2005.....	156
Género <i>Oehlertella</i> Hall & Clarke, 1890.....	158

Género <i>Orbiculoidea</i> d'Orbigny, 1847 .....	163
Género <i>Coolkilella</i> Archbold, 1993 .....	167
Género <i>Calytrixia</i> Waterhouse, 2010 .....	171
Género <i>Costatumulus</i> Waterhouse, 1983 .....	173
Linoproductinae indet. ....	178
Género <i>Marginovatia</i> Gordon & Henry, 1990 .....	181
Género <i>Linoproductoides</i> Lazarev, 2006.....	184
Linispinae indet. ....	190
Género <i>Linispinus</i> Lazarev, 2006 .....	191
Género <i>Buxtonia</i> Thomas, 1914 .....	195
Género <i>Tuberculatella</i> Waterhouse, 1982 .....	200
Género <i>Aseptella</i> Martínez Chacón & Winkler Prins, 1977 .....	205
Género <i>Lanipustula</i> Klets, 1983 .....	210
Género <i>Neochonetes</i> Muir-Wood, 1962 .....	215
Género <i>Tivertonia</i> Archbold, 1983 .....	223
Género <i>Gonzalezius</i> Taboada, 2004 .....	230
Género <i>Streptorhynchus</i> King, 1850 .....	235
Syringothyrididae indet.....	241
Género <i>Septosyringothyris</i> Vandercammen, 1955 .....	243
Género <i>Spiriferellina</i> Frederiks, 1924 .....	254
Género <i>Saltospirifer</i> Cisterna & Archbold, 2007 .....	257
Género <i>Pericospira</i> Archbold & Cisterna, 2007 (en Cisterna & Archbold, 2007) ..	260
Género <i>Reticularia</i> McCoy, 1844 .....	271
Género <i>Leiorhynchus</i> Hall, 1860 .....	277
Género <i>Rhynchopora</i> King, 1865 .....	289
CAPÍTULO 11. DISCUSIONES FINALES Y CONCLUSIONES.....	296
11.1. RECONOCIMIENTO DE LAS FAUNAS Y ACTUALIZACIÓN BIOESTRATIGRÁFICA.....	296
11. 2. RESPUESTAS A LAS HIPOTESIS DE TRABAJO PLANTEADAS.....	298
11.3. FAUNAS DE <i>MARGINOVATIA PEREGRINA-MAEMIA TENUISCOSTATA</i> .....	299
11.4. FAUNAS DE <i>TIVERTONIA JACHALENSIS-STREPTORHYNCHUS     INAEQUIORNATUS</i> .....	302
11.5. LA BARRERA TÉRMICA .....	304
11.6. CONSIDERACIONES FINALES.....	306
BIBLIOGRAFÍA .....	309
ANEXOS .....	347

Artículo científico de respaldo..... 361

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de tesis aquí presentado pretende brindar nuevos conocimientos sobre las faunas de braquiópodos fósiles del Carbonífero procedentes de las cuencas del centro-oeste de Argentina, considerando todos sus aspectos (sistemáticos, paleobiogeográficos y bioestratigráficos). Estos afloramientos reconocidos a lo largo de las provincias de San Juan, Mendoza y Neuquén, presentaban hasta este trabajo un conocimiento, cuando no inexistente, escaso y desactualizado.

### 1.1 OBJETIVO GENERAL DE LA TESIS

Incrementar el conocimiento sistemático de los braquiópodos del Paleozoico superior de las cuencas paleopacíficas del centro-oeste argentino. Caracterizar las diferentes asociaciones faunísticas y su significancia bioestratigráfica, paleobiogeográfica y paleoclimática. Reconocer posibles variaciones paleoclimáticas paleolatitudinales a lo largo de la faja andina mencionada durante el Paleozoico tardío.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descripción del material fósil de braquiópodos previamente recolectado, y actualización sistemática.
- Obtención de nuevo material y estudio taxonómico detallado de braquiópodos fósiles de las formaciones El Imperial, Alto Río Tunuyán, Cerro Agua Negra, Ciénaga Larga del Tontal y Huaraco.
- Caracterizar las asociaciones faunísticas, reconocimiento de faunas previamente documentadas y/o definición de nuevas asociaciones.
- Actualizar del esquema bioestratigráfico del Paleozoico superior del centro-oeste de Argentina. Propuesta de un escenario de biocorrelación regional extendido al margen sudoccidental de Gondwana.
- Realizar un análisis paleobiogeográfico de las faunas de braquiópodos estudiadas, y su relación con aquellas faunas conspicuas del Carbonífero del centro-oeste argentino y Patagonia.

### 1.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO

- **H1:** La fauna de la base de la Formación Cerro Agua Negra, escasamente conocida, sería asimilable a la fauna de *Marginovatia-Maemia*, previamente

reconocida en la sierra de Barreal de la Precordillera de San Juan (Subcuenca Calingasta-Uspallata).

- **H2:** La fauna procedente de la Formación Ciénaga Larga del Tontal sería equiparable a las faunas reconocidas en la Precordillera, en los términos postglaciales posteriores a la fauna de *Levipustula levis*.
- **H3:** Las faunas de las formaciones Alto Río Tunuyán y El Imperial serían afines a la asociación de *Tivertonia jachalensis-Streptorhynchus inaequiornatus* del centro-oeste de Argentina.
- **H4:** Las sucesivas faunas de la Formación Huaraco de la Comarca Neuquina, exhibirían similitudes o estarían comprendidas en la cronozona de aquellas reconocidas más al norte, tales como *Marginovatia-Maemia* y *Tivertonia-Streptorhynchus* del centro-oeste de Argentina.
- **H5:** Las faunas de la Formación Huaraco serían claves para el reconocimiento de marcados gradientes térmicos que habrían facilitado el ingreso de elementos de aguas más cálidas provenientes del norte, y posteriormente su reversión térmica incorporando taxones de aguas frías típicos de cuencas subpolares durante el Carbonífero tardío (*e.g.*, Cuenca Tepuel-Genoa, Patagonia, Argentina).

## CAPÍTULO 2. CONTEXTO GENERAL

### 2.1. EL PALEOZOICO SUPERIOR MARINO EN EL CONTEXTO GONDWÁNICO

Gondwana fue un supercontinente que se ensambló hacia finales del Proterozoico y comienzos del Periodo Cámbrico (*c.a.*, 542 Ma) y persistió hasta el límite Pérmico–Triásico (251 Ma), constituido principalmente por las masas continentales de Sudamérica, África, Antártida, Australia y la India (denominados también núcleos de Gondwana), además de otras regiones perigondwánicas (Scotese & McKerrow, 1990; Limarino & López Gamundí, 2021) (Fig. 1. 1–8). Geográficamente se ubicó en el hemisferio sur, y fue afectado por eventos geodinámicos de gran magnitud que tuvieron influencia decisiva sobre las ulteriores cuencas oceánicas, procesos orogénicos, paleoclimas y evolución de la biota. Eventualmente este supercontinente derivó sobre el paleopolo sur, desde el extremo occidental al extremo oriental, durante la Era Paleozoica en un lapso de aproximadamente 300 Ma, produciéndose cambios paleoclimáticos en función de los movimientos latitudinales, que a su vez influyeron en el desarrollo, distribución y evolución de la biota (Shi & Waterhouse, 2010; Benedetto, 2012). Además, se superponen otras variaciones tales como, cambios climáticos globales inducidos por factores astronómicos o por alteración en los patrones de circulación oceánica (Frakes & Kemp, 1972).

Desde el período Silúrico (Fig. 1.3), Gondwana comenzó a derivar hacia el continente de Laurasia con el cual colisionó durante el Carbonífero (Figs. 1. 5–6). La acreción de otras masas continentales independientes como el vasto continente de Siberia, terminó de dar forma al supercontinente de Pangea hacia finales del Período Pérmico (Figs. 1. 7–8). A su vez, esta amalgama de bloques continentales estuvo asociada con eventos tectónicos y magmáticos a gran escala, tales como la formación de los orógenos colisionales Varísico o Hercínico, de los Montes Urales, Aleganiano y los Mauritánides. Por otro lado, a lo largo de los márgenes pacíficos de Gondwana, continuo la subducción activa hasta que el Orógeno Terra Australis culminó su historia con la orogenia Gondwánica a fines del Paleozoico entre los 300 y 250 Ma (Benedetto, 2012). El proceso de conformación de Pangea resultó en drásticos cambios de la paleogeografía, paleoceanografía y paleobiogeografía a nivel global (Shi & Waterhouse, 2010).



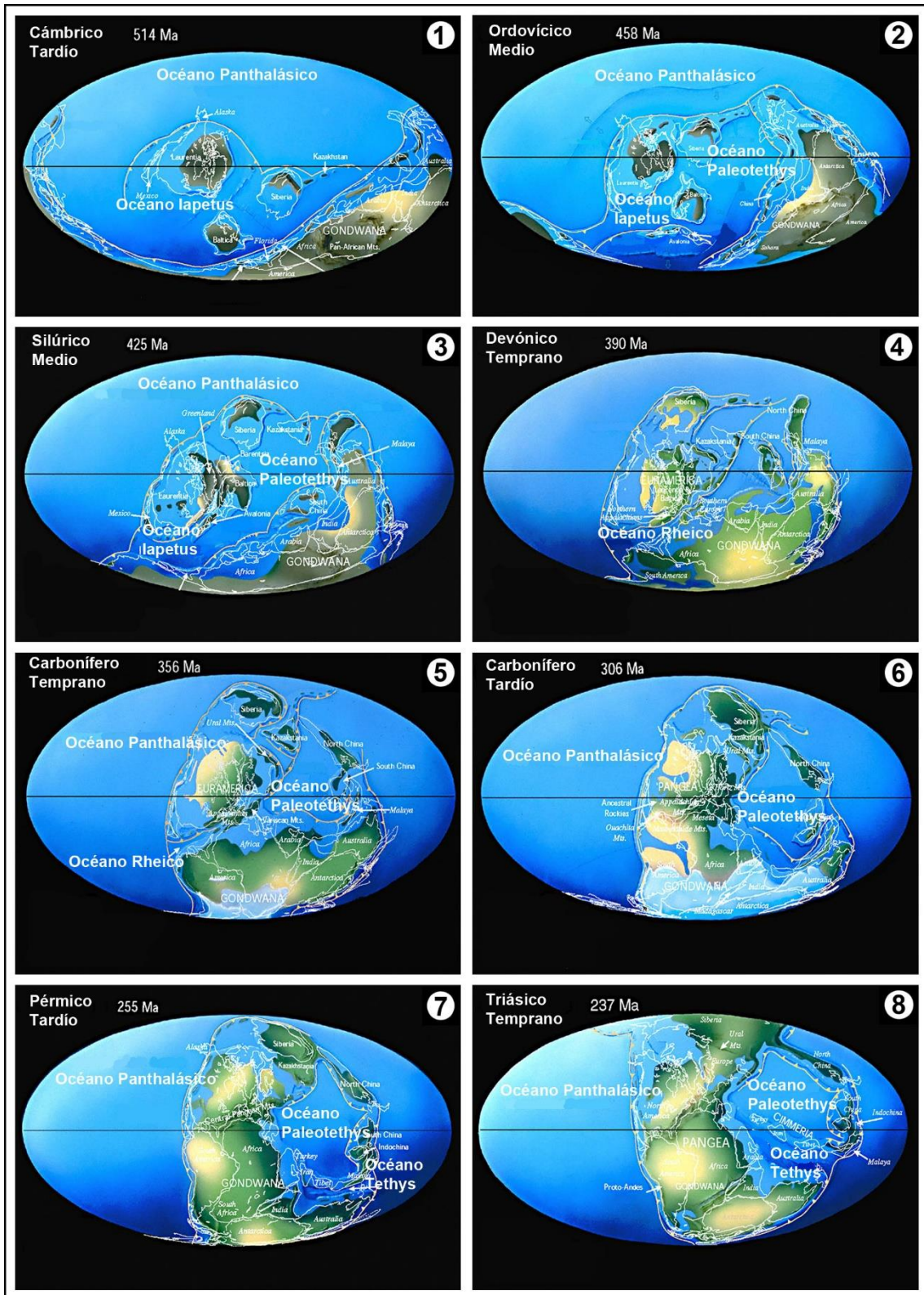
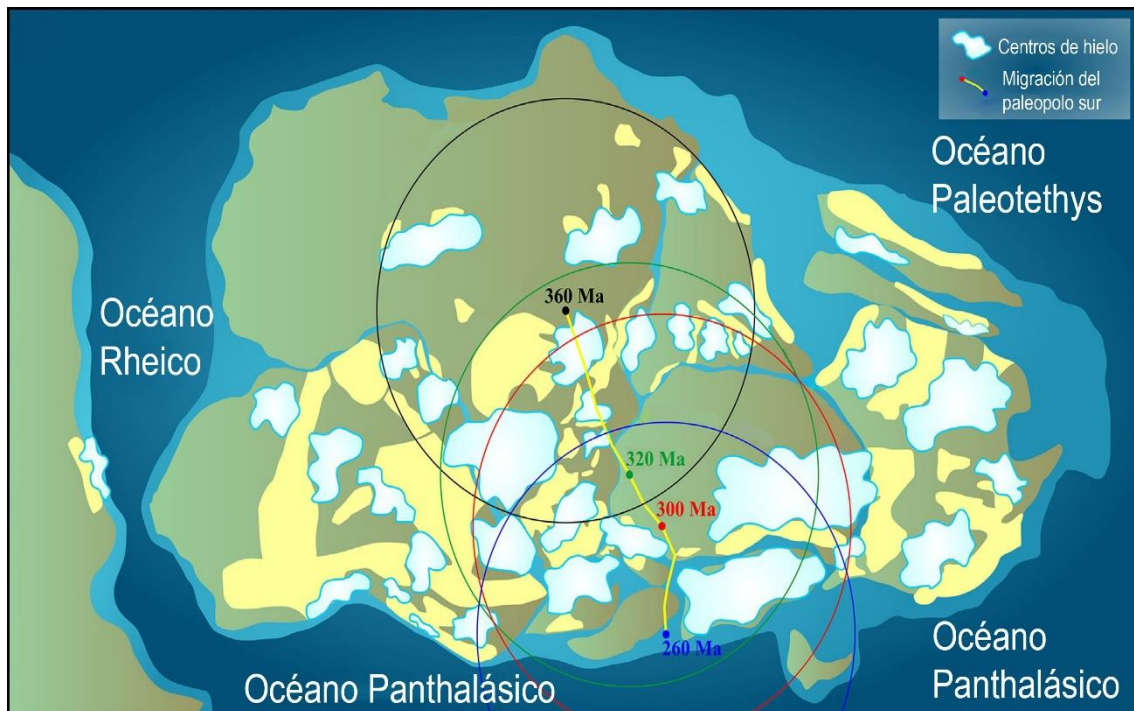


Figura 1. 1–8, configuración paleogeográfica de los continentes durante la Era Paleozoica. Modificado de Scotese *et al.* (1979).

### 2.1.1. Paleogeografía de Gondwana durante el Paleozoico tardío

El Paleozoico tardío (informalmente Neopaleozoico) corresponde a uno de los intervalos más dinámicos de la historia de la Tierra, durante el cual ocurrió un intenso tectonismo que modificó sustancialmente la configuración paleogeográfica global provocando cambios climáticos extremos, que afectaron significativamente la composición biótica (Ramos, 2008; Shi & Waterhouse, 2010; Rosa & Isbell, 2021). A inicios del Período Carbonífero, el paleopolo sur estaba centrado en el centro-sur de África, o entre este continente y la India Peninsular. Posteriormente la Antártida atravesó transversalmente al paleopolo sur, y desde mediados del Período Pérmico este último quedó situado sobre aguas oceánicas. De esta manera solamente Antártida, el extremo sur de África y Sudamérica estuvieron comprendidos dentro del círculo de los 60° S (Fig. 2). El resto de Gondwana ocupó una franja paleoclimática templada, puntualmente su parte norte se situó en el cinturón templado/cálido, es decir entre los 30° S y el paleoecuador. Laurasia se mantuvo relativamente estática respecto del paleoecuador, siendo Gondwana el continente que derivó hacia el norte, hasta eventualmente colisionar con la misma a mediados del Período Carbonífero (*c.a.*, 330 Ma), ocasionando el cierre del Océano Rheico, y la instauración de la orogenia Variscica (Scotese & McKerrow, 1990; Nance, 2008 *vide* Benedetto, 2012; Angiolini *et al.*, 2021) (Fig. 1.6). Sin embargo, se ha postulado que el cierre definitivo del Océano Rheico y las vías marítimas asociadas (*i.e.*, Vía Ibérica), ocurrieron en el Pennsylvaniano, puntualmente en el Kasimoviano (Vai, 2003; García Bellido & Rodríguez, 2005). Al oriente de esta colisión Gondwana/Laurasia se abrió un amplio engolfamiento que dio origen al mar “Paleotethys” el cual bañaba las costas del sur de Eurasia y noreste de Gondwana. Los continentes de China del norte y Sibumasu (China del sur) bordeaban el Mar Paleotethys por el este, cerrando parcialmente su conexión con el océano global “Panthalassa” (o Panthalásico) un superocéano que ocupó cerca de dos tercios de la superficie terrestre (Fig. 1.7) (Benedetto, 2012; Torsvik & Cocks, 2013).



**Figura 2.** Deriva de Gondwana a través del paleopolo sur durante el Paleozoico tardío. Se muestran los centros de hielo distribuidos a lo largo de Gondwana, en la versión emergente (moderna) de la Edad del Hielo del Paleozoico tardío. Tomado y modificado de Rosa & Isbell (2021).

### 2.1.2. Evolución Paleoclimática de Gondwana durante el Paleozoico tardío

Durante el Carbonífero, aparejado a la dinámica tectónica de conformación de la incipiente Pangea, se registró una drástica disminución de la concentración global de dióxido de carbono atmosférico y un incremento notable de la concentración de oxígeno (la mayor en toda la historia de la Tierra). Estos factores condujeron a grandes y drásticos cambios climáticos que impactaron directamente sobre la biota, destacándose un fenómeno de singular importancia y de los más notables de la historia del planeta, la transición climática desde condiciones “Glaciales” hacia condiciones de “Efecto Invernadero Extremo”, conocida también como la transición “Icehouse to Greenhouse”, y dicha evolución paleoclimática ha quedado documentada en las rocas de éste supercontinente (Isbell *et al.*, 2003a; Fielding *et al.*, 2008a; Taboada, 2010; Shi & Waterhouse, 2010; Benedetto, 2012; Limarino *et al.*, 2014; Limarino & López Gamundí, 2021). Pangea comenzó a estructurarse durante una etapa climática fría, y los casquetes de hielo polar alcanzaron su mayor extensión a finales del Carbonífero y comienzos del Pérmico, posteriormente el hielo comenzó a fundirse para desaparecer completamente al culminar el Pérmico, a causa de un progresivo calentamiento global (Fielding *et al.*, 2008a; Benedetto, 2012; Limarino *et al.*, 2014; Isbell *et al.*, 2021).

El mencionado evento de glaciación se conoce como la “Glaciación Gondwánica” o también como “La Edad del Hielo del Paleozoico tardío” (LPIA por sus siglas en inglés), la más importante y de mayor duración de todo el Eón Fanerozoico. Esta edad del hielo abarcó el período Carbonífero y el Pérmico temprano, e inició en el oeste de Gondwana, con los centros de hielo desplazándose hacia el este (Fig. 3.1) (Frakes *et al.*, 1992; Isbell *et al.*, 2003a; Azcuy *et al.*, 2007; Fielding *et al.*, 2008a, b). Depósitos de esta glaciación se registran en Sudamérica, sur de África, India, Antártida, Australia, y en otras regiones perigondwánicas (López Gamundí *et al.*, 1992; Isbell *et al.*, 2003a, b). Históricamente el inicio de la misma, había sido señalado en el Viseano tardío–Serpukhoviano (345–330 Ma) en el margen occidental de Gondwana, mientras que los últimos registros se reconocen en el sector oriental del supercontinente, en los pisos Asseliano–Sakmario inferior, representando un lapso 299–295 Ma (Fielding *et al.*, 2008a), aunque las últimas investigaciones parecen indicar que la glaciación habría finalizado en el Pérmico tardío temprano (Rosa & Isbell, 2021). Argentina es considerado uno de los territorios con las mejores exposiciones que documentaron el inicio de la glaciación en varias unidades litoestratigráficas que afloran tanto en el centro-oeste, como en Patagonia (Azcuy *et al.*, 2007; Taboada, 2010) (Fig. 3.3). Sin embargo, en años recientes y a la luz de nuevas interpretaciones estratigráficas y hallazgos paleontológicos (paleobotánicos y de paleoinvertebrados), tanto en el centro-oeste argentino como en Patagonia, se reevaluó la hipótesis de que la Glaciación Gondwánica habría comenzado antes, en el Tournaisiano medio a tardío (Cucchi, 1980; López Gamundí, 1980; Carrizo & Azcuy, 2000; Taboada *et al.*, 2018, 2019; Ciccioli *et al.*, 2020; Ezpeleta *et al.*, 2020; Sterren *et al.*, 2021). Más recientemente, nuevos registros de la Glaciación Gondwánica (*i.e.*, Bolivia), sumado a nuevos estudios y datos aportados por dataciones radiométricas y biozonaciones (paleobotánicas y paleoinvertebrados), han permitido distinguir cinco episodios glaciales discretos en el margen sudoccidental de Gondwana ocurridos durante el Devónico tardío–Tournaisiano más temprano, Tournaisiano, Viseano, Serpukhoviano–Bashkiriano temprano, Moscoviano–Gzheliano–Pérmico más temprano (López Gamundí *et al.*, 2021). De esta manera los últimos estudios indican que la glaciación habría comenzado en el Devónico más tardío (362 Ma) y persistido hasta el Pérmico tardío temprano (256 Ma), abarcando un lapso de aproximadamente 106 Ma (Rosa & Isbell, 2021; López Gamundí *et al.*, 2021).

Los modelos paleoclimáticos representando la dinámica y distribución de los hielos sobre el supercontinente, han considerado originalmente un único y continuo evento

glacial, con un gran casquete de hielo cubriendo vastas extensiones de Gondwana desde el Mississippiano hasta el Pérmico temprano (Frakes, 1979) (Fig. 3.2). Posteriormente, se postuló un modelo de glaciación consistente de múltiples eventos glaciarios (con una duración promedio de 1–8 Ma, o incluso hasta 10 Ma) alternando con episodios interglaciarios de igual duración, y numerosos avances y retrocesos de los casquetes de hielo (menos extensos) a través de todo Gondwana (Fielding *et al.*, 2008a; Dineen, 2010; Gulbranson *et al.*, 2010; Isbell *et al.*, 2012; Limarino *et al.*, 2014; Isbell *et al.*, 2021) (Fig. 3.1). Sin embargo, nuevos hallazgos sustentan el modelo original, y establecen un único casquete de hielo de escala continental (Starck *et al.*, 2021). No obstante, esto es aún materia de debate y controversia (Limarino & López Gamundí, 2021).

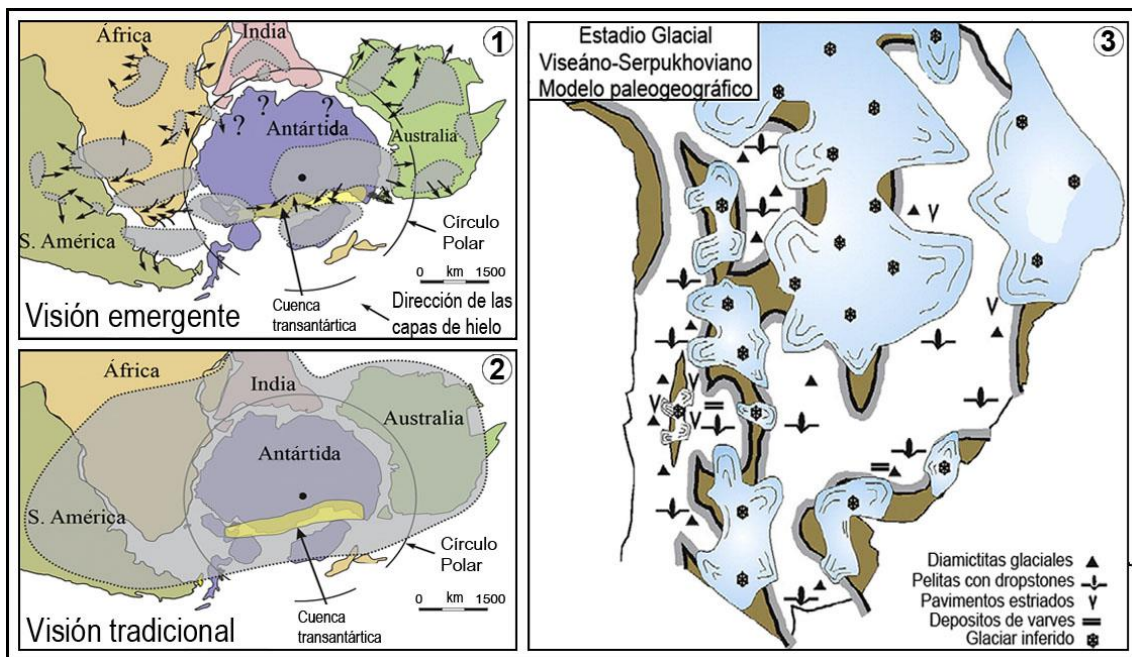
Respecto a los efectos de la glaciación sobre la biota en general y particularmente sobre las comunidades marinas, la misma produjo cambios en la estructura sistemática y en las arquitecturas ecológicas (Dineen, 2010). Por otra parte, se ha demostrado que las especies tuvieron recambios evolutivos lentos, con bajas tasas de originación, diversificación y extinción, posiblemente producidas por el estrés ambiental provocado por la Glaciación Gondwánica (Stanley & Powell, 2003; Dineen, 2010; Shi & Waterhouse, 2010). Se especula, que además provocó la distribución bipolar de taxones filogenéticamente relacionados, al provocar la disminución global del nivel del mar y disminuir la temperatura de las aguas paleotropicales, permitiendo de esta manera el intercambio entre ambos hemisferios (Shi & Grunt, 2000; Shi & Waterhouse, 2010; Taboada & Shi, 2010).

Finalmente, hacia finales del Período Pérmico sobrevino un calentamiento global de grandes proporciones (estado *Greenhouse*) posiblemente desencadenado por grandes volúmenes de dióxido de carbono liberado a la atmósfera durante las mega erupciones volcánicas, producidas por la geodinámica de la conformación de Pangea (Spalletti & Limarino, 2017). Este evento culminó en el límite Pérmico–Triásico (*c.a.*, 252 Ma), ocasionando la extinción biótica más grande de todo el Eón Fanerozoico, devastando principalmente los ecosistemas marinos y también los terrestres. Los organismos marinos fueron los más afectados, desapareciendo aproximadamente el 90% de las especies esclerosadas, mientras que los vertebrados terrestres registraron la desaparición del 70% de las especies, llevando la vida casi a la aniquilación (Chen & Benton, 2012, *fide* Limarino *et al.*, 2014). No obstante, se especula que algunos taxones marinos persistieron en nichos ubicados en altas paleolatitudes (*i.e.*, Gondwana) los cuales habrían servido como refugios o santuarios faunísticos (Shi & Waterhouse, 2010). Evidencias del

fenómeno de calentamiento global se hallan en los extensos depósitos de vulcanitas en las distintas secuencias del Pérmico tardío alrededor del mundo (Limarino *et al.*, 2014), especialmente en Rusia, en los depósitos de vulcanitas conocidos como Siberian Traps (escalones siberianos), además de los últimamente revalorizados depósitos del Grupo Choiyoi y Cochicó en el centro-oeste argentino (Limarino *et al.*, 2014; Spalletti & Limarino, 2017; Ramos, 2018).

La evolución paleoclimática para Sudamérica ha sido descrita y reconstruida por Limarino *et al.* (2014) (ver Limarino & López Gamundí, 2021) en base a la evidencia litológica, cronoestratigráfica y paleontológica, reconociendo cuatro estadios:

- “Estadio Glacial” (Viseano tardío–Bashkiriano temprano) registrado en todas las cuencas de Sudamérica.
- “Estadio Glacial Terminal” (Bashkiriano–Cisuraliano temprano) las condiciones glaciales desaparecen en el oeste de Sudamérica (excepto en Patagonia) pero persisten hacia el este.
- “Estadio Postglacial” (Cisuraliano–Guadalupiano temprano) hay un mejoramiento climático y las condiciones glaciales desaparecen en Sudamérica.
- “Estadio Semiárido–Árido” (Guadalupiano tardío–Lopingiano) depósitos eólicos y fluviales son los que dominan en las secuencias de las cuencas Sudamericanas.



**Figura 3.** Distribución de las masas de hielo sobre Gondwana. **1**, interpretación moderna. **2**, interpretación clásica. Tomado y modificado de Isbell *et al.* (2021). **3**, distribución de los casquetes de hielo en Sudamérica. Tomado y modificado de Limarino *et al.* (2014).

## 2.2. AMÉRICA DEL SUR

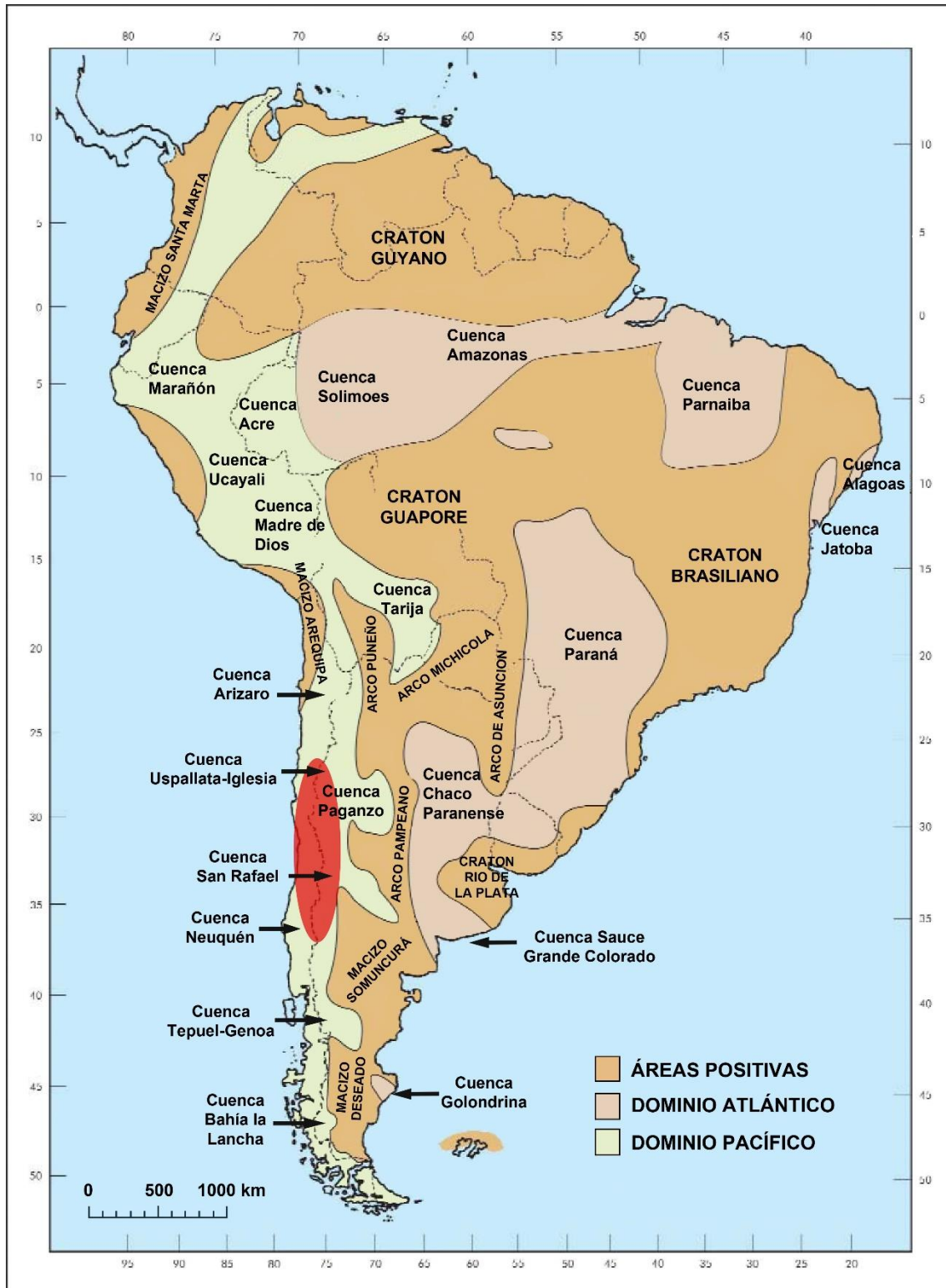
### 2.2.1. Marco geológico

Los depósitos del Paleozoico superior en Sudamérica están ampliamente representados en vastas áreas del continente y conforman el relleno de un conjunto de cuencas sedimentarias que se desarrollaron en diversos contextos geotectónicos (Freije, 2004; Gutiérrez *et al.*, 2006; Azcuy *et al.*, 2007; Gutiérrez, 2008). El marco de referencia paleogeográfico para Sudamérica reconoce, en función de la evolución tectónica, un sector oriental o de Dominio Atlántico, ubicado en el este del continente donde se desarrollaron cuencas de intraplaca, y un sector occidental o de Dominio Pacífico, ubicado en el oeste a lo largo del margen activo de Gondwana, donde se desarrollaron dos tipos principales: cuencas de retroarco y cuencas relacionadas al arco; ambos tipos de depocentros están separados por terrenos elevados denominados Cratones o Escudos, cuya composición es heterogénea y posiblemente no poseen continuidad morfológica (Fig. 4) (Limarino & Spalletti, 2006; Limarino *et al.*, 2014). Puntualmente el Cratón que separa los dominios atlántico y pacífico se denomina Arco Pampeano o Cratón Central Argentino, constituido por rocas precámbricas y del Paleozoico temprano. Se divide hacia el norte en dos ramas, la occidental denominada Arco Puna que separa al oeste la Cuenca Arizaro-Navidad y hacia el este la Cuenca Tarija, mientras que la rama oriental denominada Arco Michicola limita hacia el norte con el Cratón del Guaporé y forma el flanco occidental de la Cuenca Paraná (Fig. 4) (Azcuy *et al.*, 1999; Limarino *et al.*, 2014).

Las cuencas del sector oriental o de Dominio Atlántico se desarrollaron en áreas cratónicas estables, y cuya subsidencia comenzó en el Pennsylvaniano Temprano (316 Ma), registrando la Glaciación Gondwánica (Fase II de Isbell *et al.*, 2003a) y prosiguiendo con pelitas de un evento transgresivo. Posteriormente, en el Pérmico temprano desaparecen las condiciones glaciales y se registra sedimentación fluvial y de estuarios, incluyendo depósitos de carbón generalizados (Limarino *et al.*, 2014). En el Dominio Atlántico se reconocen las siguientes cuencas de intraplaca: Cuenca Solimoes, Amazonas, y Parnaíba en el sector noreste de Brasil; Cuenca Paraná ubicada en el centro sur de Brasil y el centro-norte de Uruguay; Cuenca Chaco Paranense, Claromecó y Sauce Grande Colorado, en el sector noreste y centro de Argentina; Cuenca Golondrina en el extremo sureste de Argentina (Limarino *et al.*, 1999; Azcuy *et al.*, 2007) (Fig. 4).

Por otra parte, las cuencas del sector occidental o de Dominio Pacífico poseen un registro estratigráfico más completo, documentando desde el Mississippiano al Cisuraliano. Estas se vieron afectadas por procesos de subducción y arcos magmáticos, en áreas de mayor movilidad cortical (Freije, 2004; Azcuy *et al.*, 2007). Las cuencas relacionadas al arco (*e.g.*, Uspallata-Iglesia) fueron afectadas por magmatismo extensivo y metamorfismo local de los sedimentos carboníferos durante el Neopaleozoico. Contrariamente a las cuencas de retroarco (*e.g.*, Paganzo) que experimentaron pequeñas deformaciones, menos actividad magmática y se caracterizan por la ausencia de metamorfismo en las sucesiones carboníferas y pérmicas (Limarino & Spalletti, 2006; Limarino *et al.*, 2014). Entre las cuencas pacíficas sudamericanas se cuentan, Cuenca Marañón, Acre, Ucayali, Madres de Dios, Tarija, entre otras (ver Limarino *et al.*, 1999 y Azcuy *et al.*, 2007). Las cuencas que se hallan en territorio argentino son: Subcuencas Río Blanco y Calingasta-Uspallata, Cuenca Paganzo, Cuenca San Rafael, Cuenca Neuquén, Cuenca Tepuel-Genoa y Cuenca Bahía la Lancha (Azcuy & di Pasquo, 1999; Azcuy *et al.*, 2007) (Fig. 4). Las subcuencas Río Blanco y Calingasta-Uspallata, pertenecen a un centro de depositación mayor conocido como Cuenca Uspallata-Iglesia (González, 1985), debido a que no existen razones tectosedimentarias, ni estratigráficas que justifiquen su separación como cuencas individuales (Azcuy *et al.*, 1999).





**Figura 4.** Cuencas Neopaleozoicas Sudamericanas, en las cuales se reconocen las cuencas objeto de estudio (elipse roja). Modificado de Azcuy *et al.* (2007).

### 2.2.2. Evolución geotectónica del margen occidental sudamericano

El levantamiento de la Protoprecordillera, predecesora de lo que hoy es la Precordillera del centro-oeste de Argentina, corresponde a un evento de acreción de la

placa continental de Chilenia con Cuyania (un terreno de origen lauréntico, acrecionado a Sudamérica durante el Devónico, y que conformaba la parte occidental de Gondwana), a fines del Devónico y comienzos del Carbonífero (Ramos *et al.*, 1984; Azcuy & di Pasquo, 1999; Azcuy *et al.*, 2007; Benedetto, 2012). El movimiento tectónico que provocó dicha colisión corresponde a la Fase Diastrófica Chánica (Tankard *et al.*, 1995), la cual también delimitó el marco paleogeográfico y lineamientos estructurales que controlaron los patrones de sedimentación carbonífera y pérmica temprana en toda la región del centro-oeste, caracterizada por elevaciones meridionales y cuencas. Además, plegó los basamentos precarboníferos e inició la subsidencia de las cuencas a lo largo del margen sudoccidental de Gondwana (González, 1985; Taboada, 1997, 2004, 2010; Limarino & Spalletti, 2006).

La subsidencia también estuvo asociada a la aparición de un arco magmático al oeste, que delimitó las cuencas de retroarco y relacionadas al arco (Ramos *et al.*, 1994 *vide* Azcuy *et al.*, 1999). Sin embargo, el inicio de la sedimentación carbonífera aparentemente ha sido diacrónico y su registro asimétrico a lo largo de las mencionadas cuencas (Taboada *et al.*, 2009; Taboada, 2004, 2010, 2014; Limarino *et al.*, 2014; Sterren *et al.*, 2021). En las subcuencas Río Blanco y Calingasta-Uspallata la sedimentación inicia en el Tournaisiano, con registros de sedimentación marina somera, asociada a condiciones climáticas templadas y húmedas, probablemente pre-glaciales (López Gamundí *et al.*, 1992; Césari *et al.*, 2007; Azcuy *et al.*, 2007). Sin embargo, recientemente esto ha sido cuestionado y se estima que las condiciones climáticas habrían sido glaciales (Carrizo & Azcuy, 2000; Taboada *et al.*, 2018; Ezpeleta *et al.*, 2020; Sterren *et al.*, 2021). Durante el Viseano tardío–Serpukhoviano, en la mayoría de las cuencas meridionales se registran depósitos de diamictitas, correspondientes a la sedimentación glacimarina del Carbonífero medio (Isbell, 2003a; Limarino & Spalletti, 2006; Fielding *et al.*, 2008a; Gulbranson *et al.*, 2010; Limarino *et al.*, 2014). En la mayor parte de las unidades litoestratigráficas que documentan este evento, se observa un basamento constituido por metamorfitas y granitoides de edad proterozoica a paleozoica inferior, o por sedimentitas marinas de antigüedad cámbrica a devónica, intensamente plegadas y metamorfizadas sobre las que se depositaron discordantemente las sedimentitas carboníferas (Azcuy *et al.*, 1999).

Posteriormente, se produjo un mejoramiento climático en el centro-oeste argentino evidenciado por la presencia de niveles pelíticos, suprayaciendo a los niveles con diamictitas, correspondientes al evento marino transgresivo postglacial. Estas capas

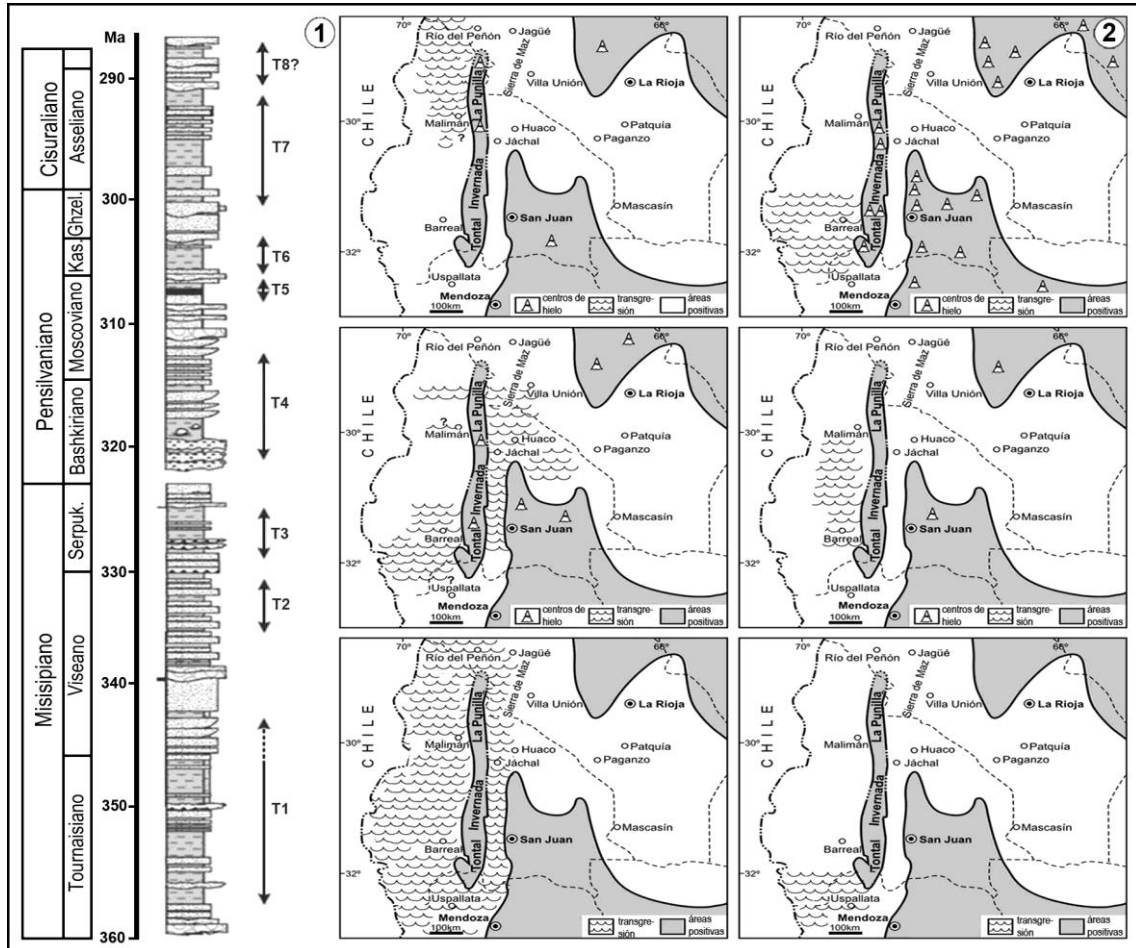
postglaciales conforman horizontes estratigráficos clave para correlaciones regionales y en conjunto se conocen como las Transgresiones Marinas Namurianas (Limarino & Spalletti, 2006). Por encima de estos niveles pelíticos se registra sedimentación fluvial y deltaica, y en algunos casos niveles con carbón (particularmente en las cuencas de retroarco). Finalmente, durante el Carbonífero tardío y el Pérmico temprano ocurrió la máxima expansión de la acumulación glacial en la región cratónica, mientras que los depósitos fluviales entrelazados con depósitos marinos someros transicionales prevalecieron en las cuencas del margen activo de Gondwana (Taboada *et al.*, 2009; Limarino *et al.*, 2014).

### **2.2.3. Transgresiones marinas Neopaleozoicas en el margen sudamericano**

Durante el Neopaleozoico acontecieron varios eventos marinos transgresivos en las costas del margen occidental de Gondwana, las cuales han sido sintetizadas por Limarino (2018) (Fig. 5.1). Dichas transgresiones marinas oscilaron observándose su ingreso de norte a sur, quedando documentadas inicialmente en las cuencas septentrionales y posteriormente en las centrales y meridionales (González, 1985; Taboada, 2010) (Fig. 5.2). La Protoprecordillera posiblemente impidió el ingreso del mar hacia el este, evitando que alcanzara las cuencas de retroarco (*e.g.*, Cuenca Paganzo y sector oriental de la Cuenca San Rafael), aunque posteriormente al mayor pulso glaciario en la región (Estadio Glacial de Limarino *et al.*, 2014), y con el advenimiento de condiciones climáticas templadas acontecieron ingresiones marinas más extensas que lograron atravesarla por sectores deprimidos alcanzando así las cuencas de retroarco, al menos dos veces durante el Pennsylvaniano (Taboada, 2004, 2010; Correa & García, 2018). La transgresión marina Estefaniana o T6, *sensu* Limarino (2018), es considerada la más extensa que cubrió el margen occidental del Gondwana. Mientras que hacia el oeste de la Protoprecordillera el océano Panthalassa o Paleopacífico inundaba esas áreas, hoy expuestas en la Cordillera Frontal de las provincias de San Juan y Mendoza (Taboada, 2010). Finalmente, para el Carbonífero más tardío la protoprecordillera comenzó a colapsar perdiendo su expresión paleogeográfica (Limarino *et al.*, 2014).

Sin embargo, nuevas interpretaciones estratigráficas y hallazgos de palinomorfos en secciones clave, provistas por Milana & di Pasquo (2019), refutan la existencia de la Protoprecordillera. Estos autores estudiaron una espesa secuencia de aproximadamente 4 km de espesor en la Quebrada Del Salto (Precordillera de San Juan), la cual comprende una antigüedad Carbonífero Inferior–Carbonífero Superior, y han reubicado al

Carbonífero unidades litoestratigráficas que se consideraban precarboníferas y pérmicas, evidenciando sedimentación marina y continental durante la mayor parte del Carbonífero y descartando así la existencia de la Protoprecordillera, al menos en este sector de la Subcuenca Calingasta-Uspallata (Milana & di Pasquo, 2019).



**Figura 5.** Transgresiones marinas acontecidas en el margen sudoccidental de Gondwana durante el Neopaleozoico. **1**, transgresiones documentadas en distintas secciones claves de las cuencas del centro-oeste argentino. Referencias: **T1**: Transgresión Malimán, **T2**: Transgresión Cortaderas, **T3**: Transgresión Jagüé, **T4**: Transgresión Guandacol, **T5**: Transgresión Tupense, **T6**: Transgresión Estefaniana, **T7**: Transgresión Veladero, **T8?**: Transgresión Córdón del Jagüel. Tomado de Limarino (2018). **2**, esquema de las transgresiones a lo largo del tiempo en las distintas cuencas. Tomado de Taboada (2010).

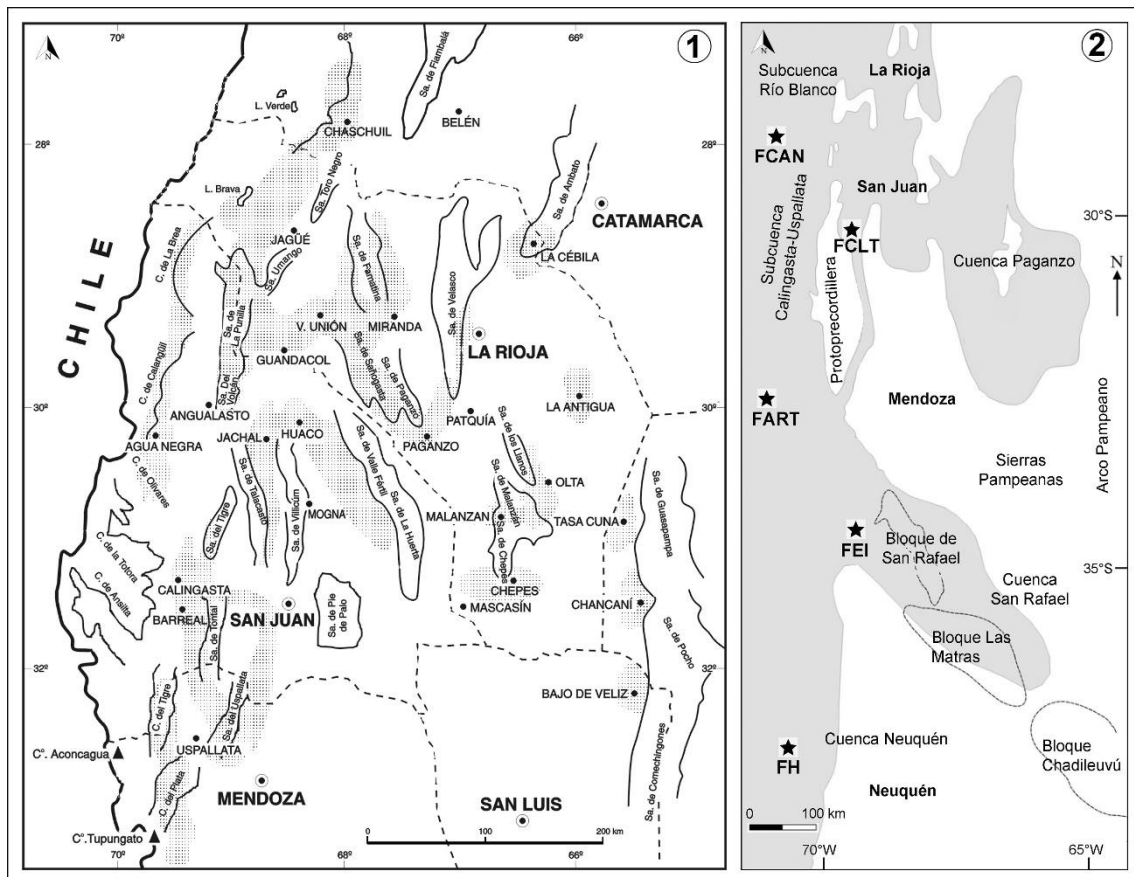
### 2.3. CUENCAS DEL CENTRO-OESTE Y SUDOESTE DE ARGENTINA

El vasto territorio argentino está dividido en una serie de Unidades o Provincias Geológicas, las cuales se definen como: “regiones caracterizadas por una determinada sucesión estratigráfica, un estilo estructural propio y rasgos geomorfológicos peculiares, siendo el conjunto la expresión de una particular historia geológica” (Ramos, 1999). Particularmente en esta tesis el interés está focalizado en la Precordillera, Cordillera

Frontal, el Bloque de San Rafael, y la Cordillera Principal, debido a que en las mismas se reconocen las cuencas que integran el centro-oeste argentino y los sectores más australes (sudeste argentino), consecuentemente incluyen las unidades litoestratigráficas objeto de estudio (Fig. 6.2).

### 2.3.1. Cuenca Uspallata-Iglesia (González, 1985)

La cuenca consiste en una angosta faja de orientación meridiana ubicada entre la Precordillera (al este), y el arco magmático Choyoi (al oeste, prácticamente el límite con Chile), mientras que sus límites latitudinales están comprendidos entre los 28° de latitud sur en la Provincia de Catamarca, y los 34° de latitud sur en la Cordillera Frontal mendocina (Fig. 6.1). Posee una extensión aproximada de 50.000 km<sup>2</sup> y consta esencialmente de depósitos marinos clásticos, continentales (en parte) y mixtos, los cuales representan un lapso de aproximadamente 85 Ma, entre el Carbonífero inferior y el Pérmico inferior. Tradicionalmente esta cuenca se ha subdividido en dos subcuencas.



**Figura 6. 1,** mapa geográfico con la ubicación de las principales localidades donde se reconocen los afloramientos de las Cuencas Uspallata-Iglesia y Paganzo. Tomado de Caminos (1999). **2,** mapa esquemático con la ubicación relativa de las unidades litoestratigráficas bajo estudio. **FCAN** = Formación Cerro Agua Negra, **FCLT** = Formación Ciénaga

Larga del Tontal, **FART** = Formación Alto Río Tunuyán, **FEI** = Formación El Imperial, y **FH** = Formación Huaraco. Tomado y modificado de Henry *et al.* (2014).

**2.3.1a. Subcuenca Río Blanco** (Scalabrini Ortiz, 1972a y b) Comprende (aproximadamente) la mitad septentrional de la cuenca anteriormente mencionada, y los depósitos Neopaleozoicos afloran en la Precordillera y Cordillera Frontal, al sur de la provincia de La Rioja y norte de San Juan. En la Precordillera se localizan principalmente potentes depósitos del Carbonífero inferior y en menor medida del Carbonífero superior, distribuidos entre el área de transición Puna-Precordillera, continúan por el bolsón de Jagüe-sierra de las Minitas, hasta las sierras de la Punilla y del Volcán. Mientras que, en la Cordillera Frontal predominan los depósitos de antigüedad carbonífera tardía-pérmica temprana, distribuidos en la sierra de los Veladeritos, flanco occidental de la sierra del Peñón, cordones de la Brea, San Guillermo, Colangüil, Olivares y Agua Negra (Azcuay *et al.*, 1999) (Fig. 6.1). Esta subcuenca estuvo dominada por sedimentación marina y exhibe los registros más completos del Carbonífero inferior del Gondwana sudoccidental, comprendidos en el Grupo Angualasto (Limarino & Césari, 1993), que incluye las formaciones Malimán (Scalabrini Ortíz, 1972b), Cortaderas (Scalabrini Ortíz, 1973), Agua de Lucho (González & Bossi, 1987), y otras equivalentes, y la Formación del Ratón (Guerstein, *et al.*, 1965) (Subcuenca Calingasta-Uspallata) (Fig. 7), cuya sedimentación fue primordialmente continental fluvial (Limarino & Césari, 1993 *fide* Limarino *et al.*, 2014; Césari *et al.*, 2007; Ezpeleta *et al.*, 2020).

**2.3.1b. Subcuenca Calingasta-Uspallata** (Amos & Rolleri, 1965) corresponde a la prolongación austral de la Subcuenca Río Blanco y sus afloramientos continúan con la misma distribución y límites estructurales. Al este en el flanco occidental de la Precordillera de San Juan y Mendoza, y al oeste en la Cordillera Frontal. Sus límites australes parecen ubicarse a la latitud de la ciudad de Mendoza, donde la desaparición de la Precordillera sugiere la existencia de un elemento positivo que habría servido de contención a los depósitos Neopaleozoicos. Las sedimentitas que se agrupan en las distintas unidades litoestratigráficas de esta subcuenca, poseen registros desde el Carbonífero inferior al Pérmico inferior, pero mayormente documentan el lapso Carbonífero medio a tardío (Fig. 7) (Azcuay *et al.*, 1999). Los afloramientos del Pérmico inferior, están representados únicamente por la Formación Cordón del Jagüel (Limarino *et al.*, 2013). Aunque los del Carbonífero inferior hasta hace poco eran referidos únicamente a la Formación El Ratón, recientemente Milana & di Pasquo (2019) han

reubicado al carbonífero una secuencia de afloramientos considerados devónicos, reconociéndose así a la Formación El Planchón (Quartino *et al.*, 1971) (Viseano medio-tardío), y la Formación Churrupatí (Kerlleñevich, 1969) (Viseano tardío-Serpukhoviano temprano).

Los afloramientos del Paleozoico superior localizados en la Precordillera se extienden aproximadamente desde Calingasta hasta los alrededores de Uspallata, y en su mayor parte están alineados sobre el flanco occidental de la sierra del Tontal. De norte a sur, las sedimentitas afloran en cercanía de las localidades de Calingasta, kilómetro 113 a 117 de la ruta 20, Barreal, observatorio Leoncito, Cordón del Naranjo, Cordón Agua del Jagüel, Quebrada de Santa Elena y Quebrada de los Cerros Bayos y de los Manantiales (Fig. 6.1); en estos se registran sucesiones marinas proximales, deltaicas y fluviales, además casi siempre, con evidencias periglacial. Los restantes afloramientos correspondientes a la parte sur de la Cordillera Frontal, están restringidos casi en su totalidad a la provincia de Mendoza, y se extienden desde las proximidades del límite con San Juan hasta la latitud del río Tunuyán, alineándose de norte a sur los cordones del Tigre, del Plata y del Portillo. Los sedimentos se habrían depositados en ambientes marinos distales (Azcuy *et al.*, 1999). Si bien, las secuencias Neopaleozoicas de la Cordillera Frontal presentan los mayores espesores, son los depósitos de la Precordillera los que han recibido mayor atención bioestratigráfica, debido a su mejor registro fosilífero y más fácil acceso a los afloramientos (ver Tabla 1) (Azcuy *et al.*, 2007). En esta subcuenca, se iniciaron los trabajos geológicos y paleontológicos pioneros del Paleozoico superior de Argentina, con los aportes realizados por investigadores tales como, Stappenbeck (1910), Reed (1927), Keidel & Harrington (1938), entre otros (ver capítulo 3).

### **2.3.2. Cuenca Paganzo** (Azcuy & Morelli, 1970a y b)

Posee una extensión aproximada de 150.000 km<sup>2</sup> y está limitada entre los 27° y 33° de latitud sur, y los 65° y 69° de longitud oeste. Comprende las provincias de San Juan, La Rioja, el norte de Mendoza y San Luis, una pequeña área de Córdoba y la región sudoccidental de Catamarca (Fig. 6.1). La Fase Chánica modeló las depresiones de esta cuenca, y dio origen al piso estructural donde se depositaron los sedimentos del Paleozoico superior. Exhibe principalmente sedimentación continental y en menor proporción sedimentación marina, estando las mismas restringidos al margen oriental de la Precordillera. Hacia el oeste se separa de la Cuenca Uspallata-Iglesia, por medio de la

Protoprecordillera. No obstante, la misma exhibió discontinuidades locales que a comienzos del Carbonífero tardío permitieron la conexión con el océano Panthalassa (Azcuy *et al.*, 1999).

Respecto a la estratigrafía de esta cuenca, se reconoce el Grupo Paganzo (Azcuy & Morelli, 1970a), el cual reúne una sección I (inferior) caracterizada por areniscas y pelitas con niveles de carbón, y una sección II (superior) de capas rojas, esencialmente referida al Pérmico inferior, y concordante con la anterior. No obstante, actualmente se reconoce las formaciones Guandacol (Cuerda, 1965), Tupe (Cuerda, 1965), Patquía de la Cuesta Inferior y Patquía de la Cuesta Superior (Cuerda, 1965) (Fig. 7), que representan un lapso de aproximadamente 70 Ma desde el Carbonífero tardío temprano hasta el Pérmico tardío (Azcuy *et al.*, 1999).

### **2.3.3. Cuenca San Rafael (Azcuy *et al.*, 1986)**

Se trata de uno de los principales depocentros del Paleozoico superior de Argentina, comprende un área geográfica que abarca desde el centro-sur de la provincia de Mendoza hasta el sudeste de la provincia de La Pampa, entre los 34° y 36° de latitud sur, representando una extensa faja de orientación noroeste-sudeste (Fig. 6.2) (Melchor, 1995; Azcuy *et al.*, 1999). Esta cuenca incluye los depósitos Neopaleozoicos del Bloque de San Rafael (Polanski, 1951), antiguamente denominado Sierra Pintada, constituyendo un complejo morfoestructural que abarca una extensión de aproximadamente 250 km de largo por 20 km de ancho y que también incluye rocas de antigüedad Mesoproterozoico, Paleozoico, Triásico y Neógeno. Su basamento corresponde a la Formación Cerro La Ventana de antigüedad mesoproterozoica, y fue principalmente estructurado y levantado durante el ciclo orogénico Ándico del Mioceno tardío–Plioceno temprano (Azcuy *et al.*, 1999; Cingolani & Ramos, 2017 *fide* Vázquez, 2018).

Respecto a su historia depositacional, la Cuenca San Rafael fue un gran engolfamiento con apertura al antiguo océano Panthalásico (Pazos *et al.*, 2017). Su sedimentación fue marina y (mayormente) continental (Azcuy *et al.*, 1999). La parte occidental de la cuenca es considerada relacionada al arco, y la sedimentación fue netamente marina; mientras que la parte oriental de retroarco, y tuvo una sedimentación principalmente continental (Limarino *et al.*, 2014). La evolución y relleno de la cuenca estuvo íntimamente ligada al margen convergente del oeste gondwánico, que fue el sitio de acreción de terrenos durante el Devónico y Triásico (Milani & de Wit, 2008 *fide* Vázquez, 2018). Los depósitos Neopaleozoicos aflorantes en esta cuenca corresponden



mayormente a la Formación El Imperial (Dessanti, 1945) ubicados en la parte noroccidental de la misma, aunque también se han citado afloramientos equivalentes con rango formacional, tales como, Pájaro Bobo (Núñez, 1979), Agua del Puntano (González Díaz, 1972), actualmente en desuso (Vázquez, 2018), y la Formación Agua Escondida (González Díaz, 1972) (Azcuy *et al.*, 1999). En la provincia de Mendoza, se extienden aproximadamente desde Río Seco de las Peñas (La Tosca) hasta los alrededores de Agua Escondida en el límite con la provincia de la Pampa, alcanzando la latitud de Puelches (Azcuy *et al.*, 1999). Los afloramientos más potentes se exhiben en las localidades del Río Diamante en cercanías a la represa Agua del Toro, y en el Río Atuel cercana al embalse el Nihuil (Espejo, 1990). Hacia el sur también se han reconocido afloramientos saltuarios con una orientación nor-noroeste (Azcuy *et al.*, 1999). Los restantes afloramientos del Paleozoico superior corresponden a los grupos Cochicó (Dessanti, 1956; Giudici, 1971) y Cerro Carrizalito (González Díaz, 1972). En base a los elementos palinológicos hallados en la Formación Yacimiento los Reyunos, del Grupo Cochicó, se atribuyen los mismos al Pérmico inferior (Azcuy *et al.*, 1999; Vázquez, 2018).

#### **2.3.4. Cuenca Neuquén (Zöllner & Amos 1955)**

También conocida como Comarca Neuquina contiene rocas atribuidas al Paleozoico, que se reconocen sobre la Cordillera del Viento, al noreste de la localidad de Andacollo en el noroeste de la Provincia del Neuquén (Fig. 6.2). Se trata de un bloque tectónicamente elevado que expone los afloramientos Neopaleozoicos más septentrionales del área patagónica. El mismo posee una extensión de 90 km de largo y 35 km de ancho y una elevación de 3000 m, pudiendo alcanzar por sectores los 4.700 m. El Bajo Loncopué, que posee una extensión de aproximadamente 40 km, la separa de la Cordillera Principal (Limarino *et al.*, 1999; Giacosa *et al.*, 2014). Los afloramientos Paleozoicos están representados por la Formación Guaraco Norte (Devónico Superior–Carbonífero inferior), mientras que los Neopaleozoicos están incluidos dentro del “Grupo Andacollo” (Zöllner & Amos, 1955), integrado por las formaciones, Arroyo del Torreón (Carbonífero inferior), y la Formación Huaraco (Carbonífero superior) (Fig. 7). Por otra parte, el lapso Pérmico inferior–Triásico inferior, está representado por rocas del Complejo volcánico-plutónico Huinganco. Este complejo estaría correlacionado con otras rocas de naturaleza volcánica reconocidas en la Cordillera Frontal y el Bloque de San Rafael, y atribuidas al Grupo Choiyoi (Giacosa *et al.*, 2014). Finalmente, otras unidades litoestratigráficas que se hallan en el área corresponden a rocas mesozoicas,

tales como las de las formaciones Cordillera del Viento y La Primavera, entre otras. Todas estas rocas han sido afectadas por fallamientos y pliegues, correspondientes a varios eventos diastróficos (*e.g.*, Fase Chánica, San Rafael, Andina) (Llambias *et al.*, 2007; Suarez *et al.*, 2012; Giacosa *et al.*, 2014). La antigüedad de muchas de las unidades mencionadas ha sido determinada por radioisótopos de U-Pb SHRIMP, debido a la naturaleza volcánica de las mismas. Sin embargo, la antigüedad de la Formación Huaraco (de naturaleza clástica) fue estimada en base a los elementos paleontológicos disponibles en ese momento (Leanza, 1945; Zöllner & Amos 1955; Amos, 1972). Recientemente Taboada *et al.* (2014) han dado a conocer el hallazgo de tres horizontes fosilíferos marinos, con la identificación de elementos paleontológicos (braquiópodos y bivalvos) que permitieron las correlaciones con las faunas más conspicuas del centro-oeste de Argentina.

La síntesis de las principales unidades litoestratigráficas que afloran en el centro-oeste y sudoeste de Argentina, se resume en la Tabla 1.

## **CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES PALEONTOLÓGICOS Y BIOESTRATIGRÁFICOS**

### **3.1. LAS FAUNAS DE INVERTEBRADOS MARINOS DEL CENTRO-OESTE DE ARGENTINA Y SUS RELEVANCIAS**

Como se mencionó en el capítulo precedente, en Argentina los depósitos marinos del Paleozoico superior afloran en la faja andina, la Patagonia central y las Sierras Australes de Buenos Aires (Fig. 4), con potentes secuencias sedimentarias que contienen un excelente registro fósil de faunas de invertebrados marinos documentando acontecimientos paleobiológicos desde el Carbonífero inferior al Pérmico inferior (Césari *et al.*, 2007). Además, intercalados con estos estratos marinos se hallan registros de paleofloras y palinofloras (Azcuy *et al.*, 2007). Particularmente, tanto en el centro-oeste argentino como en Patagonia, las secuencias poseen un importante registro de las faunas carboníferas, y solo parcial de las faunas pérmicas. Esto es debido en parte a que existe un desbalance en el conocimiento bioestratigráfico de las sedimentitas pennsylvanianas con respecto a las cisuralianas, e inclusive con respecto a las mississippianas (Césari *et al.*, 2007).

Dentro del registro fosilífero del Paleozoico superior marino de Argentina, es destacable la diversidad de invertebrados representados por poríferos, cnidarios, briozoos, braquiópodos, gastrópodos, bivalvos, cefalópodos, hiolítidos, escafópodos, poliplacóforos, trilobites, ostrácodos, blastoideos, crinoideos, conchóstracos e insectos (Césari *et al.*, 2007; Taboada, 2008). No obstante, los braquiópodos cobran relevancia como fósiles guía y como elementos de biocorrelación regional dentro de las cuencas Neopaleozoicas del centro-oeste argentino, ya que son organismos diversos, abundantes y dominantes en las asociaciones fósiles. De hecho el registro de las faunas de braquiópodos carboníferos de Argentina, es probablemente el más completo y mejor conocido en toda Sudamérica (Angiolini *et al.*, 2021). Por otra parte, existe escasez o ausencia en el registro paleontológico de otros elementos diagnósticos más utilizados para correlaciones con las secciones estándar, tales como conodontes y fusulínidos (Taboada, 2010).

Braquiópodos en general es un grupo ampliamente representado en el registro fósil, exhibiendo gran diversidad, abundancia y distribución cosmopolita especialmente durante la Era Paleozoica. Habitaron diversos ambientes marinos en función de los gradientes batimétricos y latitudinales, y fueron sumamente prolíficos desde el Cámbrico

hasta el Pérmico. No obstante, la gran extinción de finales del último periodo mencionado, redujo notablemente la diversidad y abundancia de éste grupo (Shi & Waterhouse, 2010). Si bien en la actualidad aún existen representantes de este filum, la diversidad es notoriamente baja y contrasta fuertemente con la que exhibieron en el pasado geológico (Williams *et al.*, 1997; Manceñido & Damborenea, 2008). Otra característica destacable que exhibieron algunos braquiópodos durante el Neopaleozoico, y que los convierte en elementos de estudio clave, fue la distribución bipolar de taxones emparentados filogenéticamente, un ejemplo de esto lo constituye la Tribu Levipustulini Lazarev, 1985. Sobre la cual, en base su bipolaridad, pudo establecerse a esta tribu como un linaje vicariante que se desarrolló mediante evolución paralela en configuraciones paleobiogeográficas de altas paleolatitudes en ambos hemisferios (Taboada & Shi, 2010, 2011).

Dentro de las cuencas del centro-oeste argentino se han reconocido una serie de asociaciones fósiles características y algunas han sido establecidas como biozonas basadas en el contenido de invertebrados marinos, paleofloras y palinofloras (Fig. 7). Como se mencionó anteriormente las unidades bioestratigráficas o biozonas de invertebrados marinos, se basan principalmente en braquiópodos, debido a su abundancia y representatividad, destacándose particularmente taxones de los subordenes Productidina Waagen, 1883 y Chonetidina Muir-Wood, 1955 (Amos & Rolleri, 1965; Taboada, 1989, 1997, 1998; Sabbatini *et al.*, 1990, 2001; Taboada *et al.*, 2021a). Dichas asociaciones se resumen en orden cronológico:



subzona A; **DMB**, *Raistrickia-Convolutispora* subzona B, **DMC**, *Raistrickia-Convolutispora* subzona C; **FS**, *Pakhapites-Vittatina*; **LW**, *Lueckisporites-Weylandites*. **A**, Fase Río Blanco; **B**, Fase epirogénica San Eduardo; **C**, Fase Orogénica Atacama; **D**, Fase Orogénica San Rafael. Tomado y modificado de Taboada (2014).

## 3.2. UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS

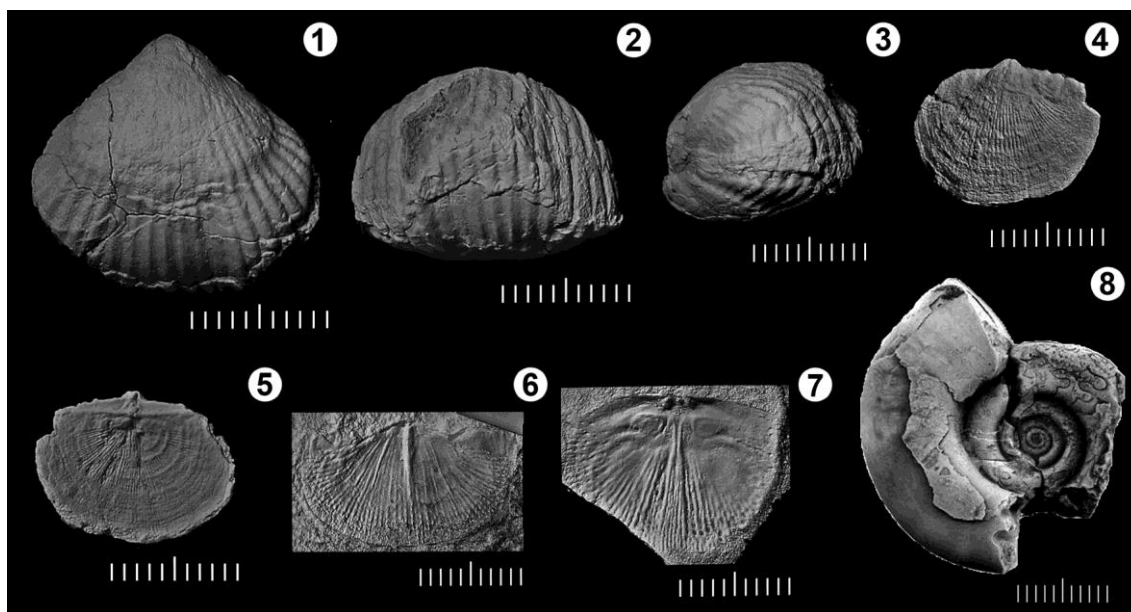
### 3.2.1. Biozona de asociación *Michiganites scalabrinii*-*Azurduya chavelensis* Sabattini, Azcuy & Carrizo, 2001

Asociación conocida también como **Fauna Malimániana** (González, 1993), fue formalizada por Sabattini *et al.* (2001). Posee una antigüedad carbonífera temprana, no más antigua que el Tournaisiano tardío en base a la edad que brindan los goniatitidos y braquiópodos (Taboada & Shi, 2009), y probablemente tan joven como el Viseano temprano (Taboada, 2010). La fauna se ha reconocido en la Precordillera de las provincias de San Juan y La Rioja en las formaciones Malimán, Punilla y Agua de Lucho (Cuenca Río Blanco), y su estratotipo ha sido establecido en la sección inferior de la Formación Malimán (Sabattini *et al.*, 2001). También se documenta en la Sierra de Almeida (norte de Chile) en la Formación Zorritas (Cuenca Navidad-Arizaro) (Azcuy *et al.*, 2007; Sterren *et al.*, 2021). Cabe mencionar que las faunas marinas del Carbonífero inferior en Sudamérica son muy poco conocidas, y quizás la naturaleza endémica de la Fauna de M-A, particularmente su fauna de braquiópodos (*i.e.*, *Azurduya chavelensis* (Amos, 1958b)), podría definir el Reino Gondwánico para el Tournaisiano, *sensu* Qiao & Shen (2014) (Cisterna & Isaacson, 2003; Sterren *et al.*, 2021).

Si bien tradicionalmente esta asociación faunística se ha vinculado a condiciones paleoclimáticas preglaciales o interglaciales, y a ambientes marinos de aguas templadas (López Gamundí *et al.*, 1992; González, 1993; Taboada & Shi, 2009), estudios recientes demuestran que estaría asociada a ambientes glacimarininos y al comienzo más temprano de la Glaciación Gondwánica en Argentina (Ezpeleta *et al.*, 2020; Sterren *et al.*, 2021). Recientes hallazgos en la Formación Agua de Lucho (Bolsón del Jagüe, La Rioja), han incrementado el conocimiento de las asociaciones de braquiópodos que componen esta biozona. Además se ha podido constatar que la fauna en esta última formación es más diversa que la presente en la Formación Malimán (Sterren *et al.*, 2021).

Entre los braquiópodos que componen esta fauna (Fig. 8), se citan; *A. chavelensis* (Amos, 1958b); *A. cingolanii* Cisterna & Isaacson, 2003; *Yagonia furquei* Taboada & Shi, 2009; *Pseudosyringothyris?* sp. (Cisterna, 1996). Además un conjunto de braquiópodos recientemente documentados por Sterren *et al.* (2021), e identificados a

niveles supraespecíficos incluyen a: Rhynchonellida indet., Spiriferida indet., Strophalosiidina indet., Terebratulidina indet., ?Septosyringothyridinae gen. nov., Anopliidae indet. A–C, Plicatiferinae indet., y especies indeterminadas; *Spiriferellina?* sp., y *Azurduya* sp.



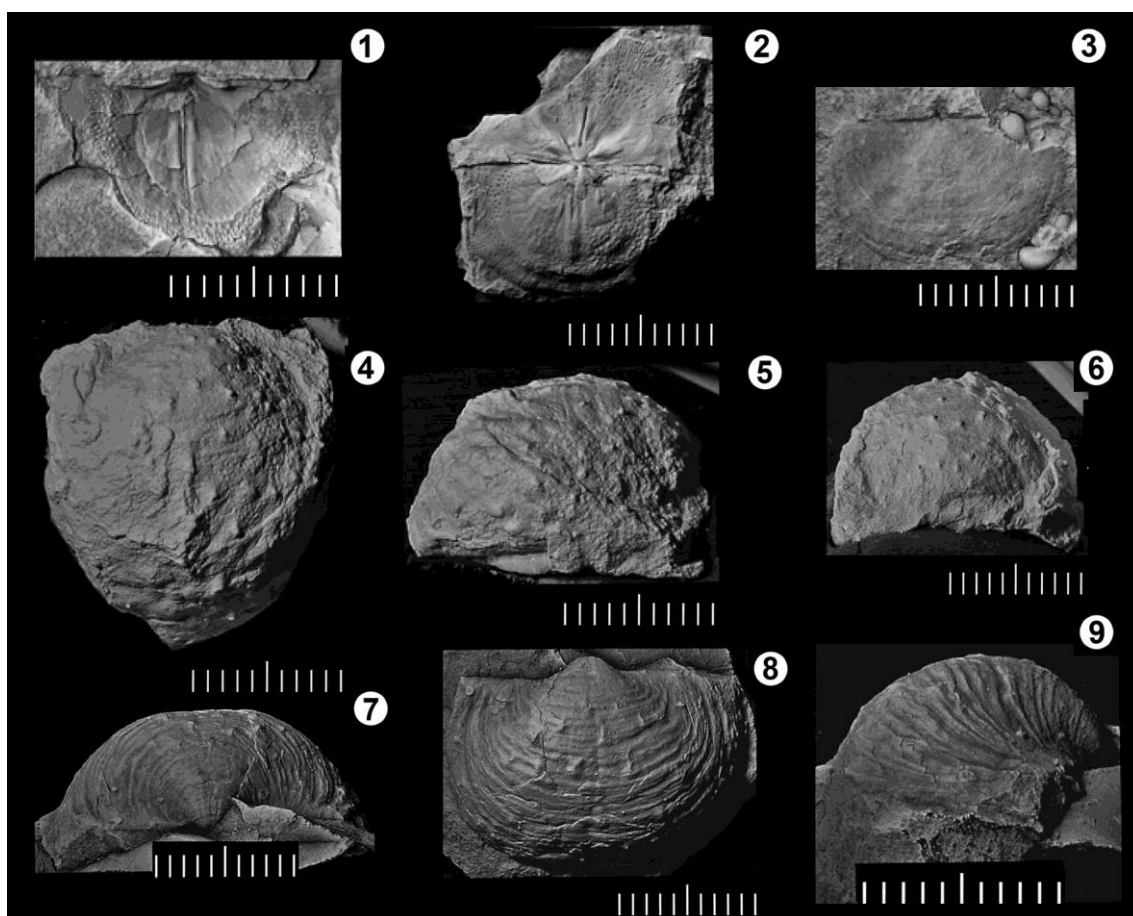
**Figura 8.** Elementos representativos de la Fauna de *Michiganites-Azurduya*. 1–3, *Azurduya chavelensis*. 4–7, *Yagonia furquei*. 8, *Michiganites scalabrinii*. Tomados de Césari *et al.* (2007) y Taboada (2010). Escala gráfica = 10 mm.

### 3.2.2. Biozona de Intervalo de *Rugosochonetes gloucesterensis*-*Bulahdelia* cf. *myallensis* Taboada, 1989

Asociación documentada, hasta el momento en el extremo sudeste de la Sierra de Barreal, en el Miembro El Paso de la Formación San Eduardo, y vinculada con depósitos glaciáricos del Carbonífero medio (Taboada, 2010). Fue propuesta por Taboada (1989) y su antigüedad estimada es Viseano tardío–Serpukhoviano temprano (Taboada *et al.*, 2009; Taboada, 2010; Taboada & Shi, 2011). Esta fauna precede a la Fauna de *Levipustula* en el centro-oeste argentino condición similar a lo que ocurre en el este de Australia, que posee una configuración bioestratigráfica similar (Roberts *et al.*, 1976; Taboada, 1989).

Entre su contenido faunístico (Fig. 9) se destacan los braquiópodos: *Rugosochonetes gloucesterensis* (Cvancara, 1958); *Bulahdelia* cf. *myallensis* Roberts, Hunt & Thompson, 1976; *Absenticosta bruntoneileenae* Taboada & Shi, 2011. Otros elementos paleontológicos que han sido registrados son: *Rugosochonetes* sp. A Taboada,

1989; *Rugosochonetes* sp. B Taboada, 1989; *Retichonetes* sp.; *Orbiculoidea* sp.; Chonetidae indet.



**Figura 9.** Algunos de los braquiópodos más representativos de la Fauna de *Rugosochonetes-Bulahdelia*. 1–3, *Rugosochonetes gloucesterensis*. 4–6, *Bulahdelia* cf. *myallensis*. 7–9, *Absenticosta bruntoneileenae*. Tomado de Taboada *et al.* (2009) y Taboada (2010). Escala gráfica = 10 mm.

### 3.2.3. Fauna de *Aseptella-Tuberculatella/Rhipidomella-Micraphelia* Simanauskas & Cisterna, 2001

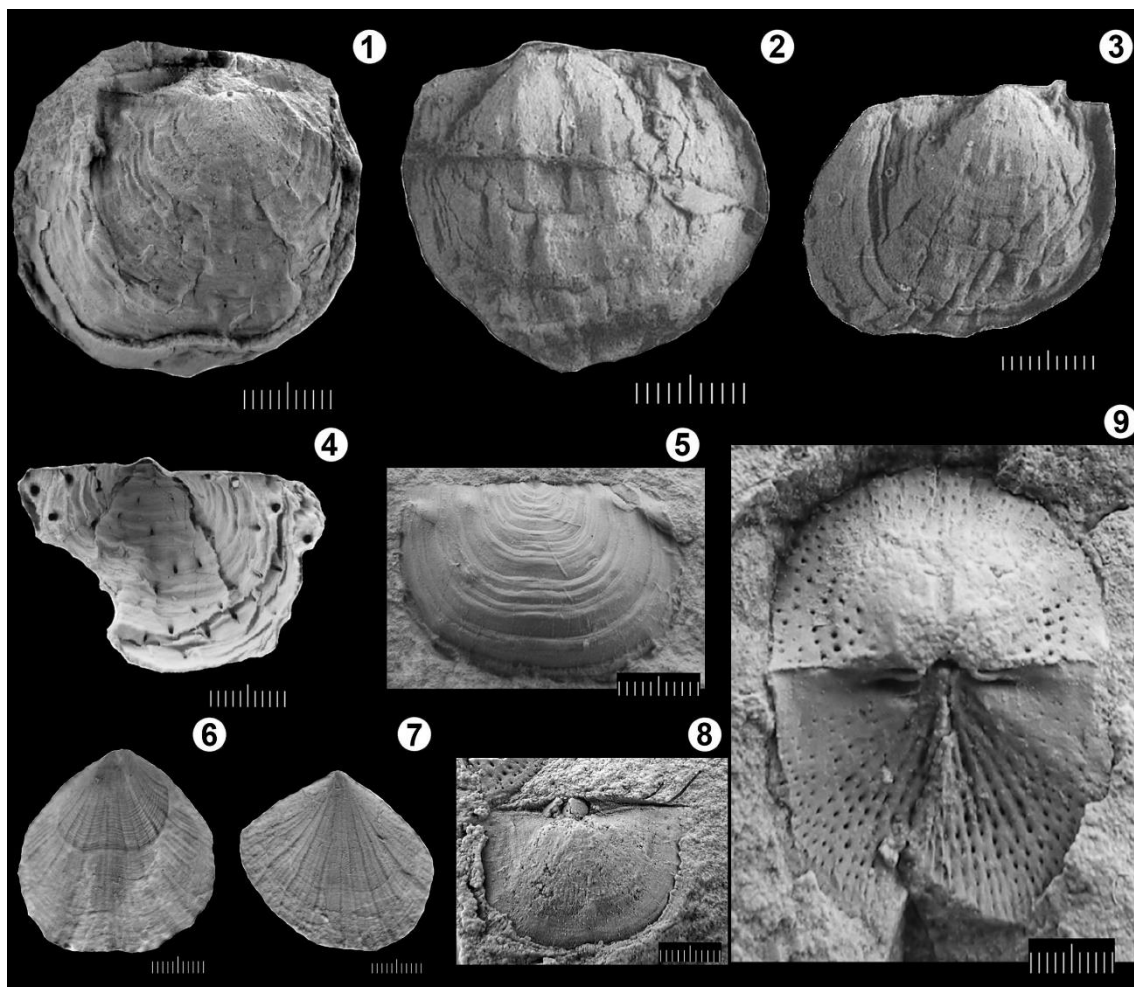
Simanauskas & Cisterna (2001) propusieron una nueva asociación faunística para la misma localidad geográfica y referencia estratigráfica donde se registra la Fauna de *Rugosochonetes gloucesterensis-Bulahdelia* cf. *myallensis*. La propuesta se basó en reasignaciones taxonómicas; es así que, *Bulahdelia* cf. *myallensis* fue reasignada a *Tuberculatella peregrina* (Reed, 1927) y *Rugosochonetes gloucesterensis* a *Micraphelia indianae* Simanauskas & Cisterna, 2001. La Fauna de A-T/R-M fue considerada por los autores, más joven que la Fauna de *Levipustula* y cercana al límite Carbonífero–Pérmico, por la distribución de *Tuberculatella* en la Cuenca Tepuel-Genoa. Sin embargo, dicho taxón en Patagonia ha sido reasignado recientemente a *Languigneotus* Taboada *et al.*



(2019), y la antigüedad de su fauna (en Patagonia) fue restringida al lapso Kasimoviano?–Asseliano, en base a las últimas interpretaciones bioestratigráficas para la Cuenca Tepuel-Genoa (Taboada *et al.*, 2019, 2021b).

Cisterna *et al.* (2017), estiman que la Fauna A-T/R-M podría ser un equivalente lateral de la Fauna de *Levipustula*, basados en análisis estratigráficos (López Gamundí & Martínez, 2003), e inferencias de las condicionantes paleoambientales donde se desarrollaron las mismas. Además segregan la asociación en dos niveles fosilíferos; *Aseptella-Tuberculatella* en los estratigráficamente más bajos, y *Rhipidomella-Micraphelia* en los más altos. Sterren *et al.* (2020) documentan elementos paleontológicos de esta asociación en las secciones inferiores de la Formación Agua del Jagüel, provincia de Mendoza, mientras que Simanaukas & Cisterna (2001) estiman que esta fauna podría ocurrir en la Formación Ciénaga Larga del Tontal, Precordillera de San Juan.

Algunos de los braquiópodos característicos de esta zona son; *Micraphelia indianae* Simanaukas & Cisterna, 2001, *Tuberculatella peregrina* (Reed, 1927), *Aseptella* aff. *patriciae* Simanaukas, 1996b, *Rhipidomella discreta* Cisterna *et al.*, 2017, *Beecheria patagonica* Amos, 1958a. Otros taxones que han sido citados en esta fauna son: *Meristelloidea* indet., *Micraphelia?* sp., *Orbiculoidea* sp., *Linoproductoidea* indet., *Overtoniinae* indet., *Lingulidae* indet., (Fig. 10).



**Figura 10.** Elementos representativos de la Fauna de *Aseptella-Tuberculatella/Rhipidomella-Micraphelia*. 1–3, *Tuberculatella peregrina*. 4–5, *Aseptella* aff. *patriciae*. 6–7, *Rhipidomella discreta*. 8–9, *Micraphelia indianae*. Tomado y modificado de Simanauskas & Cisterna (2001) y Cisterna *et al.* (2017). Escala gráfica = 10 mm.

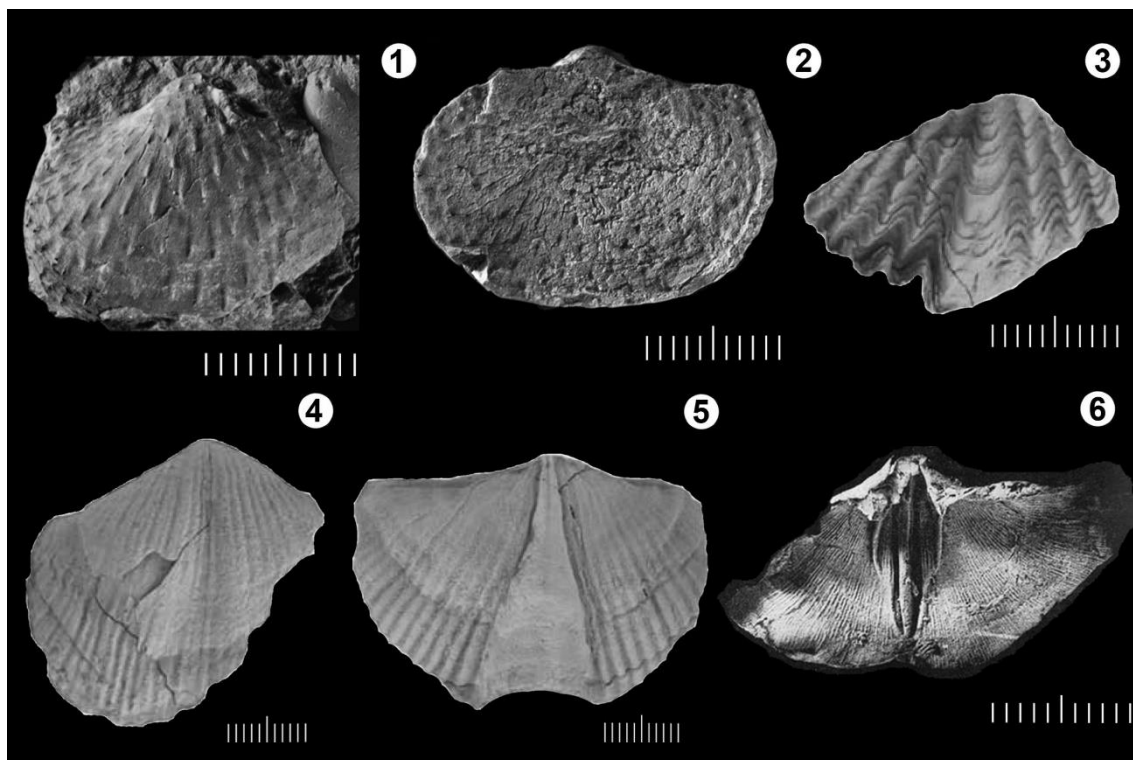
### 3.2.4. Biozona de intervalo de *Levipustula levis* Amos & Rolleri, 1965

Asociación faunística vinculada directamente con el pulso glacial del Serpukhoviano medio–Bashkiriano, registrada en varias unidades litoestratigráficas de la Subcuenca Calingasta-Uspallata, tales como, las formaciones La Capilla, Majaditas, Yalguaraz, Leoncito, y el Miembro Hoyada Verde de la Formación San Eduardo. Además, se ha hallado a *Levipustula levis* Maxwell, 1951 (junto con otros elementos de esta fauna) en otras regiones de Gondwana como Bolivia y regiones perigondwánicas como este de Australia y Antártida (Taboada, 1997, 2010; Taboada & Shi, 2011). En Patagonia, en la Cuenca Tepuel-Genoa si bien se han hallado elementos comunes con esta fauna (*i.e.*, el género *Costuloplica* Waterhouse, 2004, y *Spiriferellina* Frederiks, 1924), éstos pertenecen a la fauna de *Lanipustula patagoniensis* Simanauskas, 1996a, especie

que alguna vez estuvo en sinonimia con *L. levis* (Taboada, 1997; Pagani & Taboada, 2010; Taboada & Shi, 2011).

Los primeros registros de una fauna afin a la de *Levipustula*, fueron dados a conocer por Keidel & Harrington (1938) en la Formación Leoncito, y atribuidos al Carbonífero medio. Amos *et al.* (1963) reconocieron por primera vez *L. levis*, en la Formación La Capilla, y posteriormente Amos & Rolleri (1965) formalizaron la biozona y su estratotipo fue establecido en la sección del Miembro Hoyada Verde, en la Sierra de Barreal, San Juan. Posteriores estudios por parte de investigadores como Taboada & Sabattini (1987), Taboada & Cisterna (1996), Taboada (1997), Cisterna & Sterren (2008, 2010), Taboada & Shi (2011), contribuyeron al conocimiento de esta fauna. Finalmente Taboada (2004) y Taboada *et al.* (2006) sugirieron que algunos elementos de esta fauna habrían persistido en el tiempo como relictos, luego de la desaparición de las condiciones glaciales, como es el caso de los braquiópodos *Gonzalezius naranjoensis* Taboada, 2004, *Rugosochonetes pascualsolei* Taboada, 2004 y *Syringothyris legrandblaini* Taboada, 2004.

Entre los braquiópodos de esta asociación (Fig. 11) se destacan: *Levipustula levis*; *Septosyringothyris keideli* (Harrington, 1938, en Keidel & Harrington, 1938); *Spiriferellina octoplicata* (Sowerby); *Kitakamithyris booralensis* (Campbell); *K. inmensa* (Campbell); *Costuloplica leoncitencis* (Harrington, 1938, en Keidel & Harrington, 1938); *Torynifer tigrensis* Cisterna & Taboada, 1997; *Beecheria patagonica* Amos, 1958a; *Dielasma* cf. *D. itaitubense* Derby. Otros elementos mencionados son: *Torynifer* sp.; *Becheeria* sp; *Spirifer* indet.; *Reticularia* indet.; Orthidae gen. indet.



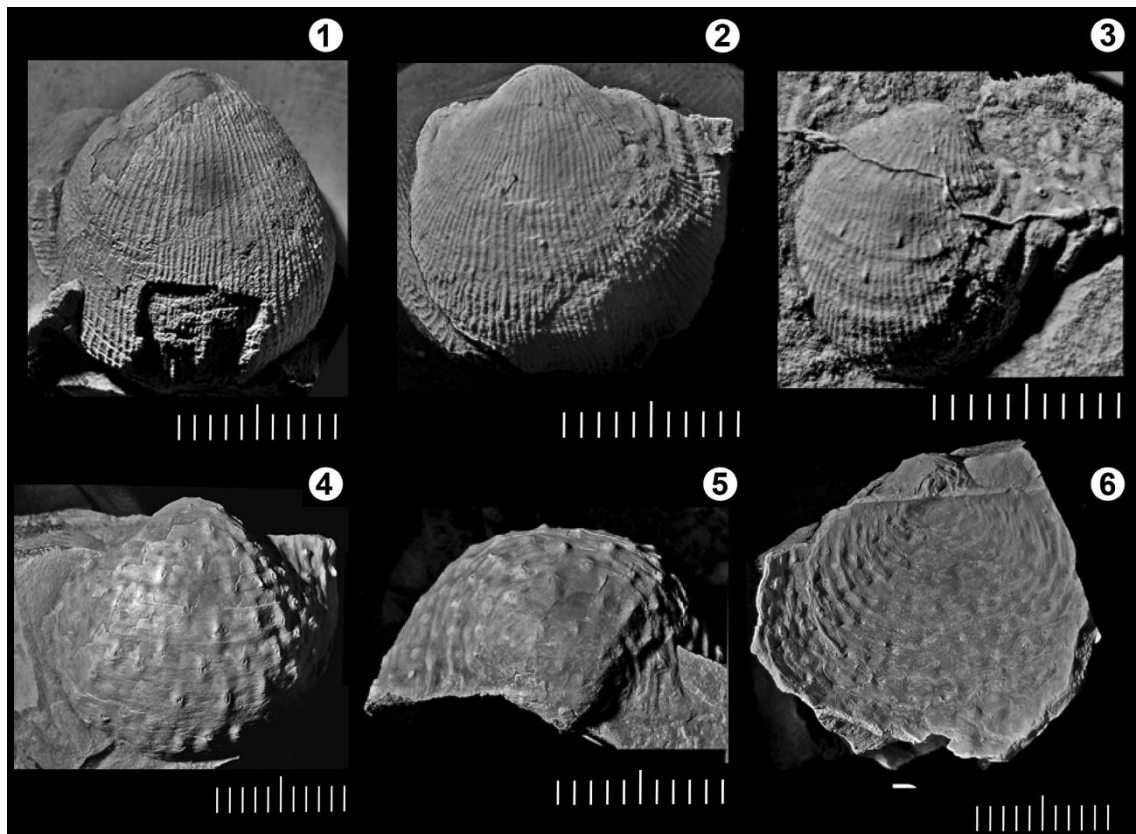
**Figura 11.** Elementos paleontológicos representativos de la Fauna de *Levipustula*. 1–2, *Levipustula levis*. 3, *Spiriferellina octoplicata*. 4, *Costuloplica leoncitensis*. 5, *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) *keideli*. 6, *Kitakamithyris septata*. Tomado de Amos *et al.* (1963), Cisterna & Sterren (2008) y Taboada (2010). Escala gráfica = 10 mm.

### 3.2.5. Biozona de asociación de *Marginovatia peregrina*-*Maemia tenuiscostata* Taboada, 1997

Asociación faunística vinculada al mejoramiento climático regional, y a la desaparición de las condiciones glaciales en el centro-oeste argentino, producto del mayor evento de glaciación en el margen sudoccidental de Gondwana (Taboada, 1997; Césari *et al.*, 2011). Los braquiópodos *Marginovatia peregrina* y *Maemia tenuiscostata* en conjunto sugieren una antigüedad Bashkiriano tardío–Moscoviano temprano (Taboada, 2010), o bien Bashkiriano tardío más temprano (Taboada *et al.*, 2021a). Esta fauna se ha registrado en la sierra de Barreal, en la Formación Pituil con su estratotipo en la Quebrada de Un Salto (Taboada, 1997), y ha sido sugerida para la Formación Cerro Agua Negra, en la Cordillera Frontal de San Juan. También fue sugerida para la Formación Ciénaga Larga del Tontal, San Juan, donde se registró un espécimen aislado de *Marginovatia* sp. (= *Canocrinella?* sp., *sensu* Lech *et al.*, 1998) (Taboada, 2010), y más recientemente, en la Formación Huaraco en la Cordillera del Viento, Neuquén (Taboada *et al.*, 2014). Esta fauna fue propuesta originalmente por Taboada (1997) como fauna de *Balakhonia-Geniculifera*, posteriormente reasignados a *Marginovatia* y *Maemia* (Taboada *et al.*,

2009; Taboada & Pagani, 2010) e incluía algunos de los elementos paleontológicos de la antigua fauna descrita por Reed (1927), que fuera hallada por Stappenbeck (1910) y con la cual comenzaron los trabajos geológicos y paleontológicos del Paleozoico superior en el centro-oeste de Argentina (Taboada, 1997). Los niveles fosilíferos donde se reconoce esta fauna, en parte, habían sido erróneamente atribuidos por Amos & Rolleri (1965) a la fauna de *Canocrinella* cf. *farleyensis* (Etheridge & Dunn), indicando una antigüedad pérmica inferior para estos estratos, hasta que posteriormente fueron enmendados en Taboada (1990, 1997).

Entre los braquiópodos que componen esta asociación (Fig. 12) se destacan: *Marginovattia peregrina* (Taboada, 1997); *Maemia tenuiscostata* (Taboada, 1997); *Neochonetes granulifer* (Owen, 1852); *Orbiculoidea saltensis* Reed, 1927; *Reticularia notica* Reed, 1927; *Leiorhynchus* sp.; *Ambocoelia planoconvexa* Shumard; *Athyris* (*Spirigerella*)? sp. Reed, 1927; *Spirifer* cf. *supramosquensis* Nikitin; *Spirifer* spp. Reed, 1927.



**Figura 12.** Braquiópodos representativos de la Fauna de *Marginovattia-Maemia*. 1–3, *Marginovattia peregrina*. 4–6, *Maemia tenuiscostata*. Tomado de Taboada *et al.* (2009). Escala gráfica = 10 mm.

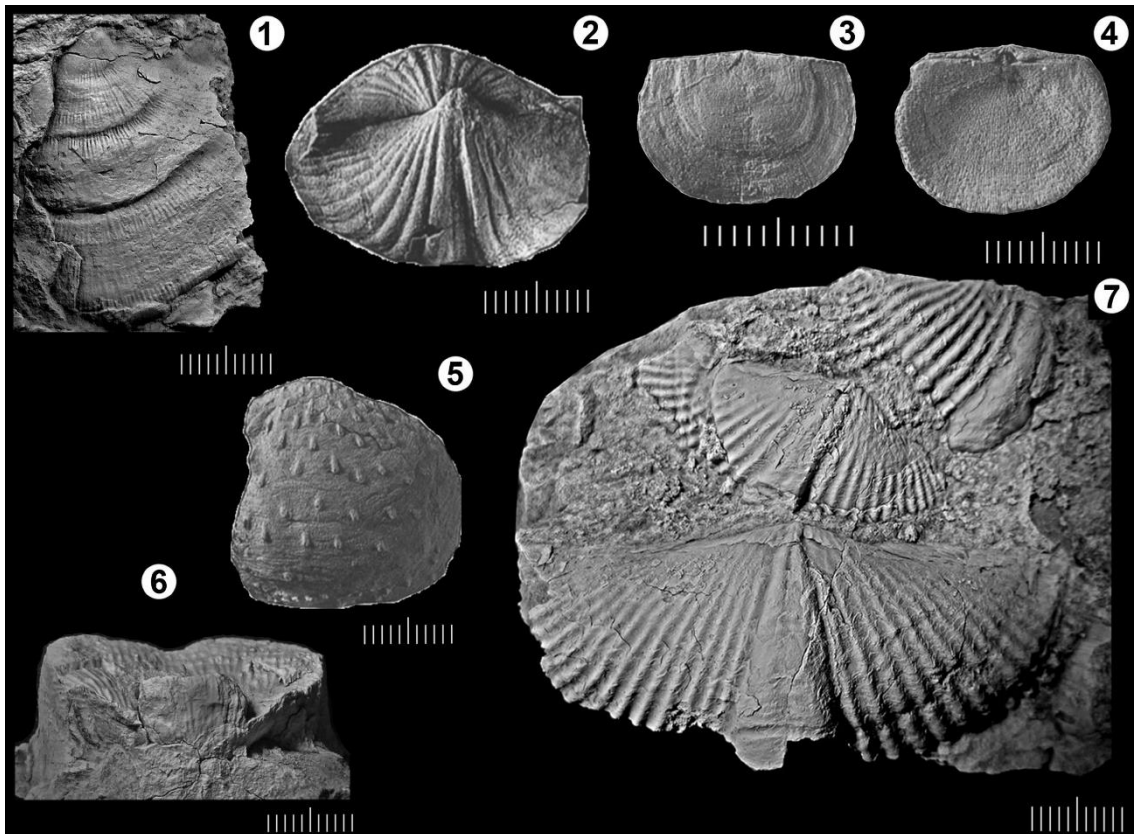
### 3.2.6. Biozona de asociación de *Tivertonia jachalensis*-*Streptorhynchus inaequiornatus* Sabbattini, Ottone & Azcuy, 1990

Fauna generalizada en todas las cuencas del centro-oeste argentino durante el Pennsylvaniano, y vinculada con las transgresiones marinas más extensas que cubrieron el margen sudoccidental de Gondwana. Esta fauna considerada de paleolatitudes medias, se asocia a un mejoramiento climático regional y es quizás la más diversa de todas, constituida por braquiópodos, bivalvos, gastrópodos, crinoideos, conuláridos, entre otros, e incluso se han documentado escamas y restos óseos de peces asociados a la misma. Está constituida por taxones típicos, tanto del Dominio Gondwánico como del Boreal, y otros cosmopolitas. Esta fauna se vincula a la transgresión marina que logró sobrepasar la Protoprecordillera (por sectores deprimidos), alcanzando las localidades de Quebrada La Delfina, y Retamito (San Juan), considerados los sitios más orientales donde se ha registrado la misma (Sabbattini *et al.*, 1990; Taboada, 2010, 2014; Correa & García, 2018; Correa *et al.*, 2022).

Esta biozona posee un amplio rango estratigráfico y geográfico, siendo su estratotipo la sección de la Formación Tupe que aflora en Quebrada de La Herradura, y sus paraestratotipos son las secciones de Quebrada La Delfina, Formación Tupe, y de Sinclinal de Rincón Blanco, Formación Río del Peñón (Sabbattini *et al.*, 1990). Su límite inferior estaría indicado por la ocurrencia de *Tivertonia jachalensis* (Amos, 1961a) y *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza, 1945, el primero es dominante en las comunidades cuando se halla presente, y el segundo está restringido a esta zona, sin embargo su límite superior hasta el momento no ha sido establecido de manera precisa (Sabbattini *et al.*, 1990). Taboada (2014) halló hacia el tope de la secuencia de la Formación Agua del Jagüel, los taxones *S. inaequiornatus* y *Septosyringothyris (Precosyringothyris) jaguelensis* (Lech, 1986) junto con *Coolkilella aredesi* Taboada, 2014, siendo estos elementos, probablemente, los últimos en ocurrir, e indicarían los límites superiores de T-S. Por otra parte, Gulbranson *et al.* (2010) dataron radimétricamente los niveles relacionados a la transgresión marina que portaba los elementos de esta fauna en secciones claves de las formaciones Tupe y Río del Peñón, brindando una antigüedad de aproximadamente 312.82±0.11 Ma y 310.63±0.1 Ma, indicando el Moscoviano. Respecto a la distribución geográfica de T-S, su extensión latitudinal alcanza aproximadamente 1000 km, a lo largo del cinturón andino en el oeste de Argentina, involucrando las cuencas Uspallata-Iglesia, Paganzo, San Rafael y Neuquén (Taboada, 2014).

*Tivertonia-Streptorhynchus* fue nominada originalmente como “Fauna Intermedia” por González (1985) y luego como Zona de Intervalo por Archangelsky *et al.*, (1987), hasta que fue formalizada por Sabbatini *et al.* (1990) como Zona de *Lissochonetes jachalensis-Streptorhynchus inaequiornatus*. Posteriormente, Archangelsky *et al.* (1996) la adecuan a la denominación actual, debido a que la especie *Lissochonetes jachalensis* había sido reasignada a *Tivertonia jachalensis* por Archbold & Gaetani (1993) (Taboada, 2006; González & Taboada, 2006). Eventualmente el conocimiento de la composición sistemática de esta asociación faunística se fue incrementado notablemente gracias a las contribuciones de Cisterna & Simanaukas (2000), Archbold & Simanaukas (2001), Cisterna *et al.* (2002a, b, 2006), Cisterna & Archbold (2007), Taboada (2014), entre otros.

Particularmente entre la fauna de braquiópodos de T-S se destacan: *Tivertonia jachalensis*; *Streptorhynchus inaequiornatus*; *Septosyringothyris (Precosyringothyris) jaguelensis*; *Buxtonia riojanae* (Leanza, 1948); *Coolkilella aredesi*; *Calytrixia piersoni* Taboada, 2014; *Coronalosia argentinensis* Archbold & Simanaukas, 2001; *Tupelosia paganzoensis* Simanaukas & Archbold, 2001, en Archbold & Simanaukas, 2001; *Heteralosia cornelliana* (Derby); *Saltospirifer guevarai* Cisterna & Archbold, 2007; *Pericospira sanjuanensis* (Lech & Aceñolaza, 1990); *P. pericoensis* (Leanza, 1945); *P. riojanensis* (Lech & Aceñolaza, 1987a); *Septosyringothyris (Precosyringothyris) feruglioi* (Amos, 1957); *Septosyringothyris (Precosyringothyris) globosa* Lech, 1993; *Neochonetes pegnonensis* Cisterna & Simanaukas, 2000; *Orbiculoidea aff. saltensis* Reed, 1927; *Rhynchopora* sp. Cisterna & Simanaukas, 2000; *Spiriferellina* sp. Cisterna & Simanaukas, 2000; *Costatumulus* sp. Cisterna & Simanaukas, 2000; *Dyschrestia?* sp. Cisterna & Simanaukas, 2000; *Septosyringothyris* spp.; *Oehlertella* spp., (Fig. 13).



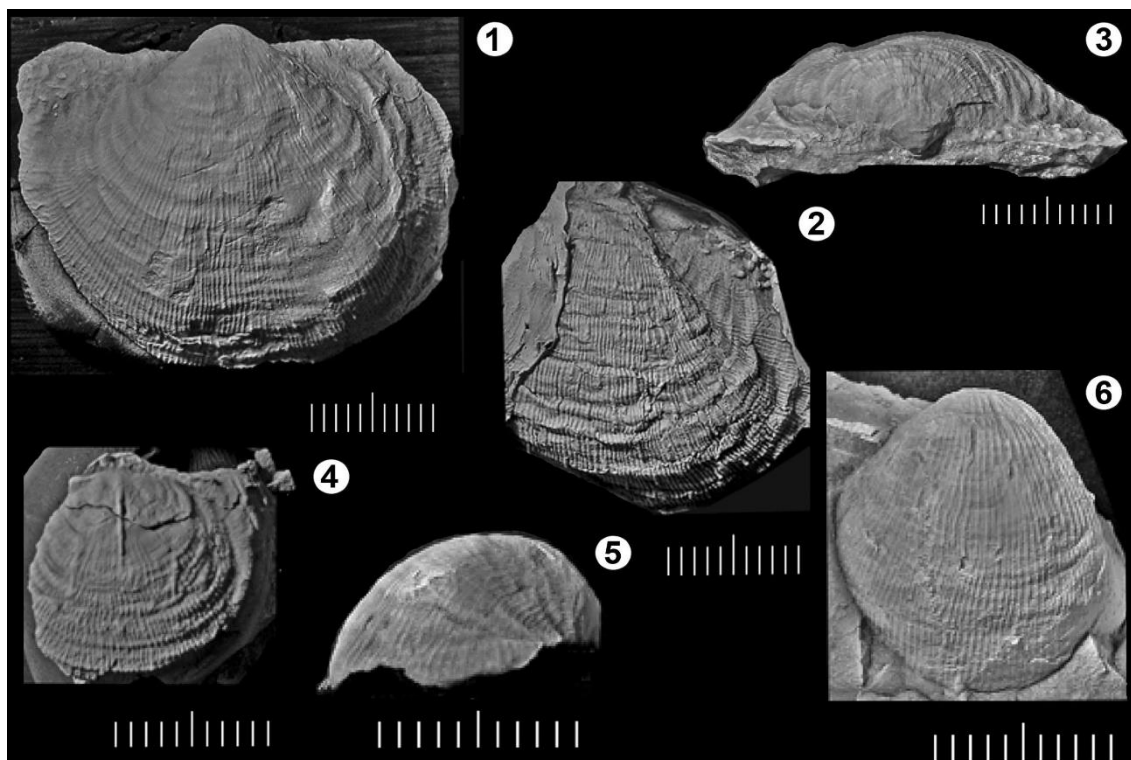
**Figura 13.** Algunos de los elementos paleontológicos característicos de la Fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus*. 1, *Streptorhynchus inaequiornatus*. 2, *Pericospira pericoensis*. 3–4, *Tivertonia jachalensis*. 5, *Coronalosia argentinensis*. 6, *Kochiproductus riojanus*. 7, *Septosyringothyris (Precosyringothyris) jaguelensis*. Tomado de Cisterna *et al.* (2002b), Taboada *et al.* (2009) y Taboada (2010, 2014). Escala gráfica = 10 mm.

### 3.2.7. Biozona de *Costatumulus amosi* Taboada, 1998

Asociación faunística poco diversa; caracteriza los niveles cisuralianos y se reconoce únicamente en la Formación Cordón del Jagüel, aflorante en la Quebrada Agua del Jagüel y en la Quebrada de Santa Elena, Uspallata, Mendoza (Taboada, 2014). La antigüedad establecida para esta fauna es Sakmariano tardío–Artinskiano temprano (Taboada, 2010; Césari *et al.*, 2011; Limarino *et al.*, 2013). Fue propuesta por Taboada (1998) para reemplazar, en parte, a la antigua fauna de *Cancrinella* Amos & Rolleri, 1965 del primer esquema bioestratigráfico formal para las faunas del centro-oeste de Argentina.

Entre los braquiópodos de esta fauna se destacan: *Costatumulus amosi* Taboada, 1998; *Coolkilella keideli* Taboada, 1998; *Tivertonia leanzai* Taboada, 2006; *Septosyringothyris (Precosyringothyris) jaguelensis* (Lech, 1986); *Argentiella stappenbecki* Archbold, Cisterna & Sterren, 2005; *Crurithyris roxoi* Oliveira; *Crurithyris* sp.; *Streptorhynchus* sp. (Fig. 14).





**Figura 14.** Algunos de los taxones representativos de la fauna de *Costatumulus*. 1–3, *Costatumulus amosi*. 4–6, *Coolkilella keideli*. Tomado de Taboada *et al.* (2009). Escala gráfica = 10 mm.

El contenido fosilífero completo de las biozonas se anexa en la Tabla 2.

### 3.3. CONTEXTO PALEOBIOGEOGRÁFICO Y PALEOCLIMÁTICO DE LAS ASOCIACIONES FAUNÍSTICAS

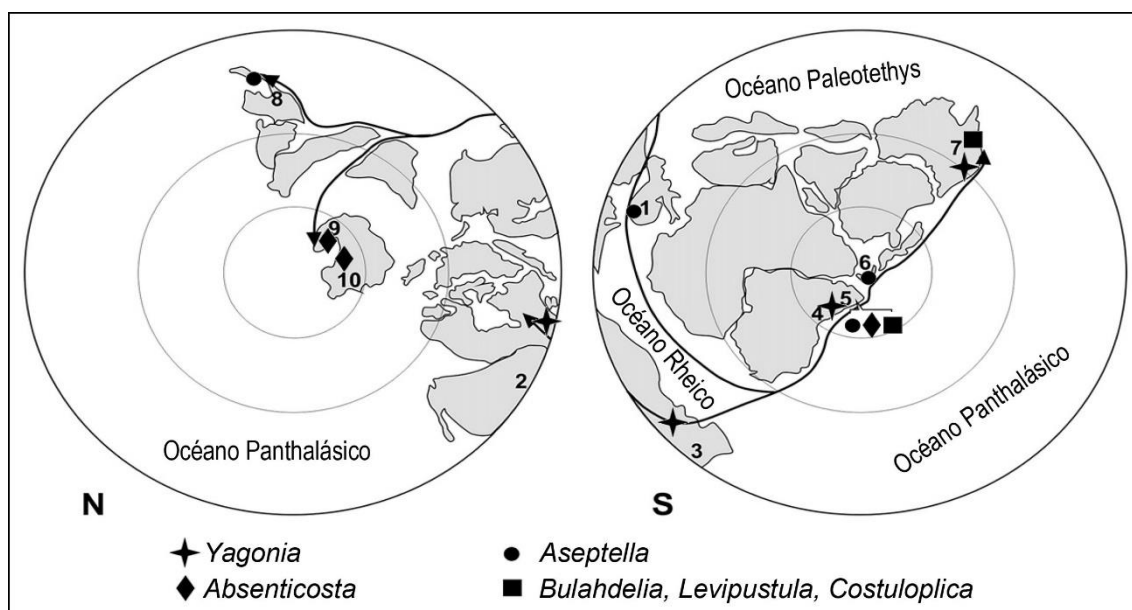
Se estima que a comienzos del Período Carbonífero las condiciones climáticas en el centro-oeste argentino eran interglaciales, templadas a húmedas (estadio paleoclimático I de López Gamundí *et al.*, 1992), aunque esta visión actualmente es cuestionada (Carrizo & Azcuy, 2000; Taboada *et al.*, 2019; Sterren *et al.*, 2021, entre otros). En este contexto habría ocurrido una transgresión marina (o T1 *sensu* Limarino, 2018) vinculada con la Fauna de *Michiganites scalabrinii*-*Azurduya chavelensis*. Esta ingresión marina quedó registrada en el sector norte de la Subcuenca Río Blanco y posiblemente estuvo conectada al océano Panthalasa por el norte de Chile (Taboada, 2010; Sterren *et al.*, 2021). La ocurrencia del género *Yagonia* Roberts en el centro-oeste de Argentina, el este de Australia, y en regiones del hemisferio norte, ha sido señalada como evidencia de la existencia de un corredor faunístico a lo largo del margen occidental de Gondwana, permitiendo la migración desde el sur al norte. Este corredor incluso habría permitido el intercambio biótico con el remanente del océano Rheico, y más al noreste

con el mar epicontinental Apalachiano. A este corredor se lo denominó Austro-Panthalásico-Rheico (Taboada & Shi, 2009) (Fig. 15). El mismo habría sido utilizado también para que taxones del hemisferio norte alcanzaran el hemisferio sur, como es sugerido para explicar la distribución del género *Aseptella* Martínez Chacón & Winkler Prins, 1977, en la Península Ibérica y en el centro-oeste argentino y Patagonia (Martínez Chacón & Winkler Prins, 1998; Cisterna & Simanaukas, 1999). A su vez, cabe remarcar que la Fauna de M-A esta intercalada con asociaciones de paleoflora y palinofloras (ver Fig. 7) (Taboada, 2010).

Durante el Viséano tardío un enfriamiento a nivel global reactivó la Glaciación Gondwánica y esta, a su vez delimitó barreras climáticas latitudinales que definieron dominios de aguas frías, en los hemisferios norte y sur (Reinos Boreal y Gondwánico, respectivamente), y un dominio de aguas relativamente cálidas en el Paleoecuador (Reino Tethyano), generando una profunda diferenciación entre las biotas de las regiones circumpolares y paleoecuatoriales (Taboada, 2010). Aunque a inicios del Mississippiano solo eran reconocidos los Reinos Paleoeccuatorial y Gondwánico, para el Serpukhoviano existen indicios del incipiente Reino Boreal (Qiao & Shen, 2014). El Reino Gondwánico, se caracterizó por faunas de aguas frías asociadas a ambientes glacimarininos, tales como, las faunas de *Rugosochonetes-Bulahdelia* y *Levisputula* del centro-oeste de Argentina, que se desarrollaron en mares semirestringidos del sector norte de la Subcuenca Calingasta-Uspallata en una configuración topográfica similar a fiordos, donde las ingresiones marinas pantalásicas invadieron los sectores más bajos (Zöllner, 1950; González, 1989 *vide* Taboada, 2010). Las glaciaciones en el oeste de Argentina habrían sido de tipo alpina con la posible concurrencia de pequeñas capas de hielo (< 50.000 km<sup>2</sup>) en áreas continentales hacia el este (González, 1981; Henry *et al.*, 2008). Al parecer esta glaciación fue un evento de corta duración, con las lenguas glaciarias desarrollándose desde zonas de relieve positivo hasta la línea de costa.

Estas barreras climáticas condujeron al aislamiento y endemismo de las mencionadas faunas, sin embargo, posiblemente durante los períodos glaciarios/interglaciarios intrínsecamente fluctuaron las temperaturas de las aguas, concomitantemente con los niveles del mar, provocando de esta manera “intercambios bióticos locales” entre los mares periglaciales del oeste de Argentina, con sectores perigondwánicos (*e.g.*, Patagonia), e incluso con el sector suroriental de Gondwana (*e.g.*, Australia). Existe evidencia de elementos paleontológicos compartidos entre estas regiones, tales como los géneros de braquiópodos (tolerantes a aguas frías), *Levipustula*,

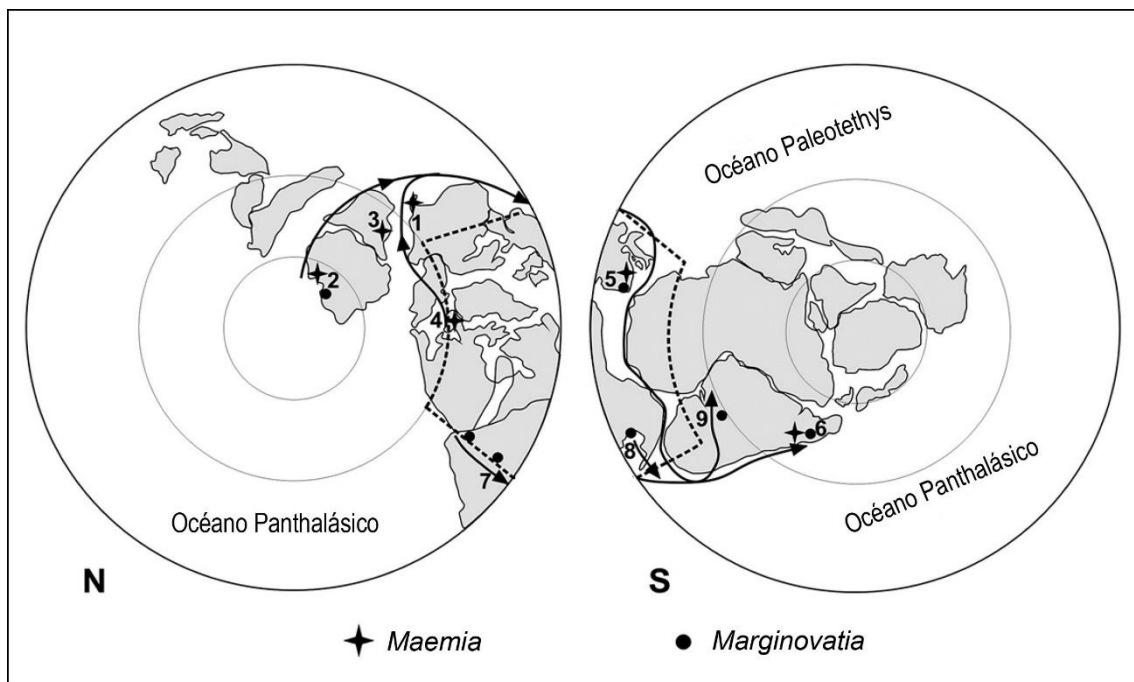
*Kitakamithyris*, *Costuloplica*, *Spiriferellina*, entre otros (Taboada *et al.*, 2009, 2013; Taboada, 2010).



**Figura 15.** Mapa paleogeográfico global para el Mississippiano Tardío, mostrando el Corredor Austro-Panthalásico-Rheico, el cual habría sido utilizado por los géneros de braquiópodos indicados. 1, España. 2, Centro-este de Estados Unidos. 3, México. 4, Norte de Chile y noroeste de Argentina. 5, centro-oeste de Argentina. 6, Patagonia. 7, este de Australia. 8, Tailandia. 9, Mongolia. 10, Siberia. Tomado y modificado de Taboada (2010).

Posteriormente a la desaparición de las condiciones glaciales, en el Bashkiriano, comienza un marcado mejoramiento climático en el centro-oeste de Argentina el cual perduró hasta el Pérmico temprano. Dicho mejoramiento climático permitió el ingreso de corrientes oceánicas de aguas cálidas provenientes del norte, trayendo consigo braquiópodos de las regiones boreales y tethyanas, tales como los géneros *Marginovatia*, *Maemia*, *Reticularia*, *Neochonetes*, entre otros, pertenecientes a las faunas de *Marginovatia-Maemia* y *Tivertonia-Streptorhynchus*. Esto evidencia que el corredor Austro-Panthalásico-Rheico se mantuvo abierto aún durante el Bashkiriano y permitió la conexión con el océano Paleotethys (Taboada & Shi, 2009). Sumado a esto, algunos autores postulan que Gondwana habría rotado ligeramente en sentido horario, lo que permitió que el centro-oeste de Argentina se ubicara en paleolatitudes más bajas, y con condiciones climáticas menos rigurosas y más atemperadas (Scotese *et al.*, 1979; Taboada, 2010) (Fig. 16). Al mismo tiempo, posiblemente, se habrían instaurado barreras térmicas con el resto de las regiones perigondwánicas más australes (*i.e.*, Patagonia y el este de Australia) lo que evitó el intercambio biótico con estas regiones al menos hasta

comienzos del Pérmico (Taboada, 2010; Pagani & Taboada, 2010; Taboada *et al.*, 2013). Evidencia de esto es el registro estratigráfico y paleontológico disímil entre el centro-oeste de Argentina y Patagonia, ya que esta última registra un mayor número de pulsos glaciarios, indicando que habría permanecido bajo un régimen climático frío con influencia glacial y en una configuración paleogeográfica cercana al paleopolo sur (Taboada *et al.*, 2013). Como consecuencia del aislamiento, Patagonia fue el refugio de comunidades marinas endémicas y se transformó en un santuario faunístico, al menos hasta el Pérmico temprano (Taboada & Shi, 2010).



**Figura 16.** Reconstrucción paleogeográfica para el Pennsylvaniano Temprano mostrando la vía de migración para los géneros *Marginovatia* y *Maemia*. 1, Urales. 2, Siberia. 3, Kazakhsan. 4, Artico canadiense. 5, España. 6, centro-oeste de Argentina. 7, oeste de Estados Unidos. 8, centro-este de Estados Unidos. 9, Brasil. Tomado y modificado de Taboada (2010).

Posteriormente, en el Moscoviano se registra una extensa ingresión marina portando la fauna de *Tivertonia jachalensis*-*Streptorhynchus inaequiornatus*, la cual se documenta prácticamente en todas las cuencas del centro-oeste de Argentina. Para este tiempo se cree que las aguas eran más cálidas, como ha sido sugerido por el hallazgo de escasos conodontes asociados a coquinas con *Tivertonia jachalensis* en el Miembro Jarillal de la Formación Santa Elena (Taboada, 2010). Finalmente para el Cisuraliano, tanto el centro oeste de Argentina como Patagonia, comparten elementos paleontológicos clave, tales como los géneros de braquiópodos *Tivertonia*, *Coolkilella*, *Costatumulus* y

*Kochiproductus*, lo cual indica que se habrían recuperado las vías de migración entre el margen sudoccidental de Gondwana, dando por finalizada la desconexión paleogeográfica entre el centro-oeste argentino y Patagonia (Taboada, 2010; Pagani & Taboada, 2010, 2011). Posiblemente para ese tiempo Patagonia derivó hacia el norte, para contactar con el margen sudoccidental de Sudamérica (Pankhurst *et al.*, 2006; Ramos, 2008; Taboada, 2010).

## CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. REPOSITARIOS

Para la ejecución del presente trabajo de tesis se consultaron las colecciones de las siguientes instituciones:

**CPBA**, Colección de Paleoinvertebrados, del departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

**MHNSR-Pi-CN**, Museo de Historia Natural de San Rafael, sección Paleontología de Invertebrados, San Rafael, Mendoza.

**MOZ-PI**, Museo Olsacher de la Ciudad de Zapala, sección Paleontología de Invertebrados, Zapala, Neuquén.

**MLP**, Sección Paleontología de Invertebrados, Museo de La Plata, ciudad de La Plata, Buenos Aires.

**PIL**, Sección Paleontología de Invertebrados, Fundación Miguel Lillo, ciudad de San Miguel de Tucumán, Tucumán.

**LIEB-PI**, Laboratorio de Investigación en Evolución y Biodiversidad (LIEB), sección Paleontología de Invertebrados. Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, de la Universidad Nacional de la Patagonia, San Juan Bosco, Esquel, Chubut.

Los materiales paleontológicos recolectados durante el desarrollo de esta tesis, y procedentes de la Formación El Imperial, en la localidad Cañón del Atuel; se depositaron en la institución **MHNSR-Pi-CN**. Por otra parte, materiales procedentes de las formaciones Cerro Agua Negra y Ciénaga Larga del Tontal, fueron recolectados en los años 90' por el Dr. Arturo Taboada y el técnico del CONICET, Miguel Aredes, se depositaron en el **LIEB-PI**.

Materiales paleontológicos estudiados en este trabajo, provenientes de la Formación El Imperial, en las localidades Arroyo del Imperial y Quebrada de La Horqueta; y de la Formación Huaraco, corresponden a las colecciones de las instituciones **CPBA** y **MOZ-PI**, respectivamente.

Para la consulta de materiales de referencias y comparación (*e.g.*, material tipo) se visitaron las colecciones de **MLP**, **PIL** y **LIEB-PI**.

## **4.2. ÁREAS DE ESTUDIO Y TRABAJOS DE CAMPO**

Para la ejecución de éste trabajo de tesis se realizaron sucesivas campañas paleontológicas de prospección con el fin de explorar las áreas geográficas de interés e identificar y ubicar en terreno los niveles fosilíferos. Además se buscó interpretar su ubicación relativa dentro de la columna estratigráfica y, en los casos que fue posible, recolectar material de estudio. Las áreas de interés están incluidas dentro de una faja meridional de aproximadamente 800 km de extensión, desde los 30°22'S a los 37°10'S, y comprende las provincias de San Juan, Mendoza y Neuquén (Figs. 4 y 6.2). Se prospectaron las localidades de Agua Negra (San Juan), San Rafael (Mendoza) y Andacollo (Neuquén). Mientras que las otras dos localidades objeto de estudio, solo pudieron ser ubicadas tentativamente debido a la dificultad de acceso a las mismas, dichas localidades corresponden a Sierra del Tontal (San Juan) y Cordón del Portillo (Mendoza).

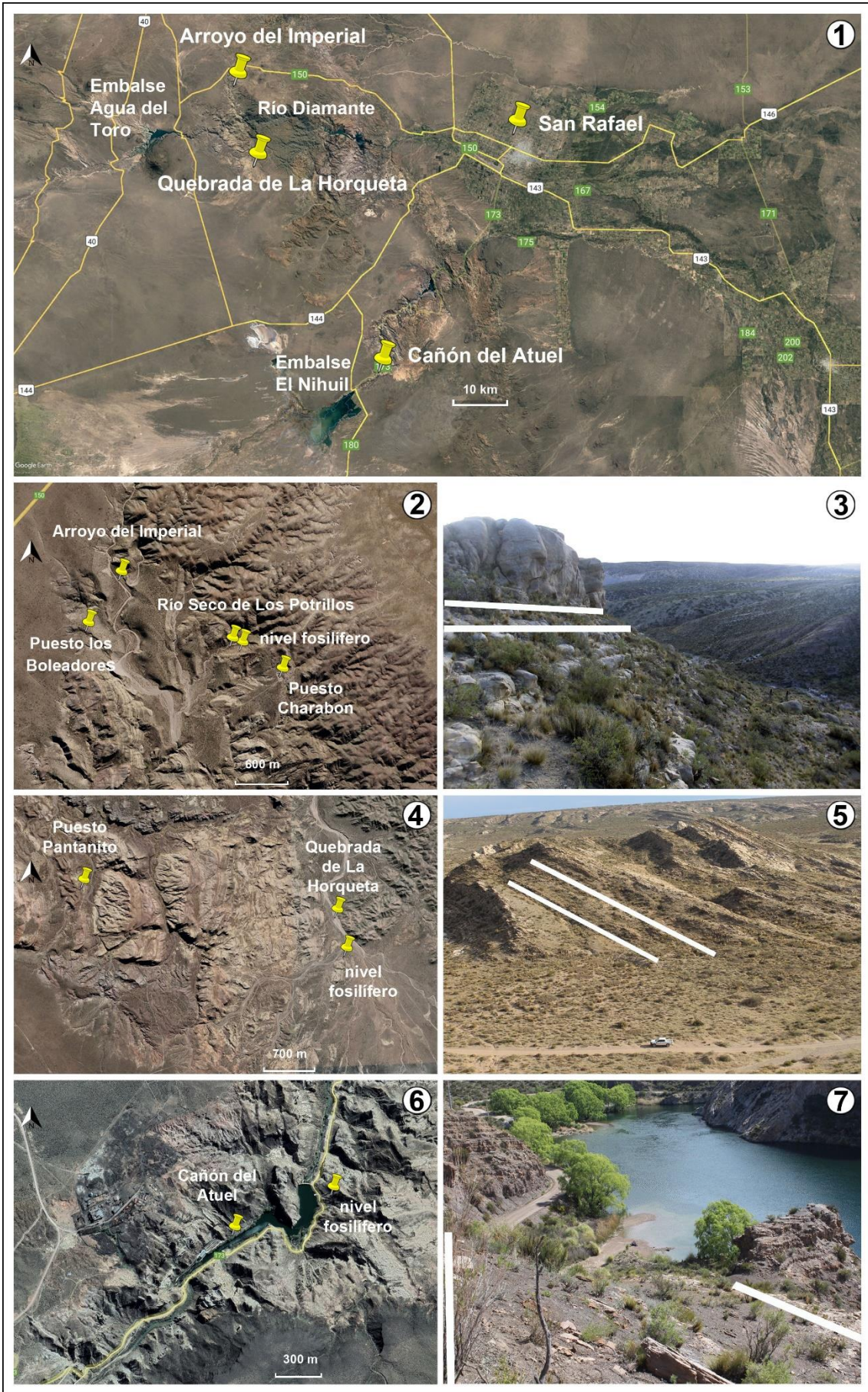
### **4.2.1. Trabajos de Campo en la Formación El Imperial**

Las sedimentitas de esta unidad afloran al oeste y sudoeste de la ciudad de San Rafael, provincia de Mendoza, sus afloramientos principales se ubican en dos áreas que distan entre sí, aproximadamente 60 km. La primera ubicada en cercanías de la represa Agua del Toro y en el valle del río Diamante; los afloramientos con niveles fosilíferos se hallan tanto al norte como al sur de dicho afluente (Fig. 17.1). Los materiales paleontológicos de estas localidades fueron recolectados en los años 60' y 80' por el Dr. Giudici y la Dra. García, respectivamente (repositorio CPBA). El otro sitio con gran exposición de afloramientos de la Formación El Imperial, y con niveles fosilíferos se ubica en inmediaciones del Río Atuel, y en cercanías del Embalse el Nihuil.

En sucesivos viajes de campo se logró identificar las localidades y niveles fosilíferos de esta unidad, la primera corresponde a la localidad clásica Río Seco de los Potrillos, tributario de Arroyo del Imperial (Fig. 17.2) (34°30'10.8''S–68°55'36.3''W), a la cual se accede, desviando por un camino alternativo, desde la Ruta Provincial N° 150, que conecta la localidad de 25 de Mayo con el Embalse Agua del Toro. La litología consiste en areniscas gruesas blanquecinas y conglomerados (Fig. 17.3). Cabe mencionar que por debajo de este nivel, en una capa pelítica se hallaron restos de braquiópodos no identificados. La otra localidad fosilífera se encuentra ubicada al sur del río Diamante, en el curso medio del arroyo la Horqueta, indicada en la literatura como Quebrada de La Horqueta (Fig. 17.4) (34°38'29.7''S–68°53'11.8''W), a la que se accede también desviando por un camino alternativo, desde la Ruta Provincial N° 150. El material fósil

se hallaba en un nivel de areniscas marrones bien consolidadas, y en un nivel de pelitas (34°38'29.6''S–68°53'11.6''W) (Fig. 17.5). Las prospecciones realizadas en la localidad Cañón del Atuel (Fig. 17.6), permitieron hallar un nivel fosilífero (34°59'29.9''S–68°37'17.3''W) (Fig. 17.7), totalmente desconocido hasta el momento y del cual se extrajo abundante material de estudio (depositado en MHNSR-Pi-CN). El mismo se ubica a aproximadamente 10 km al este del embalse El Nihuil, al costado de la Ruta Provincial N° 173, que conecta con la ciudad de San Rafael. La litología consistía en un intervalos de pelitas grises oscuras de aproximadamente 7 m de espesor, en las cuales se registraron concreciones fosilíferas, y lentes de areniscas (ver Capítulo 5 para más detalle).

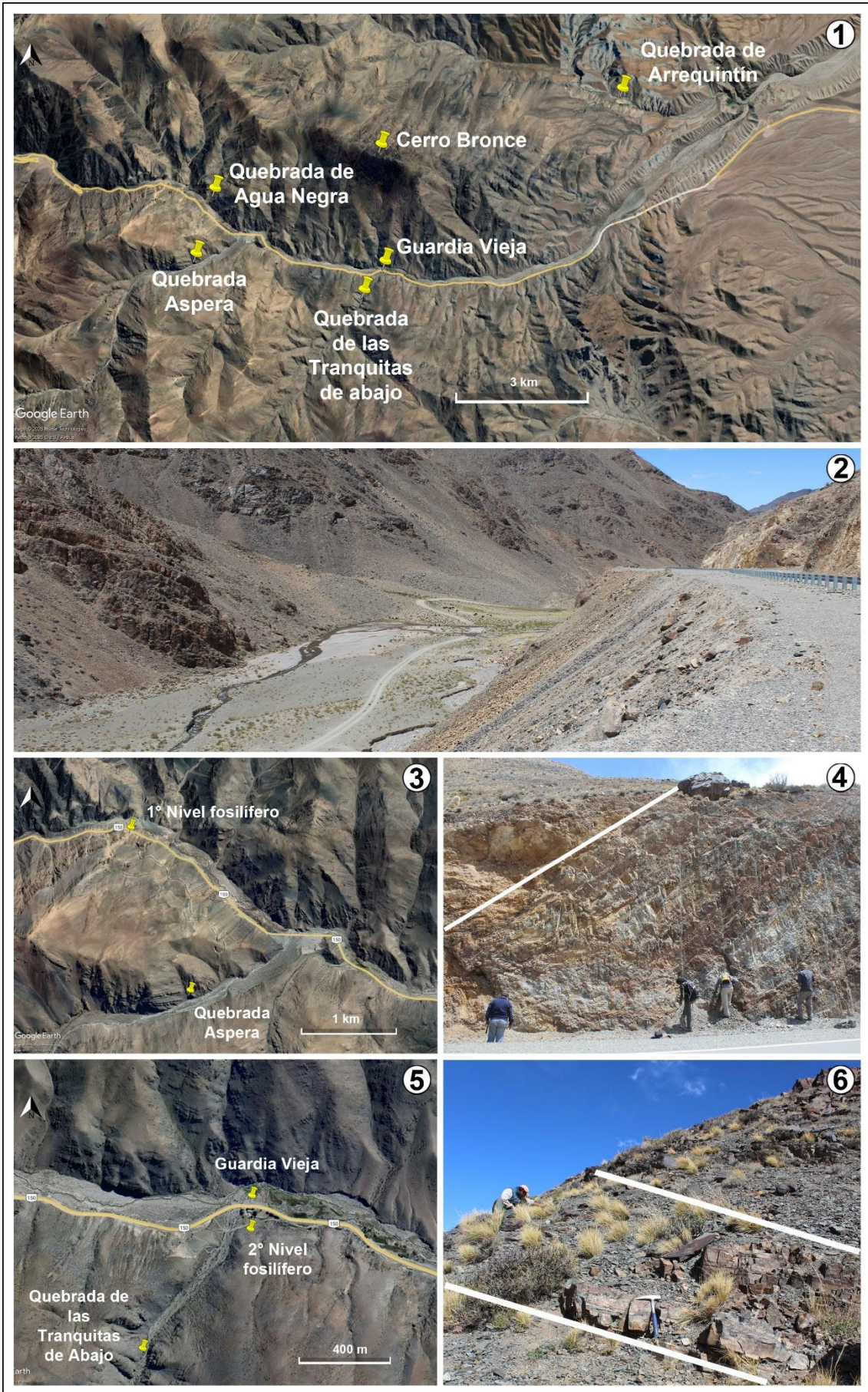




**Figura 17.** **1,** vista general de los afloramientos y localidades de la Formación El Imperial. **2,** vista general de los afloramientos en la localidad Arroyo del Imperial. **3,** detalle del nivel fosilífero entre líneas blancas. **4,** vista general de los afloramientos en la localidad Quebrada de la Horqueta. **5,** detalle del nivel fosilífero entre líneas blancas. **6,** vista general de los afloramientos en la localidad Cañón del Atuel. **7,** detalle del nivel fosilífero entre líneas blancas.

#### **4.2.2. Trabajos de campo en la Formación Cerro Agua Negra**

Los materiales paleontológicos de esta unidad, fueron hallados y recolectados previamente (en los años 90'). Los especímenes fueron identificados y depositados en LIEB-PI. Un viaje de campo realizado en el año 2017 permitió prospectar los afloramientos de la Formación Cerro Agua Negra (FCAN) (Fig. 18.1–2), y ubicar con exactitud dos nivel fosilíferos, el primero consiste de pelitas y areniscas muy finas ( $30^{\circ}22'28.0''S-69^{\circ}37'25.4''W$ ), en cercanías de la Quebrada Aspera (Fig. 18.3–4). En tanto el segundo, ubicado estratigráficamente por encima, consiste de una arenisca fina y con coquinas de braquiópodos (Fig. 18.5–6) ( $30^{\circ}23'36.1''S-69^{\circ}34'18.4''W$ ). Este nivel se halla en inmediación de Quebrada de las Tranquitas de Abajo, una quebrada secundaria de la Quebrada de Agua Negra (la principal). (ver Capítulo 6 para más detalle).



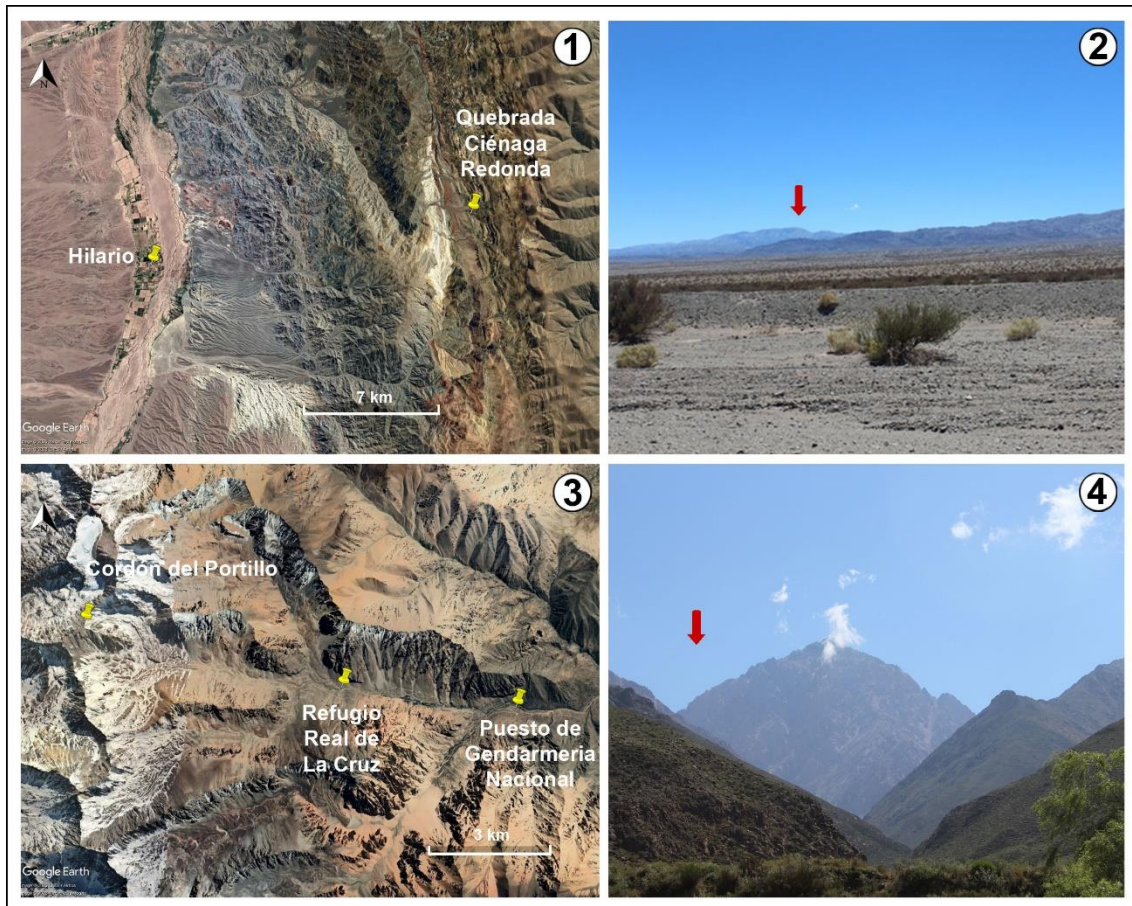
**Fig. 18. 1,** Vista panorámica a los afloramientos y localidades de la Formación Cerro Agua Negra. **2,** vista a la Quebrada de Agua Negra y la ruta N° 150. **3,** vista general al primer nivel fosilífero, lindante a la ruta, y cercano a Quebrada Aspera. **4,** detalle del nivel fosilífero entre líneas blancas. **5,** vista general del segundo nivel fosilífero, en inmediaciones de la quebrada de las Tranquitas de Abajo. **6,** detalle del nivel fosilífero entre líneas blancas.

### **4.2.3. Trabajos de campo en las formaciones Ciénaga Larga del Tontal y Alto Río Tunuyán**

Los materiales de estudios de la Formación Ciénaga Larga del Tontal (FCLT) fueron hallados y recolectados en los años 90', y depositados en LIEB-PI. Sus afloramientos solo pudieron ser ubicados tentativamente (Fig. 19.1–2). (ver Capítulo 7 para más detalle).

Por otra parte, la Formación Alto Río Tunuyán aflora al oeste del Cordón del Portillo, en inmediaciones del Refugio Real de La Cruz ( $33^{\circ}36'43.33''\text{S}$ – $69^{\circ}32'39.41''\text{W}$ ), en el departamento de Tunuyán, provincia de Mendoza. Dicho refugio se ubica aproximadamente a 38 km desde el puesto de Gendarmería Nacional, siguiendo por el sendero del Portillo (Fig. 19.3). Debido a la inaccesibilidad del sitio no se pudo prospeccionar esta área. Sin embargo pudieron observarse las inmediaciones, y el camino de acceso que conduce a los afloramientos (Fig. 19.4). Los límites de los afloramientos carboníferos son aproximadamente los paralelos  $30^{\circ} 30'$  y  $30^{\circ} 40'$  S, y los meridianos  $69^{\circ}45'30''$  y  $69^{\circ}37'30''$  W, respectivamente, y abarcando una superficie de aproximadamente  $200 \text{ km}^2$ , estando enclavada entre las provincias geológicas de la Cordillera Frontal y la Cordillera Principal (Fidalgo, 1958).

No se hallaron elementos paleontológicos en esta unidad, por los motivos arriba mencionados.

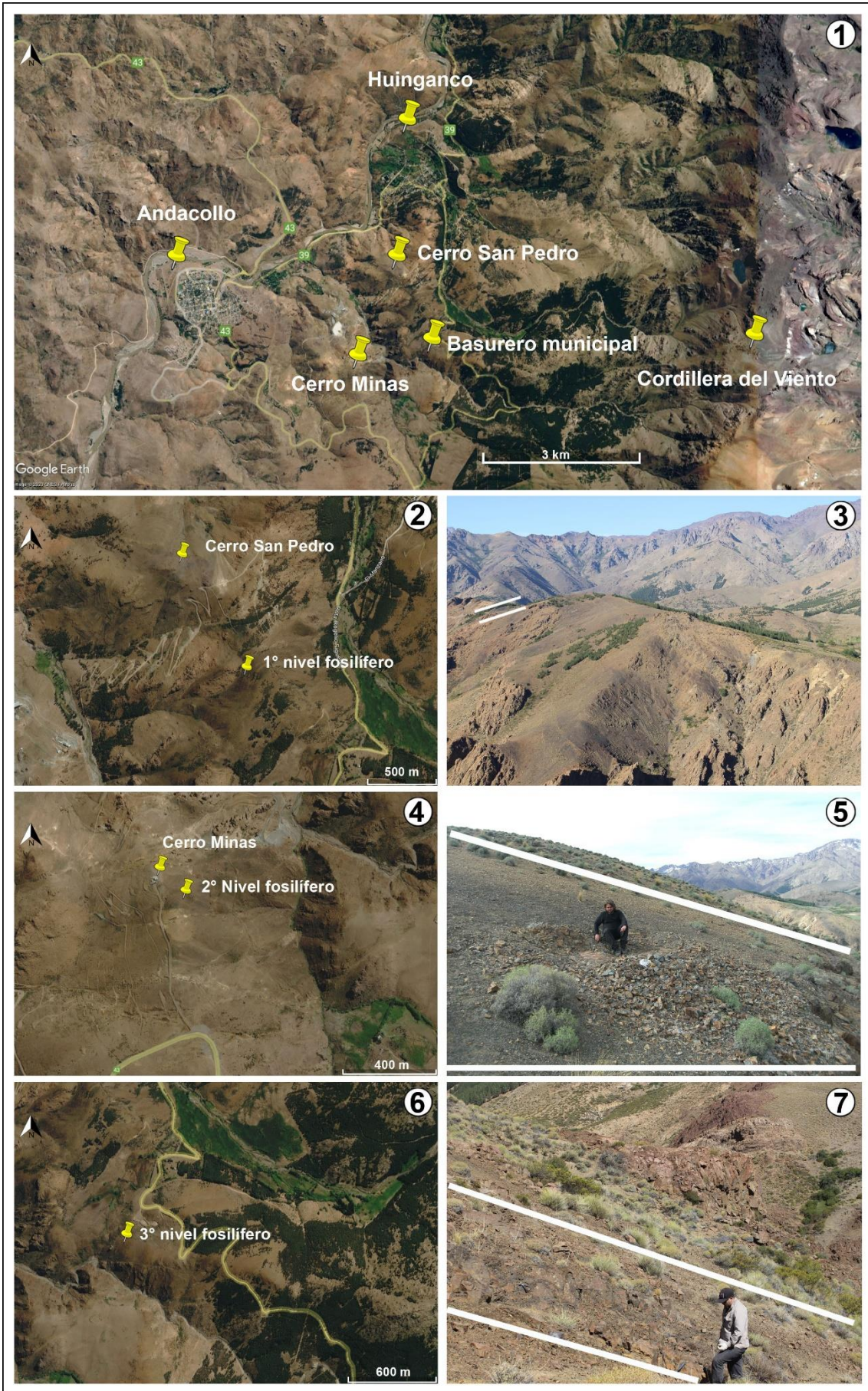


**Figura 19.** 1, Vista panorámica a los afloramientos de la FCLT y ubicación del nivel fosilífero. 2, ubicación relativa del nivel fosilífero (flecha roja) en la Sierra del Tontal, por delante la Sierra de Ansilta. 3, Vista panorámica de los afloramientos de la FART y ubicación relativa del nivel fosilífero. 4, vista de la ubicación relativa del nivel fosilífero (flecha roja).

#### 4.2.4. Trabajos de campo en la Formación Huaraco

Los viajes de campos realizados a este sitio, permitieron ubicar e identificar los tres horizontes fosilíferos reconocidos de esta unidad (Fig. 20.1). El primero ubicado en el Cerro San Pedro ( $37^{\circ}10'52.25''S-70^{\circ}37'25.50''W$ ) (Fig. 20.2), donde el acceso está restringido por los trabajos mineros que se desarrollan en esta área. Entre su composición litológica se citan, pelitas oscuras y areniscas de grano fino (Fig. 20.3). El segundo nivel fosilífero se reconoce en el flanco meridional del Cerro Minas, más precisamente en inmediaciones de la Ruta Provincial N° 43 y las antenas de Radio (Fig. 20.4) ( $37^{\circ}11'37.44''S-70^{\circ}38'6.40''W$ ). Su litología predominante consiste en areniscas de grano fino (Fig. 20.5), y particularmente en este nivel, se reconoce un horizonte de coquinas con *Tivertonia jachalensis*. Finalmente, el tercer nivel fosilífero se reconoce en el flanco oriental del Cerro San Pedro en cercanías de un basurero municipal, y la Ruta Rogelio Figueroa (Fig. 20.6) ( $37^{\circ}11'23.98''S-70^{\circ}37'13.04''W$ ). Su litología

predomínate consiste en arenisca fina a mediana (Fig. 20.7). Los materiales paleontológicos estudiados fueron depositados en **MOZ-PI**. (ver Capítulo 8 para más detalle).



**Fig. 20. 1**, vista general a los afloramientos de la Formación Huaraco, en inmediaciones de las ciudades de Andacollo y Huinganco. **2**, vista general del primer nivel fosilífero en el Cerro San Pedro. **3**, detalle del nivel fosilífero entre líneas blancas. **4**, vista general del segundo nivel fosilífero en el Cerro Minas. **5**, detalle del nivel fosilífero entre líneas blancas. **6**, vista general del tercer nivel fosilífero en inmediaciones de la Ruta Rogelio Figueroa. **7**, detalle del nivel fosilífero entre líneas blancas. Personas de escala.

### **4.3. PREPARACIÓN DEL MATERIAL FÓSIL**

El material fósil fue preparado para su estudio siguiendo las técnicas paleontológicas estándar establecidas en Feldmann *et al.*, (1989). Las muestras fueron blanqueadas con óxido de magnesio sublimado, con el fin de resaltar detalles morfológicos de importancia taxonómica, y obtener fotografías de alta resolución. Se observaron con lupa binocular con aumento de 10 x 4.5. En algunos casos se realizaron moldes con silicona (vinil polisiloxano), para observar los caracteres morfológicos de los especímenes en positivo, debido a que las muestras comúnmente se preservaron como moldes externos e internos. El material se fotografió utilizando una cámara digital Canon Xi3 Rebel. Se tomaron medidas morfométricas de los especímenes con calibre mecánico (precisión de 0.1 mm), y en otros casos sobre las fotografías de los mismos utilizando el software Image J (Abramoff *et al.*, 2004).

### **4.4. DETERMINACIONES SISTEMÁTICAS**

Las determinaciones sistemáticas de los braquiópodos consistieron en la observación y descripción de los caracteres morfológicos exhibidos por los especímenes, con el fin de identificarlos. Se tomaron en cuenta una gran variedad de caracteres que convencionalmente se utilizan para clasificarlos, caracteres externos tales como forma y contorno, perfil, ornamentación externa, microornamentación, y caracteres internos tales como estructuras del cardinalio y apicalio de las valvas (*e.g.*, dientes y fosetas, septos internos, cicatrices musculares, entre otros), además de pústulas internas y crestas; para mayores referencias ver Williams *et al.* (1997), y Manceñido & Damborenea (2008). En esencia se trata de la taxonomía alfa de Mayr (1969). Para la sistemática paleontológica se utilizó El Tratado de Paleontología de Invertebrados, Parte H Brachiopoda: Holmer & Popov (2000) para el Orden Lingulida; Carter & Johnson (2006) para el Orden Spiriferinida; Carter *et al.* (2006) para el Orden Spiriferida; Williams *et al.* (2000) para el Orden Orthotetida; Racheboeuf (2000) para el Suborden Chonetidina; Savage *et al.* (2002) para el Orden Rhynchonellida. Para el Suborden Productidina se utilizó a Brunton *et al.*, (2000) y se complementó con Waterhouse (2010, 2013). Para mayor precisión en



las determinaciones taxonómicas, en los casos que fue posible, se comparó con material tipo y topotípico de las especies, depositado en las colecciones de distintas instituciones, tales como MLP, PIL y LIEB.

Se siguieron las pautas del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICNZ) de Ride *et al.* (1999). Mientras que en los casos de asignaciones con nomenclatura abierta se siguieron las pautas establecidas en Matthews (1973) y Sigovini *et al.* (2016).

## CAPÍTULO 5. FORMACIÓN EL IMPERIAL

### 5.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La Formación El Imperial (Dessanti, 1945) (Carbonífero superior–Pérmico inferior), es una unidad sedimentaria de la Cuenca San Rafael (Mendoza), ha sido y actualmente es objeto de numerosos estudios de índole geológica, estratigráfica, sedimentológica y paleontológica (Pazos *et al.*, 2017). Está constituida por dos miembros, el Miembro Inferior que es marino, y el Miembro Superior principalmente continental. Sus afloramientos más potentes se hallan en las localidades Arroyo del Imperial, en inmediaciones del Río Diamante y en el Cañón del Atuel, en cercanías del embalse El Nihuil, ambas próximas a la ciudad de San Rafael (Mendoza) (Fig. 17) (Dessanti, 1945; Giudici, 1971; Espejo, 1990; Pazos *et al.*, 2017).

Históricamente, los trabajos geológicos pioneros en el área de estudio fueron llevados a cabo por Hauthal *et al.* (1895) quienes realizan las primeras descripciones geográficas y geológicas, de manera muy general, en la zona centro-sur de Mendoza. Posteriormente, Dessanti (1945) realiza el primer hallazgo de fósiles de invertebrados marinos en la zona del Arroyo del Imperial, y establece una antigüedad carbonífera para la secuencia, a la vez que permite diferenciarla del basamento metamórfico de antigüedad siluro–devónico. Polanski (1951) redefine el concepto de Sierra Pintada, y la ubica dentro de una unidad morfoestructural a la que denominó Bloque de San Rafael. Giudici (1971) sustenta los miembros Inferior y Superior propuestos por Dessanti (1956) para la Formación El Imperial, a la vez que encuentra nuevos elementos fósiles, y sugiere incluirlos en la Fauna de *Levipustula*, correlacionando con otras formaciones del centro-oeste argentino. Arias & Azcuy (1986) estructuran perfiles estratigráficos en la Quebrada del Arroyo Aisol (quebrada secundaria dentro del Cañón del Atuel), brindando mayor información sedimentológica de esta sección. Mientras que, Espejo (1990) y Espejo & López Gamundí (1994) son quienes realizan estudios sedimentológicos de detalle, tanto en la localidad Cañón del Atuel, como en el Cañón del Río Diamante y establecen la estratigrafía general para la unidad.

Respecto a su contenido paleontológico, esta unidad litoestratigráfica contiene abundantes improntas y restos de plantas, palinomorfos, trazas fósiles e invertebrados marinos. Los restos de plantas fósiles son asignadas a las floras, *Notorhacopteris-Botrychiopsis-Ginkgophyllum* (NBG) (Serpukhoviano tardío–Bashkiriano tardío), y de *Gangamopteris* (G) (Cisuraliano) halladas en las secciones media y superior de la

secuencia, respectivamente (Césari & García, 1988; García, 1990b; Césari *et al.*, 2011). Las asociaciones de palinomorfos se incluyen en las palinozonas de *Raistrickia densa-Convolutispora muriornata* (DM) (Serpukhoviano tardío–Moscoviano) incluyendo las subzonas (DMa, DMb y DMc) en la parte inferior y media de la secuencia, y la de *Pakhapites fusus-Vittatina subsaccata* (FS) (Ghzeliano?–Asseliano) en la parte superior de las secciones expuestas en las inmediaciones del río Diamante (García, 1990a, 1995, 1996; Vázquez, 2018; Vázquez *et al.*, 2020). Restringiendo la unidad al lapso Carbonífero superior–Pérmico inferior. Con respecto a trazas fósiles, los primeros registros han sido dados a conocer por Pazos *et al.* (2007) en la sección aflorante en el Cañón del Atuel, en la que reconocen bioturbaciones por locomoción de artrópodos (*Diplichnites* y *Diplopodichnus*) y moluscos (*Archaeonassa*) en la sección inferior, y trazas de pasichnia, repichnia y fodinichnia en la sección media.

En cuanto a invertebrados marinos, solamente se conocía, hasta la realización de esta tesis, una fáunula marina hallada por Dessanti (1945) en Arroyo del Imperial, hace ya más de medio siglo, y con la cual comenzaron los trabajos paleontológicos en esta unidad. Dicha fáunula actualmente es considerada perteneciente a la Biozona de *Tivertonia jachalensis-Streptorhynchus inaequiornatus* (Sabattini *et al.*, 1990). De esta manera, se pone en evidencia que desde el punto de vista paleontológico en los últimos años se ha avanzado, e incrementado, el conocimiento de las paleofloras, palinomorfos e inclusive trazas fósiles de la Formación El Imperial, mientras que su fauna de invertebrados marinos ha permanecido sin estudios de detalle desde hace más de 70 años. Por ende, este trabajo de tesis pretende revertir esta situación, brindando información que actualizará el esquema bioestratigráfico para la formación a la vez que precisará las correlaciones litoestratigráficas y relaciones paleobiogeográficas con otras áreas cercanas.

### **5.1.1. Nomenclatura de la Formación El Imperial**

Con respecto a la nomenclatura de esta unidad litoestratigráfica desde su denominación original por Dessanti (1956, 1945) como Sistema del Imperial, fue cambiando de nombre sucesivamente, tal como Grupo del Imperial adoptada por Dessanti & Caminos (1967); sin embargo no definieron localidad tipo y sección tipo (Pazos *et al.*, 2017). Posteriormente, Polanski (1970) se refiere a la misma como Serie Imperial. Criado Roque (1972) le da rango de formación y es así que se conoce como Formación del Imperial. Finalmente, González Díaz (1972) la menciona como Formación El Imperial y

la incluye dentro del Grupo Valle Grande Polanski, 1970 (Pazos *et al.*, 2017). La adecuación de la unidad litoestratigráfica a la nomenclatura del Código Argentino de Estratigrafía (CAE) (Comité Argentino de Estratigrafía, 1992), fue realizada por Pazos *et al.*, (2017), quienes designan como lectoestratotipo a la sección estratigráfica que aflora en Arroyo del Imperial (localidad tipo), además reconocen los dos miembros originales propuestos por Dessanti (1945). También proponen la sección que aflora en el Cañón del Atuel, como hipoestratotipo de la Formación El Imperial (FEI) (Pazos *et al.*, 2017).

### 5.1.2. Antecedentes paleontológicos

Dessanti (1945) halló fósiles de invertebrados marinos en la zona de Arroyo del Imperial, en la sección inferior de la unidad, constituidos esencialmente por braquiópodos y gastrópodos en mal estado de preservación, a los que denominó “Fauna de *Syringothyris*” y en base a la misma, dató la secuencia como carbonífera. Los braquiópodos fueron estudiados y determinados por el Dr. Feruglio (en Dessanti, 1945) (aunque sin descripciones e ilustraciones), quien los correlacionó con la fauna de la Formación Leoncito (Barreal, San Juan), más tarde incluida en la Biozona de *Levipustula* (Amos & Rolleri, 1965) y, en parte, también con la Fauna de *Marginovatia-Maemia* reconocida en la Formación Pituil (Sierra de Barreal) (Taboada, 1997). Los taxones determinados por Feruglio fueron cf. *Syringothyris keideli* (Harrington, en Keidel y Harrington, 1938), cf. *Spirifer (Cyrtospirifer) leoncitensis* (Harrington, en Keidel y Harrington, 1938), cf. *Spirifer* cf. *supramosquensis* Nikitin, además de otros géneros de braquiópodos inarticulados como *Orbiculoidea* y *Lingula*. Posteriormente, Amos (1957), realizó un examen más detallado del material fósil y reassignó cf. *Syringothyris keideli* a *Septosyringothyris keideli* (Harrington) y a *Syringothyris feruglioi* (Amos, 1957). Giudici (1971) realizó exploraciones en la Quebrada Río Seco de los Potrillos (cercana a la localidad tipo), y logró hallar nuevos restos fósiles de invertebrados (braquiópodos y gasterópodos), en un nivel correlacionable al de Dessanti (1945), cuya determinación taxonómica estuvo a cargo de la Dra. Castellaro (en Giudici, 1971), quien coincidió en gran parte con las determinaciones efectuadas por Feruglio. A la lista de taxones se sumaron *Kitakamithyris septata* (Chronic), *Beecheria patagonica* Amos, *Dielasma* cf. *D. itaitubense* Derby, Productidae gen. et sp. indet, y el gastrópodo Pleurotomariacea gen. et sp. indet., todos los taxones reconocidos son típicos de la Fauna de *Levipustula*; no obstante, el fósil guía *Levipustula levis* nunca fue hallado (Polanski, 1970; Pazos *et al.*,

2017). De esta manera Giudici (1971) brindó una antigüedad Carbonífero medio, para la secuencia.

Polanski (1970), sugirió tentativamente que la fauna marina de la Formación El Imperial debería ser más joven que la Fauna de *Levipustula*, proponiendo una antigüedad pennsylvaniana para la unidad, aunque sin la realización de trabajos taxonómicos de detalle, únicamente basándose en citas de autores como Leanza (1945), Amos (1964) y Giudici (1968, tesis inédita), que estudiaron la fauna. Espejo (1990) realizó un minucioso estudio sedimentológico en la Formación El Imperial. En el mismo corroboró la ocurrencia de una fauna más joven que la de *Levipustula*, a la vez que figuró algunos de sus elementos característicos (e.g., *Syringothyris feruglioi* y *Mourlonia* sp.?). También, puso de manifiesto otra localidad fosilífera, que fuera dada a conocer en Arrondo & Scalabrini Ortíz (1978), en inmediaciones de Quebrada de la Horqueta, al este del Puesto Pantanito.

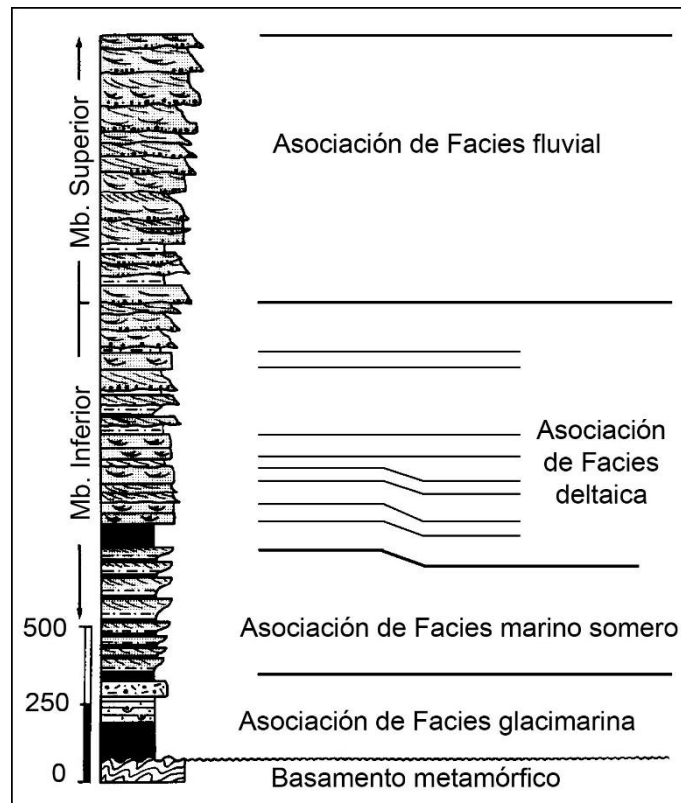
Finalmente, fueron Sabattini *et al.* (1990) quienes incluyeron los taxones citados y documentados de la FEI en la Biozona T-S, a la vez que la formalizaron, y de esta manera correlacionaron esta unidad con otras formaciones de cuencas cercanas, tales como, Formación Tupe (Cuenca Paganzo), formaciones Río del Peñón y Quebrada Larga (Subcuenca Río Blanco). Los taxones citados (tomados de las bases bibliográficas) e incluidos en la biozona, fueron *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza, *Neospirifer leoncitensis* (Harrington), *Beecheria patagonica* Amos, *Dielasma* cf. *D. itaitubense* y *Lingula* spp., mientras que los taxones revisados/corroborados por dichos autores fueron *Septosyringothyris keideli*, *Syringothyris feruglioi* y *Orbiculoidea* spp., depositados en la colección de invertebrados del Museo de La Plata (Sabattini *et al.*, 1990). Más recientemente, Pazos *et al.* (2017) dieron a conocer el hallazgo de restos rodados de braquiópodos en la localidad Cañón del Atuel, sin brindar detalles de la procedencia estratigráfica, ni de la composición sistemática, pero que estimaron parcialmente equivalentes a T-S.

## 5.2. MARCO GEOLÓGICO

La Formación El Imperial es una espesa secuencia sedimentaria o megasecuencia que registra el lapso Serpukhoviano medio–Cisuraliano temprano, antigüedad que fue establecida en base a la evidencia paleoflorística y palinológica (García, 1990b; Espejo, 1990; Vázquez, 2018). Litológicamente está constituida por areniscas, lutitas, limolitas, fangolitas y conglomerados, en orden decreciente de participación, y sus proporciones

difieren en distintos sectores, ya que las secuencias muestran variaciones faciales, tanto en sentido áreal como estratigráfico (Espejo, 1990). Desde el punto de vista estructural, esta secuencia se encuentra plegada y afectada por fallamientos, dificultándose de esta manera establecer sus verdaderas relaciones estratigráficas y complicando su interpretación (Dessanti, 1945; Espejo, 1990). La potencia de esta unidad litoestratigráfica varía según distintos autores, alcanzando los 2000 m (Giudici, 1971), 1650 m (Cabaleiro, 1986), 2350 m (Espejo, 1990) ó 2500 m (Espejo & López Gamundí, 1994) (Azcuy *et al.*, 1999). La megasecuencia está dividida en dos miembros nominados originalmente por Dessanti (1956) y Giudici (1971), como Miembro Inferior de origen marino y Miembro Superior de origen continental, el pasaje de uno a otro es mediante contacto erosivo, y se diferencian básicamente en sus características litológicas y cromáticas. El Miembro Inferior posee una tonalidad blanca-amarillenta de las areniscas cuarzosas, que contrasta con la tonalidad rojiza de las areniscas y pelitas del Miembro Superior (Espejo, 1990).

El Miembro Inferior es el de mayor desarrollo áreal en la comarca de la localidad tipo (Arroyo del Imperial), y su espesor estimado es de 1500 m (Giudici, 1971), mientras que en el Cañón del Atuel posee su registro estratigráfico más completo (Espejo, 1990). Según esta última autora, la localidad Arroyo del Imperial correspondería a la zona de depocentro de sedimentación en la cuenca, y la localidad Cañón del Atuel se habría ubicado en cercanías del borde. El Miembro Superior posee una potencia aproximada de 500 m, y apoya mediante contacto erosivo sobre el Miembro Inferior, el que también se relaciona por corrimientos en las cercanías del Río Diamante, siendo la litología dominante de areniscas y en menor proporción lutitas, limolitas y conglomerados. Las areniscas corresponden a wackes feldespáticas y areniscas feldespáticas (Giudici, 1971) (Fig. 21). Este miembro fue atribuido por Amos (1980) a una nueva unidad litoestratigráfica a la que denominó Formación Agua del Toro, conformada por sedimentitas continentales y cuya base era desconocida, y además carecía de restos fósiles. Sin embargo, Espejo (1990) reubica la Formación Agua del Toro al Miembro Superior de la Formación El Imperial, al realizar análisis detallados de la estructura, sedimentología y litología.

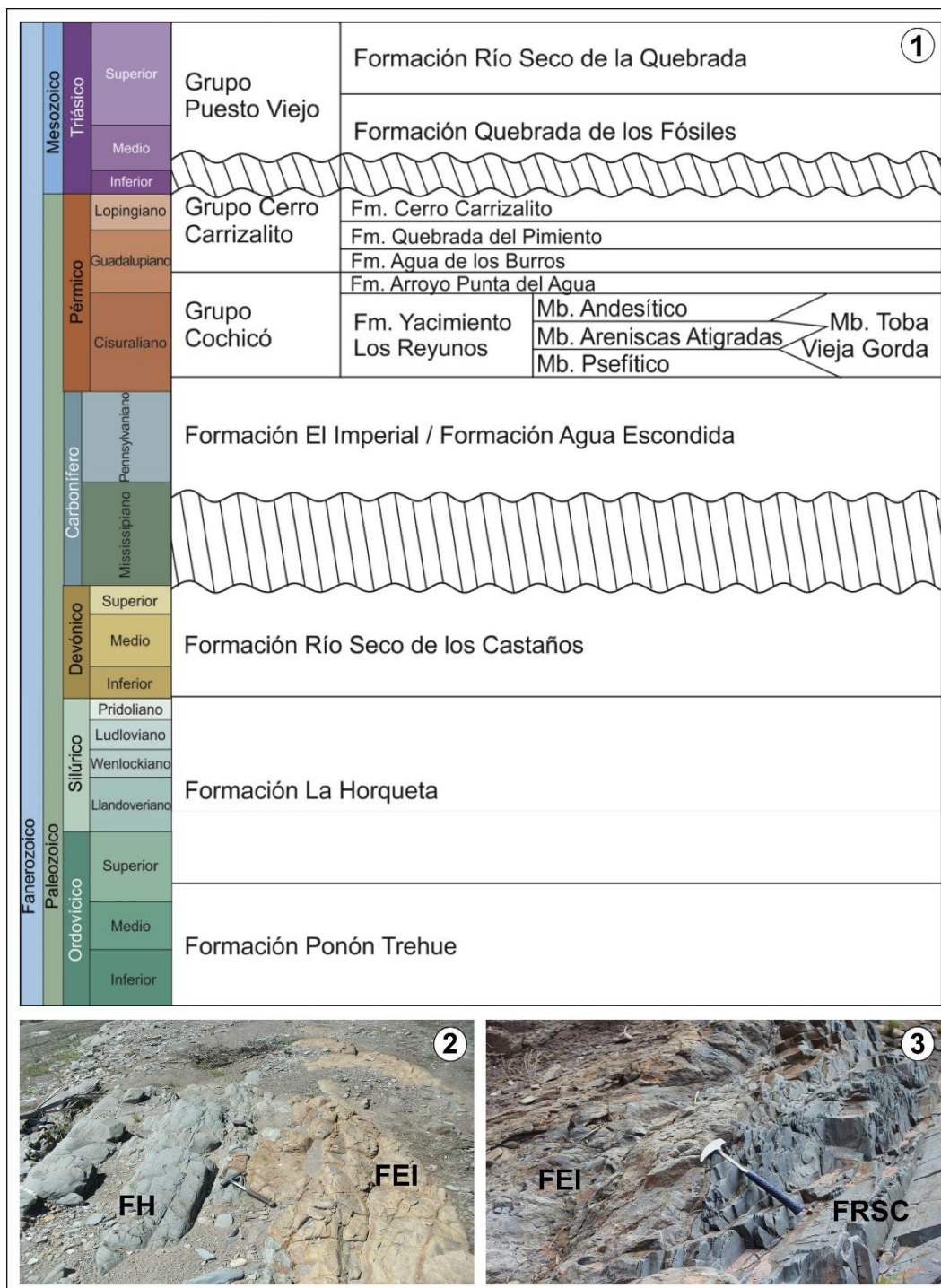


**Figura 21.** Columna estratigráfica esquemática general de la Formación El Imperial, mostrando el espesor aproximado del Miembro Inferior y Superior. Tomado y modificado de Espejo & López Gamundí (1994).

Con respecto a sus relaciones estratigráficas con otras formaciones reconocidas en las áreas de estudio (Fig. 22.1), en las localidades Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta (inmediaciones del río Diamante), la FEI suprayace a la Formación La Horqueta (Dessanti, 1956) de antigüedad estimada Silúrico–Devónico, mediante contacto tectónico (falla inversa) en la primera localidad, y por discordancia angular en la segunda (Taboada *et al.*, 2021a) (Fig. 22.2). Por otra parte, en la localidad Cañón del Atuel la FEI suprayace mediante discordancia angular a la Formación Río Seco de los Castaños (González Díaz, 1981) de antigüedad estimada devónica, cuya relación de discordancia es consecuencia de la Fase Diastrófica Chánica (Fig. 22.3) (Dessanti, 1945; Giudici, 1971; Espejo, 1990; Pazos *et al.*, 2017). La Formación Río Seco de los Castaños, está constituida por metasedimentitas de ambiente marino somero, aunque exhibe un grado menor de metamorfismo. En esta unidad se han documentado icnotaxones, rodados de calizas ordovícicas portando fósiles, y un ejemplar del cnidario del género *Pleurodictium* (Di Persia, 1969 *vide* Espejo, 1990). En base a estos hallazgos, González Díaz (1973) propuso una antigüedad devónica para estos estratos (Espejo, 1990).

Por otra parte, la FEI subyace a depósitos correspondientes al magmatismo del Choyoi, como los del Grupo Cochicó (Dessanti, 1945) que incluye a las formaciones; Yacimiento Los Reyunos (Rodríguez & Valdiviezo, 1974) y Arroyo Punta del Agua (Rodríguez & Valdiviezo, 1974). También por los depósitos del Grupo Cerro Carrizalito (González Díaz, 1973), que incluye a las formaciones Agua de los Burros (González Díaz, 1973), Quebrada del Pimiento (González Díaz, 1973) y Cerro Carrizalito (González Díaz, 1973). En ambas localidades el contacto es mediante discordancia angular (Espejo, 1990), y ésta habría sido originada por la Fase Diastrófica San Rafael, de antigüedad estimada cisuraliana (280 Ma) (Rocha Campos *et al.*, 2011 *fide* Pazos *et al.*, 2017). Esta fase diastrófica se evidencia, debido a que la Formación El Imperial está levemente plegada y afectada por movimientos verticales posteriores a su depositación (Dessanti, 1945; Kleiman & Japas, 2009 *fide* Pazos *et al.*, 2017).





**Figura 22. 1,** Ubicación de la Formación El Imperial con respecto a otras formaciones reconocidas en el área de estudio. Tomado de Vázquez, 2018. **2,** fotografía del contacto entre la Formación El Imperial (FEI) y la Formación La Horqueta (FH), en Quebrada de la Horqueta. **3,** fotografía del contacto entre la Formación El Imperial (FEI) y la Formación Río Seco de los Castaños (FRSC), en la Quebrada Aisol, Cañón del Atuel. Martillo geológico de escala.

### 5.3. ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA

La historia depositacional de la FEI, fue analizada por varios autores, entre los que se citan, Arias & Azcuy (1986), Espejo (1990), Espejo & López Gamundí (1994), Henry

*et al.* (2014), Pazos *et al.* (2017), Vázquez *et al.* (2020), entre otros. Espejo (1990) realizó perfiles estratigráficos tanto en el Cañón del Río Diamante como en el Cañón del Río Atuel, y propuso un modelo evolutivo de la cuenca caracterizado por tres episodios depositacionales o ciclos. En el primero la sucesión inicia con una transgresión marina de antigüedad carbonífera media y esta dominada por sedimentación glacimarina, representada por litologías como diamictitas, pelitas con dropstone y pelitas postglaciales. El segundo estadio se caracteriza por intervalos postglaciaros correspondientes a diversos paleoambientes marinos someros, con sedimentación fluvial y deltaica, representando paleoambientes continentales, marinos y mixtos, siendo este estadio el más ampliamente representado y distribuido en el área de estudio. Finalmente, el último estadio muestra la continentalización de la cuenca y reversión de la pendiente regional (Fig. 21) (Espejo, 1990; Taboada *et al.*, 2021a).

### **5.3.1. Secciones estratigráficas en las localidades de Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta**

En estas localidades, Espejo (1990) realizó un detallado estudio sedimentológico y estructuró un perfil integrado del Cañón del Río Diamante (en ambas márgenes). Las áreas estudiadas por la mencionada autora corresponden a las secciones que afloran en Arroyo del Imperial, que fuera estudiado por Dessanti (1945) (Fig. 17.2). Otra sección analizada se ubica entre la represa Agua del Toro y el parque de interconexión; otra al sur del Río Diamante, entre el Arroyo La Angostura y los alrededores del Puesto La Josefa, y la sección comprendida entre Quebrada de la Horqueta y Puesto la Vizcacha (Fig. 17.4). En este perfil integrado, define ocho asociaciones de facies (A–H), que documentan la historia depositacional de la cuenca. Las asociaciones de facies A–F corresponderían al Miembro Inferior, mientras que las G y H se corresponden con el Miembro Superior (Espejo, 1990).

Por otra parte, Vázquez *et al.* (2020) analizan la estratigrafía, sedimentología y paleontología (palinobotánica) de la localidad tipo Arroyo del Imperial, reconociendo ocho asociaciones de facies, y dos transgresiones marinas (facies B y G–F). Las asociaciones de palinofloras fueron referidas a la Zona DM, reconociéndose la Subzona DMa (Serpukhoviano tardío–Bashkiriano) en las asociaciones de facies A y B, y la Subzona DMb/c (Bashkiriano–Moscoviano) en las asociaciones de facies D–F. Además, la Zona FS (Ghzeliano?–Asseliano), fue identificada en la asociación de facies G (Fig. 23.1).

### 5.3.2. Sección estratigráfica en la localidad Cañón del Atuel

Esta localidad ha sido estudiada en detalle por Arias & Azcuy (1986), Espejo (1990), Henry *et al.* (2014) y Pazos *et al.* (2007, 2017), quienes realizaron perfiles estratigráficos, análisis sedimentológicos e interpretaciones paleoambientales. Espejo (1990) establece que la FEI, inicia con una sucesión de pelitas potentes y areniscas finas subordinadas que representan un evento transgresivo-regresivo. Las pelitas apoyan directamente sobre el plano de discordancia del basamento, y la sucesión correspondería a un ambiente de off-shore, en una zona de plataforma distal. Luego, sobreviene un cambio brusco e importante en las condiciones de sedimentación, se registran pelitas con dropstone, estructuras sinsedimentarias (slump), se incrementan las tasas de sedimentación producto de la acción glaciaria, y se depositan diamictitas no estratificadas. Le suceden delgados bancos de areniscas depositados por corrientes de turbidez; es en esta parte de la secuencia donde finalizaría el Miembro Inferior (*sensu* Espejo, 1990). Mientras que el Miembro Superior, iniciaría con la depositación de areniscas guijosas, medianas y finas, las cuales son interpretadas como depositadas en un ambiente de fan delta, libres de la influencia glaciaria, y la sedimentación habría sido mayormente fluvial y continental (Espejo, 1990). Henry *et al.* (2014) establecen que la sucesión inicial de pelitas y areniscas finas corresponderían a un ambiente marino restringido. Posteriormente las condiciones de sedimentación cambian y se registra influencia glaciaria, evidenciado por diamictitas estratificadas, pelitas con dropstone y areniscas masivas deformadas, finalizando en un ambiente marino abierto postglacial. Sin embargo, Pazos *et al.* (2017) señalan que la sedimentación tuvo lugar en un paleovalle, en una configuración topográfica similar a fiordos. Según estos autores la continentalización hacia el tope de la unidad sería inexistente, opinión apoyada por evidencia sedimentológica y paleontológica. En cercanías del techo de la unidad (*sensu* Pazos *et al.*, 2017) hallan escasos restos fósiles de invertebrados marinos no documentados anteriormente, además de bioturbaciones dadas a conocer en Pazos *et al.* (2007) (Fig. 23.2). En base a toda la evidencia recabada, nominan dos miembros para la sección estratigráfica del Cañón del Atuel; Miembro Glacigénico (el inferior) y Miembro Cabecera del Cañón (el superior). La separación en dos miembros está justificada por evidencias de cambios en las paleocorrientes, variaciones en la composición, y un conglomerado en la base del último miembro (Pazos *et al.*, 2017).

## 5.4. BIOESTRATIGRAFÍA

Actualmente, el contenido paleontológico de invertebrados marinos de la FEI está incluido mayormente dentro de la Biozona *Tivertonia jachalensis-Streptorhynchus inaequiornatus* (T-S). Sus elementos taxonómicos incluyen géneros de braquiópodos típicos del Reino Gondwánico (*e.g.*, *Streptorhynchus*, *Tivertonia*, *Coolkillela*, *Coronalosia*, *Pericospira*), como así también del Reino Boreal (*e.g.*, *Neochonetes*), y otros considerados cosmopolitas (*e.g.*, *Kochiproductus*, *Septosyringothyris*). Además, dicha fauna es la más generalizada en las cuencas del centro-oeste de Argentina (ver capítulo 3). Sin embargo, la inclusión en T-S fue realizada hace aproximadamente tres décadas, y sus elementos constitutivos no han sido revisados, a la luz de las nuevas reasignaciones taxonómicas de la fauna T-S (ver Cisterna & Archbold, 2007; Cisterna, 2011; Taboada, 2014, entre otros).

En base al esquema bioestratigráfico actual para las cuencas del centro-oeste de Argentina, propuesto por Azcuy *et al.* (2007), Taboada (2010, 2014), Césari *et al.* (2011) y Taboada *et al.* (2021a), la FEI se correlaciona bioestratigráficamente con otras unidades donde también ocurre la fauna T-S (ver Fig. 7). Sin embargo, como se mencionó anteriormente existen tres asociaciones faunísticas en las localidades analizadas, y cuya ubicación relativa en la columna estratigráfica, fue establecida originalmente por Dessanti (1945) y Giudici (1971) en Arroyo del Imperial, y por Arrondo & Scalabrini Ortíz (1978) y García (1990b), para Quebrada de la Horqueta, y corroborada por Espejo (1990) (Fig. 23.1). Por otro lado, Pazos *et al.* (2017), documentaron nueva evidencia paleontológica cercana al techo del Miembro Cabecera del Cañón en la sección de la localidad Cañón del Atuel (*sensu* Pazos *et al.*, 2017) (Fig. 23.2). Sin embargo, este nivel fosilífero aún no tiene definida su relación con las secuencias estratigráficas que afloran en Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta.

## 5.5. RESULTADOS: PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

### 5.5.1. Sección estratigráfica de Arroyo del Imperial

En la sección estratigráfica que aflora en la localidad Arroyo del Imperial (Fig. 17.2), específicamente en la margen izquierda de la quebrada del tributario Río Seco de los Potrillos, se determinaron los siguientes taxones de braquiópodos: *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza, 1945; *Saltospirifer guevarai* Cisterna & Archbold, 2007; *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) cf. *feruglioi* (Amos, 1957); *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) cf. *jaguelensis* Lech, 1986; *Buxtonia* cf. *riojana* (Leanza, 1948), y

*Pericospira* cf. *sanjuanensis* (Lech & Aceñolaza, 1990) (Fig.23.1). Las determinaciones taxonómicas de los braquiópodos se tratan en el Capítulo 10.

Otros taxones corresponden a braquiópodos Discinidae y gastrópodos y bivalvos. El nivel fosilífero se ubica en la sección inferior del Miembro Inferior de la Formación El Imperial (Fig. 17.3).

### **5.5.2. Sección estratigráfica de Quebrada de la Horqueta**

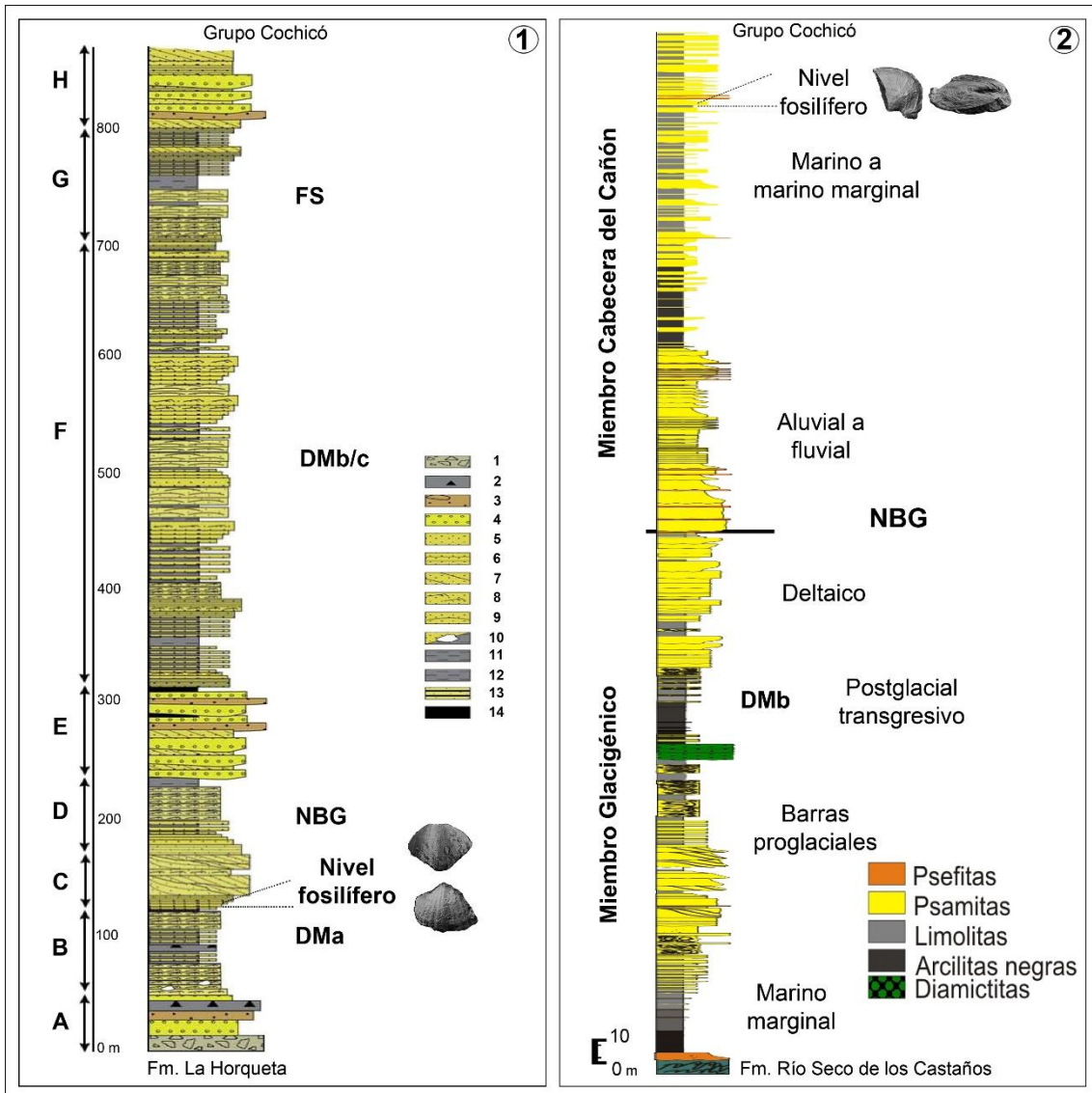
En la sección estratigráfica que aflora en la Quebrada de la Horqueta (Fig. 17.4), en el curso medio del Arroyo de La Horqueta, se determinaron los siguientes taxones de braquiópodos: *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza, 1945; *Saltospirifer guevarai* Cisterna & Archbold, 2007; *Septosyringothyris (Precosyringothyris)* cf. *feruglioi* (Amos, 1957); *Septosyringothyris (Precosyringothyris)* cf. *jaguelensis* Lech, 1986; *Buxtonia* cf. *riojana* (Leanza, 1948); *Pericospira* cf. *sanjuanensis* (Lech & Aceñolaza, 1990) y *Spiriferellina?* sp. 2. El nivel fosilífero se ubica en la sección inferior del Miembro Inferior de la Formación El Imperial. Las determinaciones taxonómicas de los braquiópodos se tratan en el Capítulo 10.

Componen la asociación faunística otros elementos paleontológicos tales como, braquiópodos Discinidae y gastrópodos y bivalvos. El nivel fosilífero se ubica en la sección inferior del Miembro Inferior de la Formación El Imperial (Fig. 17.5).

### **5.5.3. Sección estratigráfica del Cañón del Atuel**

En la sección estratigráfica que aflora en el Cañón del Atuel (Fig. 17.6), se determinaron los siguientes taxones de braquiópodos: *Coolkilella aredesi* Taboada, 2014; *Calytrixia piersoni* Taboada, 2014; *Argentiella stappenbecki* Archbold, Cisterna & Sterren, 2005; *Orbiculoidea saltensis* Reed, 1927; *Oehlertella annae* (Feruglio, 1933); *Costatumulus* sp. y *Septosyringothyris?* sp. (Fig. 23.1). Las determinaciones taxonómicas de los braquiópodos se tratan en el Capítulo 10.

Respecto a otros invertebrados presentes en el nivel fosilífero (Fig. 17.7) se determinaron preliminarmente los bivalvos: *Sanguinolites* sp.; *Pleurophorella?* sp.; *Stuchburia* sp.; *Posidoniella?* sp. El resto de los invertebrados fueron identificados a niveles supragenéricos, estando presentes gastrópodos, cefalópodos y conuláridos. Cabe destacar que la fauna de invertebrados estaba asociada a restos de vertebrados; se hallaron escamas de peces, y fragmentos de restos óseos indeterminados. También se documentaron fragmentos de plantas, tales como, tallos (Fig. 24).



**Figura 23. 1,** Perfil estratigráfico de la localidad Arroyo del Imperial, mostrando el nivel fosilífero hallado en este trabajo y su relación con otras asociaciones fósiles reconocidas (DM, FS y NBG). 1, diamictitas. 2, diamictitas estratificadas. 3, conglomerados. 4, areniscas guijarrosas, 5, areniscas masivas, 6, areniscas con laminación horizontal. 7, areniscas entrecruzadas. 8, areniscas con laminación cruzada ondulada. 9, areniscas con estructura hummocky. 10, areniscas y pelitas con dropstones. 11, fangolitas. 12, pelitas. 13, pelitas y areniscas de grano fino. 14, pelitas carbonosas. Tomado y modificado de Vázquez *et al.* (2020). **2,** Perfil estratigráfico de la localidad Cañón del Atuel, mostrando la ubicación del nivel fosilífero y su relación con otras asociaciones reconocidas (DMb y NBG). Tomado y modificado de Pazos *et al.* (2007, 2017).



**Figura 24.** 1, Restos de plantas indet?. 2, *Sanguinolites* sp. 3–4, escamas indet. 5, Conulárido indet. 6, Gastropodo indet. Escala 10 mm.

## 5.6. DISCUSIÓN

En base al estudio taxonómico realizado en las faunas de la Formación El Imperial, se corrobora que las mismas estarían incluidas en la Biozona de *Tivertonia jachalensis*-*Streptorhynchus inaequiornatus*. Esta biozona de asociación hasta el momento no posee bien definido sus límites, particularmente el límite superior (Sabattini *et al.*, 1990; Taboada, 2014). Por otra parte, las asociaciones faunísticas reconocidas en este trabajo de tesis muestran diferencias en su composición taxonómica de acuerdo a las localidades estudiadas.

### 5.6.1. Faunas de Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta, definición de la Biozona de *Saltospirifer guevarai*-*Pericospira sanjuanensis*

El análisis del material fósil en las localidades Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta, en inmediaciones del Río Diamante evidencia la misma composición taxonómica de braquiópodos: *Streptorhynchus inaequiornatus*, *Saltospirifer guevarai*,

*Septosyringothyris (Precosyringothyris) cf. feruglioi*, *S. (P.) cf. jaguelensis*, *Buxtonia cf. riojana*, *Pericospira cf. sanjuanensis*. La única diferencia entre ambas localidades son los escasos especímenes de *Spiriferellina?* sp. 2, hallados únicamente en Quebrada de la Horqueta. Tal similitud entre ambos niveles fosilíferos permiten asimilarlos a un único conjunto faunístico, el cual estaría vinculado con la Fauna T-S, ampliamente reconocida en las cuencas del centro-oeste de Argentina, y cuya ocurrencia en la localidades arriba mencionadas, fue puesta de manifiesto en los trabajos de Arias & Azcuy (1986), Sabbattini *et al.* (1990), Espejo (1990), entre otros, y ratificada en el presente trabajo de tesis.

La ocurrencia del taxón guía *S. inaequiornatus* genera el vínculo y la inclusión en T-S. Sin embargo, y en base al conocimiento de la distribución geográfica y estratigráfica de los distintos elementos de la Fauna T-S, en las distintas cuencas del centro-oeste argentino (ver Tabla 2), la asociación faunística de las localidades estudiadas, podría ser parcialmente correlacionable con la reconocida en el primer nivel fosilífero de la Formación Río del Peñón (Subcuenca Río Blanco) (T-S AI), registrada por Cisterna & Simanaukas (2000). Dicho nivel fosilífero, se halla en el tercio superior del Miembro Inferior de la unidad litoestratigráfica, junto con la paleoflora NBG (Cisterna & Simanaukas, 2000). Los elementos fósiles en común son: *Pericospira (=Trigonotreta sensu Cisterna & Simanaukas, 2000)*, *Streptorhynchus?* sp., y *Spiriferellina* sp.

Taxones afines a los determinados en el presente estudio son documentados por Cisterna *et al.* (2002b) en el primer horizonte fosilífero la Formación Tupe, en Quebrada de la Herradura. Dichos taxones son: *Kochiproductus* sp., y *Pericospira pericoensis*. Se ubican por debajo del nivel fosilífero considerado por Cisterna *et al.* (2002b) y Sabbattini *et al.* (1990) como la fauna de T-S *sensu stricto*.

Por otra parte, en los niveles fosilíferos inferiores de la Formación Del Salto, Cisterna & Archbold (2007), documentan una asociación faunística dominada por las especies *Saltospirifer guevarai (=S. guevarii, sensu Cisterna & Archbold, 2007)* y *Pericospira sanjuanensis*. También presentes en los niveles estudiados, de la FEI.

Es decir, existe un conjunto de taxones que indicarían la transgresión marina con el inicio de la Fauna T-S en las cuencas del centro-oeste de Argentina, (*e.g.*, Cuencas San Rafael y Uspallata-Iglesia): *Pericospira sanjuanensis*, *Saltospirifer guevarai*, *Streptorhynchus inaequiornatus*, *Septosyringothyris (Precosyringothyris) feruglioi*, *Buxtonia riojana* y *Spiriferellina?* sp. 2. Dichos taxones caracterizan una nueva asociación faunística, que fuera reconocida y definida (informalmente) por Taboada *et al.* (2021a), como pTS (pre *Tivertonia-Streptorhynchus*) y sería más antigua que T-S *sensu*



*stricto*. Los mencionados autores sustentaron esta hipótesis mediante un Cluster analysis, utilizando 18 especies nominadas, de 13 horizontes fosilíferos reconocidos en las cuencas del centro-oeste argentino. Demostrando que los taxones mencionados caracterizan los niveles inferiores de las unidades donde ocurren (*i.e.*, formaciones Río del Peñón, Del Salto y El Imperial).

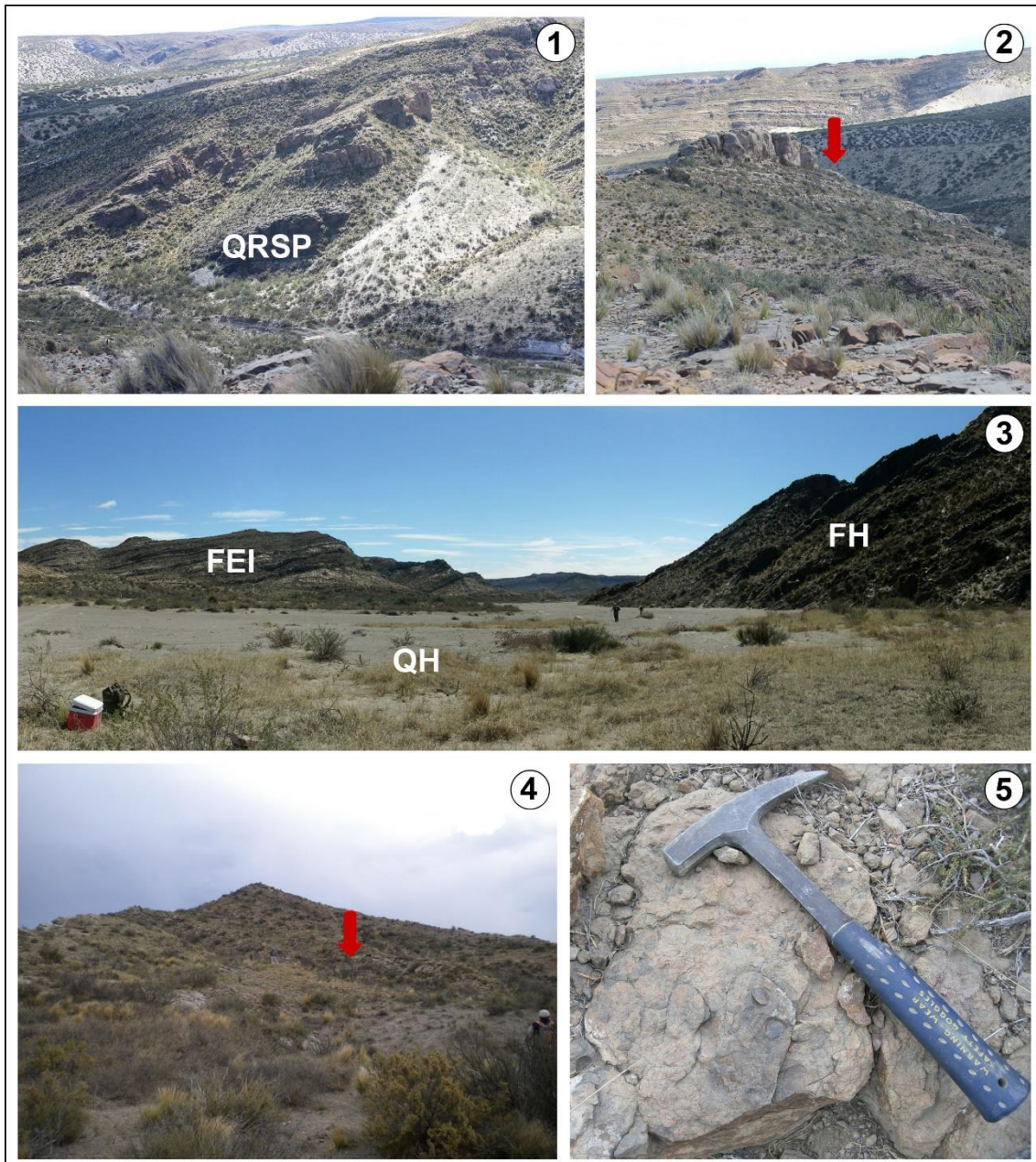
En este trabajo de tesis se propone a las especies *Saltospirifer guevarai* y *Pericospira sanjuanensis*, como elementos guía para nominar esta nueva entidad bioestratigráfica a la que se propone nombrar como Biozona de intervalo de *Saltospirifer guevarai-Pericospira sanjuanensis* (S-P), siendo *Saltospirifer guevarai* el taxón con su rango limitado a esta nueva biozona propuesta (Bashkiriano tardío–Moscoviano). Las especies citadas arriba son elementos conspicuos que caracterizan los niveles fosilíferos anteriormente citados, además son los elementos dominantes en las asociaciones faunísticas (Pardo *et al.*, 2023). En este contexto, *S. inaequiornatus* sería un elemento común entre S-P y T-S, por lo que se ve reducida su precisión bioestratigráfica. *B. riojana*, *S. (P.) feruglioi* y *S. (P.) jaguelensis*, poseen la misma condición. La sección estratigráfica de la localidad Quebrada de la Horqueta es propuesta como estratotipo de esta nueva unidad bioestratigráfica (Pardo *et al.*, 2023).

### **5.6.2. Ubicación estratigráfica y resolución bioestratigráfica de la Biozona de *Saltospirifer guevarai-Pericospira sanjuanensis***

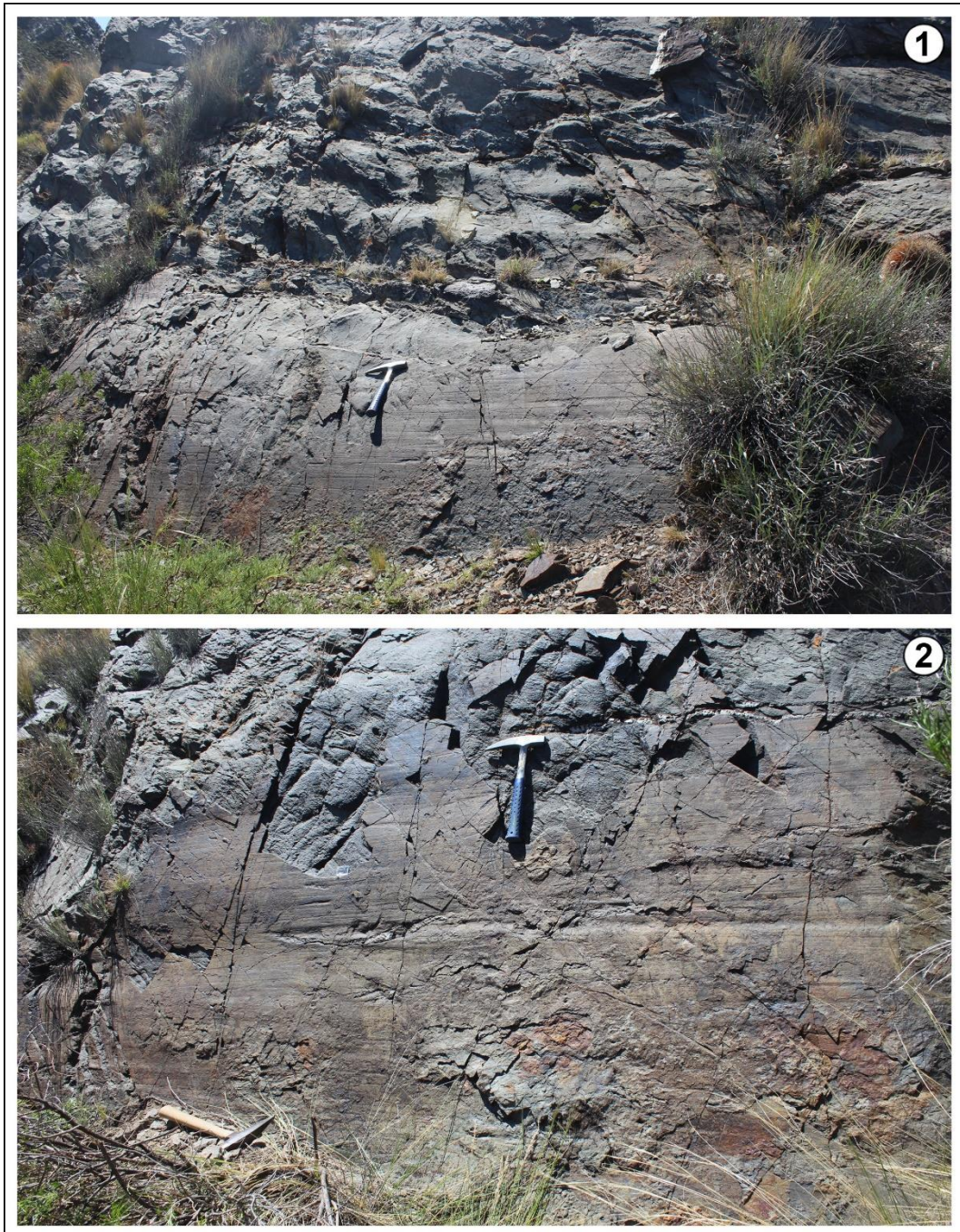
Las faunas de la Formación El Imperial en las localidades Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta, se hallan en el Miembro Inferior como fuera señalado por Espejo (1990). La fauna de Arroyo del Imperial (S-P) se recuperó de niveles de areniscas blancas gruesas y conglomerados, que se encuentra por encima del nivel glacimarino basal, distante aproximadamente 130 m estratigráficos del contacto, por falla, con el basamento metamórfico (Dessanti, 1945; Giudici, 1971; Espejo, 1990; Vázquez *et al.*, 2020) (Figs. 25.1–2). Este horizonte fosilífero se ubica, donde se reconoce la asociación de facies C del perfil de Espejo (1990), que coincide también con el de Vázquez *et al.* (2020), justo por encima del nivel de pelitas sin dropstone del tope de la asociación de facies B, que representa el evento transgresivo postglacial (Fig. 23.1).

Por otro lado, la Fauna S-P de la localidad Quebrada de la Horqueta (Fig. 25.3), se halló en areniscas marrones bien consolidadas, en asociación con restos de hojas de *Cordaites* sp., junto con semillas de *Samaropsis* sp., y *Cordaicarpus* sp., atribuidos a la Flora NBG (García, 1990c) (Fig. 24.4–5). Dicho nivel fosilífero fue puesto de manifiesto

por Arrondo & Scalabrini Ortíz (1978) y García (1990c), y dentro de la columna estratigráfica estaría ubicado levemente por encima del nivel fosilífero de Arroyo del Imperial, específicamente en la asociación de facies D del perfil de Espejo (1990). Además, cabe mencionar que se hallaron restos fósiles indeterminables en niveles pelíticos intercalados con las areniscas, hallazgo que no había sido documentado hasta el momento. La relación de este nivel fosilífero respecto de la base de la FEI, no fue explicitada por García (1990c), sin embargo, el contacto aflora aproximadamente 8 km río abajo en la quebrada, y corresponde a un nivel glacimarino (diamictitas) en discordancia angular con el basamento metamórfico (Formación La Horqueta) (Fig. 22.2). También se reconocieron evidencias glaciarias no documentadas anteriormente, tales como pavimentos estriados (Fig. 26).



**Figura 25.** 1, vista general a los afloramientos de la FEI en la localidad Arroyo del Imperial, específicamente en la Quebrada del Río Seco de los Potrillos (QRSP). 2, sección estratigráfica con el nivel fosilífero (flecha roja). 3, Vista general a los afloramientos de la FEI, en la localidad Quebrada de la Horqueta (QH), a la izquierda la Formación el Imperial (FEI) y a la derecha la Formación La Horqueta (FH). 4, sección con el nivel fosilífero (flecha roja). 5, detalle de las areniscas portadoras de fósiles, en la localidad Quebrada de la Horqueta.



**Figura 26. 1,** fotografía de un pavimento estriado en la Formación La Horqueta, justo por debajo del paquete de diamictitas de la base de la Formación El Imperial. **2,** Fotografía de detalle de las estrías en la superficie del pavimento. Martillo geológico de escala.

### **5.6.3. Reconocimiento de la fauna del Cañón del Atuel y afinidades**

La asociación faunística reconocida en la localidad Cañón de Atuel, no guarda relación alguna con la fauna reconocida en Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta, debido a que en su composición taxonómica ocurren otros elementos paleontológicos, totalmente novedosos para esta unidad (*e.g.*, linoprodúctidos). Además,

asociados a esta fauna de invertebrados bentónicos, se hallaron restos de peces indeterminables (Fig. 24.3–4). Braquiópodos tales como, *Coolkilella aredesi* y *Calytrixia piersoni*, han sido registrados en otras formaciones de cuencas cercanas y estarían incluidos en la Fauna T-S, en la cual también se han reportado restos de peces asociados a la misma (Taboada, 2014, ver referencias ahí). El hecho de no hallar los fósiles guía de T-S podría estar sugiriendo que la asociación faunística hallada en esta sección, podría ser levemente más joven que T-S *sensu stricto* (Sabattini *et al.*, 1990).

Al analizar individualmente la composición taxonómica de esta fauna, se deduce que los linoprodúctidos podrían ser clave para resolver esta incognita. Por un lado, *C. aredesi* (= *Costatumulus* sp. C Cisterna & Simanaukas, 2000), ocurre en los niveles superiores de la Formación Del Salto, y se registra en el último nivel fosilífero de la Formación Río del Peñón (Fig. 7). También ocurre en un nivel fosilífero cerca del techo de la Formación Agua del Jagüel, Nivel fosilífero ZF 5 de Lech (2002), junto con *S. inaequioratus* y *Septosyringothyris (Precosyringothyris) jaguelensis* siendo estos taxones quizás los últimos en ocurrir en dicha fauna (Taboada, 2014). Por otra parte, *C. piersoni* también había sido asignada a *Costatumulus* sp. B, por Cisterna & Simanaukas (2000) y Lech (1990). Dicha especie se registra en los últimos niveles fosilíferos de la Formación Agua del Jagüel, y posiblemente también en la Formación Río del Peñón (Cisterna & Simanaukas, 2000).

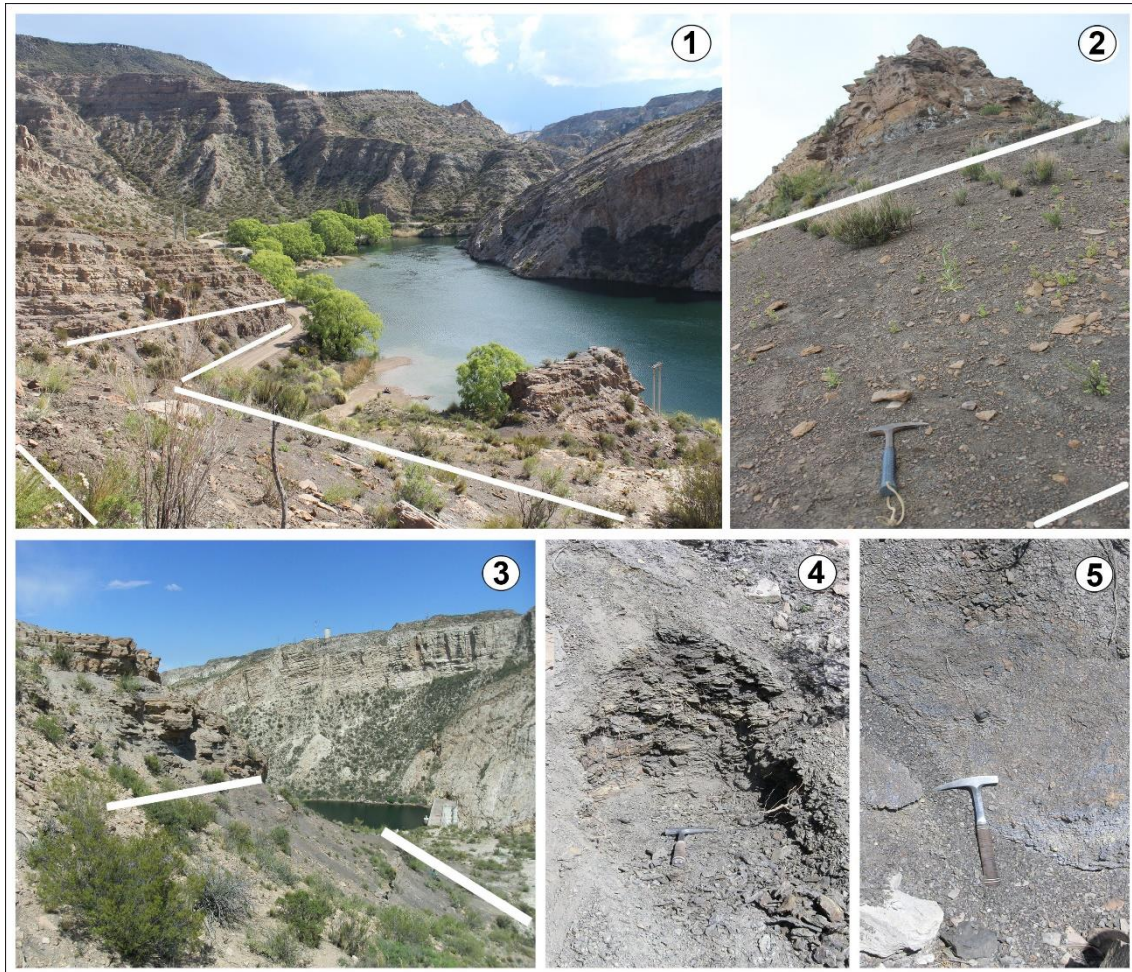
De esta forma *C. aredesi* y *C. piersoni* en conjunto, podrían ser claves para la interpretación bioestratigráfica de la secuencia del Cañón del Atuel, ya que si estos elementos paleontológicos ocurren en los últimos niveles fosilíferos en otras unidades litoestratigráficas correlacionables a la Formación El Imperial, quizás podrían indicar una posición estratigráfica más alta para la fauna del Cañón del Atuel con respecto a la fauna de Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta.

#### **5.6.4. Ubicación estratigráfica y resolución bioestratigráfica**

El nivel fosilífero donde se halló la Fauna T-S en el Cañón del Atuel, consiste en un intervalo de pelitas grises oscuras de aproximadamente 7 m de potencia, portando pequeñas areniscas lenticulares y concreciones subesferoidales, frecuentemente fosilíferas, ubicado en la sección superior del Miembro Cabecera del Cañón (*sensu* Pazos *et al.*, 2017) (Fig. 23. 2). Este nivel podría ser equivalente a la facies x del perfil de Espejo (1990) en el Cañón del Atuel. Dicho nivel suprayace a estratos con restos de plantas fósiles (facies VIII y IX, *sensu* Espejo, 1990), tales como, *Botrychiopsis weissiana*

(Kurtz) Archangelsky & Arrondo, *Diplothemema bodebenderi* (Kurtz) Césari, *Cordaites riojanus* Archangelsky & Leguizamon, y *Paracalamites australis* Rigby (Césari & García, 1988) taxones atribuibles a la Zona NBG. Por otra parte, el nivel fosilífero subyace a un intervalo de 50 metros de espesor de areniscas blancas y conglomerados con lentes carbonáticos del tope de la secuencia (=intervalo de facies VIII/ sistemas fluviales de moderada a baja sinuosidad, *sensu* Espejo, 1990). En base a la evidencia recabada, y la relación que guardan las faunas S-P y T-S con respecto a la paleoflora NBG, puede concluirse que la fauna T-S del Cañón del Atuel se encuentra estratigráficamente por encima de la Fauna S-P de las localidades Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta (Fig. 28).

Por otro lado, la Fauna T-S está indicando una transgresión marina distinta a la que permitió el desarrollo de la Fauna S-P. Vázquez *et al.* (2020) documentan dos transgresiones marinas hacia el tope del perfil de Arroyo del Imperial, en las asociaciones de facies F y G, y establecen que serían las últimas en ocurrir en la Formación El Imperial (Fig. 23.1). Así mismo, podrían corresponder a las registradas por Pazos *et al.* (2017), para la parte media y superior, respectivamente, en el Miembro Cabecera de Cañón (Vázquez *et al.*, 2020). Puntualmente la base de la asociación de facies F se ubica a 350 m estratigráficos de la base de la FEI, en la localidad tipo, y podría llegar a corresponder al nivel fosilífero hallado en el Cañón del Atuel, debido a que se encuentra por encima de la asociación de facies E que se caracteriza por presentar restos de plantas atribuibles a la flora NBG y además la Zona DMb también está presente (Vázquez *et al.*, 2020; Taboada *et al.*, 2021a). Por otra parte, en la asociación de facies F se incrementa la diversidad de polen taeniado y se registra *Laevigatosporites vulgaris* (Ibrahim), el cual indicaría el inicio de la Zona DMc. De esta manera en un corto intervalo estratigráfico (de aproximadamente 100 m de espesor), se registra una sucesión que contiene la flora NBG, la Zona DMb/c y posteriormente la Fauna T-S, lo que permitiría interpretar una condición de transgresión coetánea en Arroyo del Imperial y en el Cañón del Atuel (Taboada *et al.*, 2021a) (Fig. 28), si bien la Fauna T-S en la asociación de facies F del Arroyo del Imperial, no ha sido corroborada en este trabajo.



**Figura 27.** 1, vista general al nivel fosilífero en la sección del cañon de Atuel, resaltando el nivel fosilífero (barras blancas). 2–3, detalle del nivel fosilífero (entre barras blancas). 4, detalle de la litología del nivel fosilífero. 5, concreción in situ en el horizonte fosilífero.

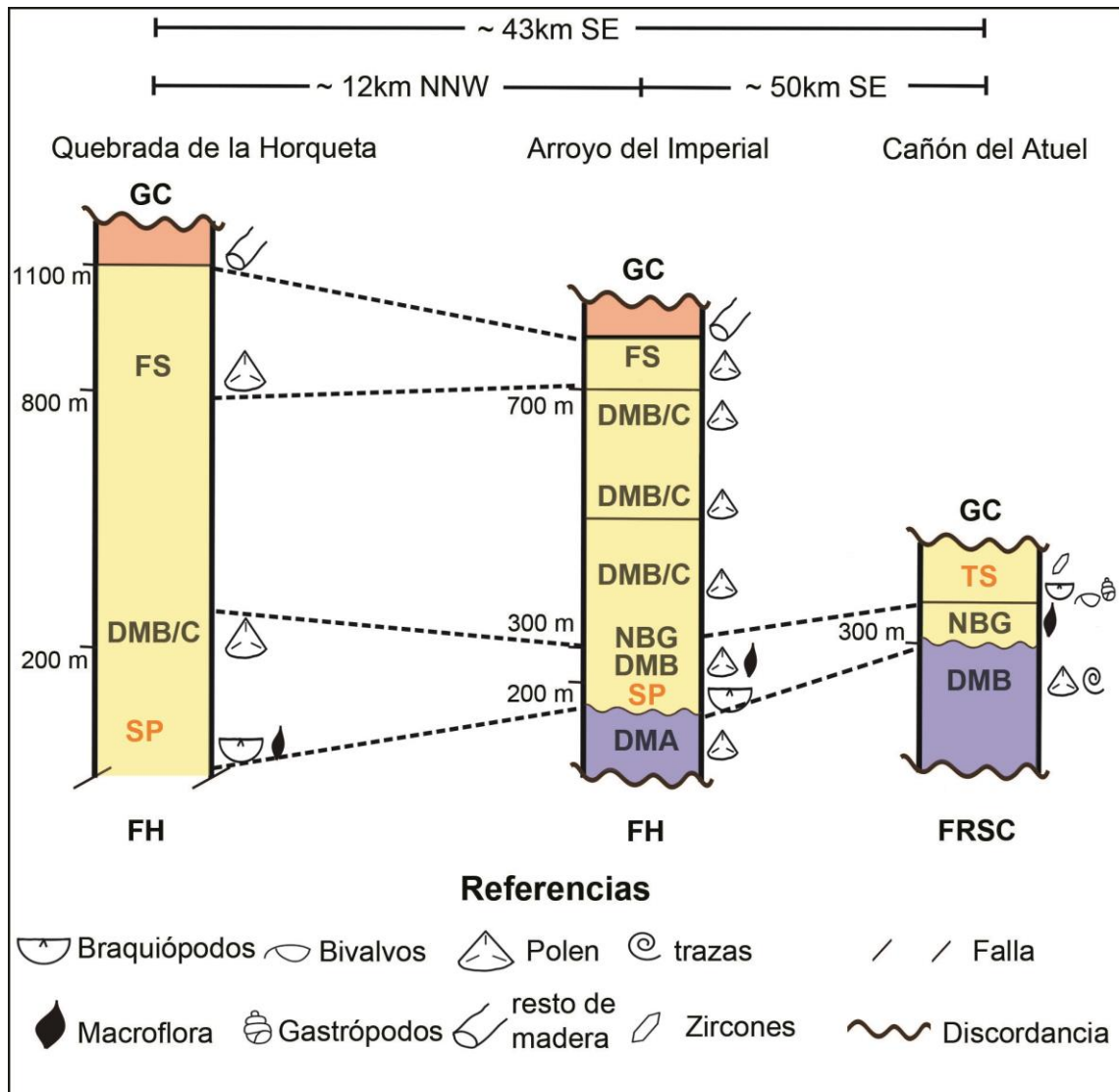
### 5.6.5. Edades relativas de las faunas y correlaciones

La antigüedad relativa de la Fauna S-P puede establecerse en base a los datos bio-cronológicos disponibles ofrecidos por las paleofloras y los palinomorfos. Recientemente, Vázquez *et al.* (2020) estructuraron un perfil de la Formación El Imperial, en la localidad Arroyo del Imperial, reconociendo la asociación palinológica I en las asociaciones de facies A y B, que representan el evento glacial y postglacial, ubicadas inmediatamente por debajo de la asociación de facies C que contiene al nivel fosilífero de Arroyo del Imperial, y posiblemente también al de Quebrada de la Horqueta. Los palinomorfos identificados mostraron una dominancia de esporas junto con granos de polen monosacado, lo cual permite atribuirlo a la Subzona DMa (Césari & Gutiérrez, 2001) de antigüedad Serpukhoviano tardío–Bashkiriano temprano, con su límite superior en aproximadamente 319 Ma (Gulbranson *et al.*, 2010; Césari *et al.*, 2011). Por otro lado,

y ascendiendo en la columna estratigráfica, Vázquez *et al.* (2020) registran en la asociación de facies D la aparición de la asociación palinológica II que contiene polen taeniado (*e.g.*, *Protohaploxipinus amplus*) y con ello la ocurrencia de la Subzona DMb la cual es referida al Bashkiriano tardío, con su límite superior restringido a una antigüedad de aproximadamente 315 Ma (Césari *et al.*, 2011). Consecuentemente la antigüedad de la Fauna S-P de la FEI, no sería más antigua que el Bashkiriano temprano, y no más joven que el Bashkiriano tardío, su antigüedad estaría comprendida en el Bashkiriano tardío temprano (*sensu* Taboada *et al.*, 2021a), debido a su posición estratigráfica en los perfiles de Espejo (1990) y Vázquez *et al.* (2020) (Figs. 23 y 28). La ocurrencia de S-P en el nivel fosilífero de Quebrada de la Horqueta junto con restos de Flora NBG (García, 1990c) refuerzan una antigüedad bashkiriana tardía para las faunas en dichas localidades (Fig. 28). De esta forma, debe modificarse la antigüedad de la Fauna de *Marginovatia-Maemia* (M-M) la cual sería más antigua aún, pudiendo considerarla de antigüedad Bashkiriano tardío más temprano (Taboada *et al.*, 2021a) (Fig. 7).

Con respecto a la antigüedad de la fauna del Cañón del Atuel, podría estar definida por su ubicación relativa en la columna estratigráfica (facies X de Espejo, 1990), debido a que ocurre por encima del nivel con la flora NBG (facies IX), cuyo límite superior estaría restringido al Bashkiriano tardío (Césari *et al.*, 2011). El horizonte marino donde ocurre T-S posiblemente podría ser coetáneo a la asociación de facies F, del perfil de Vázquez *et al.* (2020) para la localidad Arroyo del Imperial, en el cual documentan la segunda transgresión marina en la Cuenca San Rafael (Fig. 23.1). La misma subyace a la asociación de facies G, que documenta la última transgresión marina y elementos palinológicos (*e.g.*, polen taeniado) con taxones de esporas considerados clave, como *Converrucosisporites confluens* (Archangelsky & Gamero), con un rango desde los 302 Ma, y que estaría indicando el comienzo de la Zona de *Pakhapites fusus-Vittatina subsaccata* (FS), de antigüedad estimada Ghzeliano?–Asseliano (Césari *et al.*, 2011). De esta manera la Fauna T-S del Cañón del Atuel comprendería una antigüedad aproximada moscoviana, tal como, la Fauna T-S *sensu stricto* en las formaciones Tupe y Río del Peñón (Gulbranson *et al.*, 2010; Césari *et al.*, 2011; Taboada, 2014). Sin embargo, cabe aclarar que la asociación de facies G, no está documentada en el registro estratigráfico de la sección del Cañón de Atuel (Taboada *et al.*, 2021a).





**Figura 28.** Correlación de las secciones estratigráficas en las distintas localidades de la Formación El Imperial, en base a su contenido paleontológico. Columna azul, relleno transgresivo inicial dominado por sedimentación glacimarina. Columna amarilla, depósitos deltaico-fluviales y de ambientes marinos someros. Columna naranja, continentalización de la cuenca. Línea punteada, eventos transgresivos equivalentes. **SP:** fauna de *Saltospirifer-Pericospira*, **TS:** fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus*, **NBG:** flora de *Nothorhacopteris-Botrychiopsis-Gyngophyllum*, **DMA:** Subzona A de *Raistrickia-Convolutispora*, **DMB/C:** Subzona B/C de *Raistrickia-Convolutispora*, **FS:** Zona de *Pakhapites-Vittatina*, **FH:** Formación La Horqueta, **FRSC:** Formación Río Seco de los Castaños, **GC:** Grupo Cochicó. Tomado de Taboada *et al.* (2021).

## 5.7. CONCLUSIONES

En base al estudio y análisis del contenido fosilífero de braquiópodos de la Formación El Imperial, se desprenden las siguientes conclusiones:

- 1- Se reconocen dos asociaciones faunísticas para la FEI, sustentadas en su diferente composición taxonómica.

- 2- Sobre la base de la composición taxonómica se reconoce una nueva asociación faunística de antigüedad intermedia entre *Marginovatia-Maemia* y *Tivertonia-Streptorhynchus*, para las localidades de Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta.
- 3- Se propone la denominación de Biozona de *Saltospirifer guevarai-Pericospira sanjuanensis* para la asociación registrada en las localidades de Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta.
- 4- Se reconoce por primera vez la Fauna *Tivertonia-Streptorhynchus* para la localidad Cañón del Atuel, mostrando una conspicua diversidad y abundancia.
- 5- Se restringe la distribución de la Fauna *Tivertonia-Streptorhynchus* al Cañón del Atuel.
- 6- Se precisa la ubicación geográfica y estratigráfica del nivel fosilífero de la localidad Cañón del Atuel, permitiendo una nueva interpretación estratigráfica del perfil aflorante en la localidad homonima.
- 7- De acuerdo al análisis taxonómico de las faunas, análisis estratigráfico y relaciones con los niveles portadores de paleofloras y palinomorfos se ajusta la edad de la Fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus* en la localidad Cañón del Atuel al Moscoviano; mientras se ajusta a una edad Bashkiriana tardía temprana a la Fauna *Saltospirifer-Pericospira* en las localidades Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta.
- 8- Estratigráficamente ambas faunas se encuentran en el Miembro Inferior de la FEI.
- 9- Se reconoce la presencia de nuevos taxones para el área: *Calytrixia piersoni*, *Coolkilella aredesi*, *Saltospirifer guevarai*, *Pericospira sanjuanensis*.
- 10- Se discute la reasignación de *Buxtonia riojana* y *Syringothyris feruglioi* siendo necesarios estudios más profundos y nuevo material para poder sustentar las mismas.

## CAPÍTULO 6. FORMACIÓN CERRO AGUA NEGRA

### 6.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La Formación Cerro Agua Negra (Polanski, 1970) (FCAN) es una unidad sedimentaria del Paleozoico superior, ubicada en la unidad morfoestructural de la Cordillera Frontal (Groeber, 1938) de la provincia de San Juan, y documenta el lapso Pennsylvaniano–Cisuraliano. La sedimentación en esta unidad fue principalmente marina, aunque se han registrado interrupciones importantes, documentadas en las secciones media a superior (Azcuay *et al.*, 1987). Su espesor es superior a los 1000 m (incluso más de 1800 m en la Quebrada de Arrequíntin), y su litología consiste básicamente en lutitas, limolitas, y areniscas (Polanski, 1970; Gutiérrez *et al.*, 1994). Sus afloramientos más importantes se reconocen en el área de Quebrada de Agua Negra, donde fue definida su localidad tipo, ubicada en cercanías del paso internacional con Chile, Cordillera de Agua Negra, departamento de Iglesia, San Juan (Polanski, 1970) (Figs. 18 y 29.1). Por otra parte, la unidad constituye la roca de caja de diversos plutones y diques del Batolito de Colangüil los cuales están asociados a yacimientos metalíferos reconocidos sobre la cordillera homónima (Malizia *et al.*, 1999).

La región de la Cordillera de Agua Negra, recibió menciones y comentarios desde comienzos del siglo XX, principalmente debido a su desarrollo minero, investigaciones pioneras fueron llevadas a cabo por Stappenbeck (1918). Groeber (1949, 1951, 1963) fue el primero que efectuó una síntesis sobre la geología regional de esta comarca, además determinó correctamente la extensión del volcanismo Terciario y del Pérmico–Triásico, y estableció la existencia de intrusivos pérmicos y de sedimentos del Paleozoico superior (Malizia *et al.*, 1999). Polanski (1970), formalizó al conjunto de afloramientos ubicados en la antiguamente denominada Cuenca Sanjuanina Occidental, que informalmente se conocían como “Antracolítico”, “Carbónico” y/o “Paleozoico superior”, le atribuyó rango formacional y la nominó Formación Cerro Agua Negra, basado principalmente en las interpretaciones realizadas por Furque (1962), y Quartino & Zardini (1967), además de los hallazgos paleontológicos realizados por Aparicio (1969), restringiendo la unidad al lapso Carbonífero superior–Pérmico inferior (Polanski, 1970).

En cuanto al contenido fosilífero de la FCAN, se ha citado tempranamente la ocurrencia de *Nothorhacopteris*, elemento característico de la Zona NBG del Carbonífero superior, reconocida en la localidad de Quebrada de las Leñas (cuyos afloramientos representan los más australes de la unidad), aunque sin indicar su ubicación relativa en la

columna estratigráfica (Furque, 1962, *vide* Polanski, 1970). Azcuay *et al.* (1987), registraron un bosque de licofitas indeterminables, y en posición de vida, en la sección media a superior del perfil de Quebrada de Arrequeintín, al cual le atribuyeron una antigüedad Carbonífero cuspidal a Pérmico basal, demostrando además importantes interrupciones en la sedimentación marina. Posteriormente, Gutiérrez *et al.* (1994) registraron y describieron restos de plantas atribuibles a *Velizia inconstans* Césari & Hünicken, la cual ha sido indicada para la parte inferior de la Zona de *Gangamopteris*, del Pérmico inferior. Estos restos fueron hallados en la Sección Superior de la unidad, en la Quebrada de Agua Negra (*sensu* Gutiérrez *et al.*, 1994). En suma, Gutiérrez (1992), registra asociaciones microflorísticas compuestas de elementos que posiblemente puedan atribuirse a las Zonas *Raistrickia-Convolutispora* (DM) y *Pakhapites-Vittatina* (FS), en la localidad de Quebrada de las Leñas.

En cuanto a invertebrados marinos, originalmente fue indicada la ocurrencia de dos asociaciones faunísticas, cuyos niveles portadores se ubicaban en cercanías de la base de la unidad. Posteriormente, Taboada (1999) indicó la presencia de la fauna de *Marginovatia-Maemia* (Bashkiriano tardío más temprano) para la sección basal, y la de *Tivertonia-Streptorhynchus* (Moscoviano) para el horizonte estratigráficamente más alto, precisó sus afinidades bioestratigráficas y paleobiogeográficas con el resto de las unidades del centro-oeste argentino. Sin embargo, los estudios taxonómicos de la fauna de braquiópodos de esta unidad nunca fueron realizados de manera completa, por este motivo el presente trabajo de tesis pretende brindar nueva información respecto a la composición sistemática de las asociaciones de braquiópodos de la FCAN, a la luz de los conocimientos modernos en la taxonomía de este grupo.

### **6.1.1. Antecedentes paleontológicos**

Al momento de formalizarse la FCAN, Polanski (1970) no habría tenido conocimiento del informe técnico de Costas (1964) en el cual se dio a conocer un horizonte coquinoideo de variado espesor e integrado por restos de valvas ventrales de *T. jachalensis*, cuyo hallazgo representa el primer reporte de invertebrados marinos para esta unidad (Polanski, 1970; Gutiérrez *et al.*, 1994). El horizonte fosilífero fue reconocido en la localidad, Quebrada de las Tranquitas de Abajo, tributario de Quebrada de Agua Negra (Gutiérrez *et al.*, 1994) (Fig. 29.2).

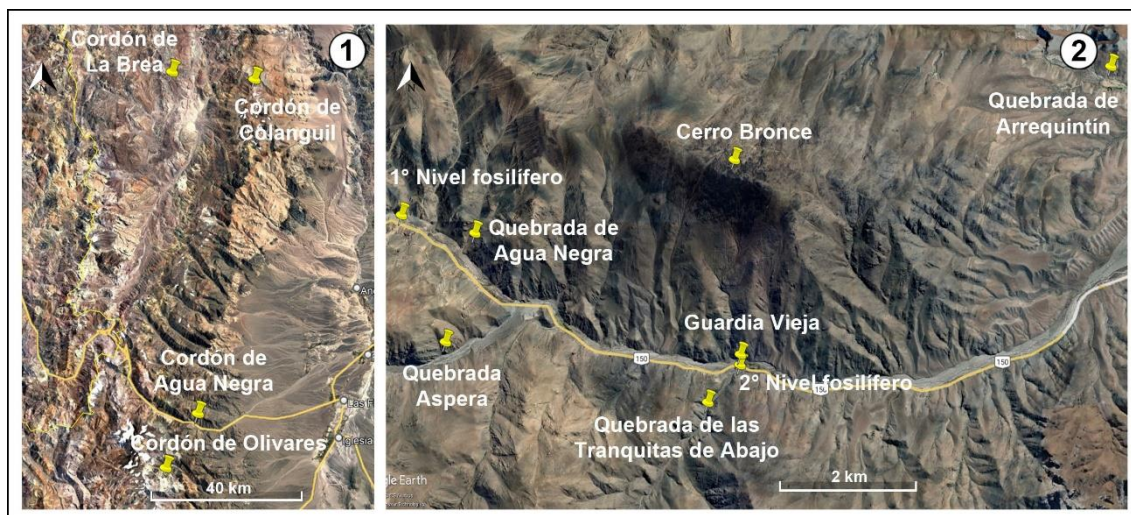
Posteriormente a este hallazgo pionero, Aparicio (1969) documentó una variada fauna de invertebrados marinos, representando este otro gran hallazgo para la unidad. El

horizonte fosilífero se reconoce en Quebrada Aspera, tributario de la Quebrada de Agua Negra (Fig. 29.2). Dicha asociación faunística sería más antigua que la de *T. jachalensis*, y en ella se reconocía a *Cancrinella farleyensis*, *Stenosisma* sp. (= *Camarophoria sensu* Sabattini, 1975); *Orbiculoidea* sp., Rhynchonelaceo, Productidae indet., Coralarío? Indet., *Mourlonia barrealensis* (Reed), y *Nucula?* sp. (Sabattini, 1975). Hacia el techo y concordantemente se halló una abundante flora con elementos boreales mezclados con gondwánicos (e.g., *Gondwanidium plantianum*). Posteriormente Amos, en una exploración realizada en 1972, logró hallar una fauna similar, y los gastrópodos fueron estudiados por Sabattini (1975), dando a conocer: *Austroneilsonia argentina* Sabattini, *Sinuitina* sp., y *Glabrocingulum* cf. *argentinus* (Reed), dicho material fue depositado en la División de Paleozoología de Invertebrados del Museo de La Plata.

Finalmente, Taboada (1999) brinda una lista de taxones para la asociación faunística en la Quebrada de Agua Negra, la misma se ubica cercana a la base de la unidad, cuya composición taxonómica es: *Marginovatia peregrina* (Taboada, 1997), *Maemia tenuiscostata* (Taboada, 1997), *Reticularia notica* Reed, 1927, *Leiorhynchus* sp., *Aviculopecten barrealensis* Reed, 1927, y *Neoplatyteichum barrealensis* Reed, 1927, esta asociación indica claramente la extensión geográfica de la Fauna de *Marginovatia-Maemia*, desde la Sierra de Barreal a la Cordillera Frontal de San Juan. El mismo autor reconoce otro nivel portador de fósiles unos cientos de metros por encima del antes mencionado con elementos correspondientes a la Fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus* (Taboada, 1999).

## 6.2. MARCO GEOLÓGICO

La Formación Cerro Agua Negra, consiste en una angosta faja de afloramientos que se extienden sobre la Cordillera Frontal de San Juan, aproximadamente desde el río Calingasta hasta el límite con la Provincia de La Rioja (Fig. 6), más precisamente desde los 30° hasta los 30°20' S, y desde el meridiano 69°30' O, hasta el límite con la República de Chile, abarcando al norte los cordones de La Brea, San Guillermo, y Colangüil, mientras que al sur, los cordones de Agua Negra y Olivares (Polanski, 1970; Caminos, 1972; Azcuy *et al.*, 1999; Malizia *et al.*, 1999) (Fig. 29).



**Figura 29.** Mapa geográfico con la ubicación de las principales localidades. **1**, principales cordones montañosos en los que se reconocen los afloramientos de la FCAN. **2**, detalle de los sitios fosilíferos en la quebrada de Agua Negra, en inmediaciones de la Ruta Provincial 150.

La FCAN posee espesores variables a lo largo de las distintas localidades en donde aflora y cuyos valores oscilan entre los 1800 a 2500 m (Polanski, 1970; Azcuy *et al.*, 1987; Gutiérrez *et al.*, 1994; Limarino *et al.*, 2014). Con respecto a las relaciones estratigráficas con otras unidades en el área de estudio, la FCAN suprayace mediante discordancia angular a sedimentitas asignadas al Devónico (Furque, 1962; Scalabrini Ortiz, 1973, *vide* Azcuy *et al.*, 1999). Y subyace en relación de discordancia a vulcanitas (mesosilíceas y ácidas), y escasas brechas y conglomerados del Grupo Choiyoi, las que se habrían derramado durante el Pérmico temprano–Triásico temprano (Malizia *et al.*, 1999).

Por otra parte, dentro de la unidad se distinguen dos tipos de estructuras, una general y principal de tipo homoclinal, y otra subordinada y local de intenso plegamiento. Esta última posiblemente provocada por la intrusión de plutones que integran el batolito de Colangüil, de antigüedad Pérmico–Triásico, y cuya extensión alcanza hasta los afloramientos más septentrionales de la FCAN, e intruye también al Grupo Choiyoi (Camino, 1979, *vide* Azcuy *et al.*, 1999; Malizia *et al.*, 1999). El más antiguo corresponde a la Granodiorita Las Piedritas (Pérmico temprano), seguido por el Granito Los Puentes (Pérmico tardío temprano) el más importante por su extensión regional, y finalmente se reconoce una última unidad intrusiva denominada Granito Agua Blanca (Pérmico tardío). Además, asociado a estos eventos intrusivos y eruptivos aparecen varios enjambres de Diques del Ciclo Magmático Pérmico–Triásico (Malizia *et al.*, 1999). En algunos sitios se observa que a medida que se asciende en la secuencia estratigráfica, el reconocimiento

litológico y sedimentológico se ve dificultado por la proximidad a los intrusivos de Colangüil. Estos últimos diagenizaron las sedimentitas de la FCAN enmascarando sus estructuras primarias, y obliterando sus características sedimentológicas originales (Azcuay *et al.*, 1987; Malizia *et al.*, 1999). Sumado a esto, los efectos del contacto con dicho granito, han transformado las sedimentitas en cornubianitas y esquistos nodulosos, a lo largo de extensas áreas (Caminos, 1972). Solamente en las localidades de Arrequeintín y Agua Negra, se reconocen perfiles que evidencian menor metamorfismo y deformación de la secuencia Neopaleozoica (Fig. 29.2) (Malizia *et al.*, 1999).

### **6.3. ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA**

Durante el Pennsylvaniano, la sedimentación en la región de los Andes fue predominantemente marina y está representada por la Formación Cerro Agua Negra (Limarino *et al.*, 2014). Sus afloramientos típicos se ubican en la Cordillera de Olivares y de Agua Negra, y su litología está integrada por areniscas gris verdosas, alternantes con lutitas negro azuladas y limolitas (Polanski, 1970). También se han documentado diamictitas, las que se estiman fueron depositadas en la transición de ambientes de *nearshore* a *offshore* (Limarino *et al.*, 2014). Malizia *et al.* (1999) mencionan para la unidad, litologías tales como, areniscas líticas y feldespáticas de grano fino a mediano, y grauvacas, junto con su equivalente metamórfico de bajo grado: filitas, pizarras y *hornfels*. Sin embargo, debido al metamorfismo que exhiben las rocas de la FCAN, sumado a la intensa deformación, y a la falta de secciones continuas, ha sido complejo obtener un perfil estratigráfico completo y representativo de la unidad. De acuerdo con Malizia *et al.* (1999), se reconocerían tres secciones, la Sección I, reconocida mayormente en Quebrada de Arrequeintín y Agua Negra (Fig. 29.2), dominada por pelitas laminadas y posee la composición litológica más monótona, conforma espesos paquetes de hasta 50–60 m, y esporádicamente se presentan bancos tabulares de areniscas finas a muy finas. La Sección II, reconocida en la Quebrada de Arrequeintín, consiste en areniscas con estratificación entrecruzada de gran porte, su constitución es mayormente de areniscas finas a medianas de colores negros a grises oscuros y grises verdosos. Finalmente, la Sección III está constituida por alternancia de areniscas en bancos tabulares (raramente con laminación), y pelitas gris verdosas a negras, por lo general laminadas. Esta sección es la más importante de las que integran la FCAN, ya que aflora en la mayor parte de las quebradas que penetran en la Cordillera de Agua Negra (Malizia *et al.*, 1999).

Respecto a la reconstrucción paleoambiental, algunos autores como, Gutiérrez (1983, 1984) y Azcuy *et al.* (1987), establecen el origen marino para la sección inferior de la FCAN, y el mismo correspondería a depósitos de plataforma fangosa, seguido por un episodio regresivo, que incluye depósitos de islas de barrera, y barras de desembocadura. Mientras que la parte media a superior de la unidad, refleja la existencia de ciclos transgresivos-regresivos, que incluye como depósitos de máxima transgresión a facies de plataforma arenosa proximal, seguidos por ciclos deltaicos y sedimentos fluviales (Malizia *et al.*, 1999). Así las secciones definidas por Malizia *et al.* (1999), se ajustarían de la siguiente manera; Sección I, correspondiente a la parte inferior de la FCAN y representa facies marinas de plataforma externa. Sección II correspondería a depósitos de islas de barrera, formados en la parte media o topes de los ciclos regresivos, caracterizando el tramo medio de la unidad. Sección III, representaría un variado conjunto de ambientes depositacionales.

#### **6.4. BIOESTRATIGRAFÍA**

En base al esquema bioestratigráfico actual propuesto por Azcuy *et al.* (2007), Césari *et al.* (2011), Taboada *et al.* (2021a), entre otros, en la sección basal de la FCAN se reconocen dos niveles fosilíferos, que estarían comprendidos en las biozonas de *Marginovatia-Maemia* y *Tivertonia-Streptorhynchus*, respectivamente. El primer nivel se ubica en inmediaciones de Quebrada Aspera, mientras que el segundo en Quebrada de las Tranquitas de Abajo (Fig. 29.2).

Tempranamente, las facies de areniscas han documentado una fauna con *Tivertonia jachalensis* (= *Lissochonetes jachalensis*), caracterizada por especímenes mal conservados, en un banco de calizas (Costas, 1964, *fide* Gutiérrez *et al.*, 1994; Polanski, 1970). Sin embargo, cabe aclarar que las descripciones taxonómicas e ilustraciones del taxón *T. jachalensis*, no han sido brindadas hasta el momento. Por otra parte, Gutiérrez *et al.* (1994) analizan una sección, en la Quebrada de las Tranquitas de Abajo, ubicada al sur de la Quebrada de Agua Negra, a la altura del Km 98 de la Ruta Nacional N° 150, y reconocen dos secciones, la inferior con dos asociaciones de faunas marinas, y la superior con elementos de la flora de *Gangamopteris*. El primer nivel fosilífero, se ubica a 32 m estratigráficos de la base, y se compone de moldes de *Orbiculoidea* aff. *saltensis* y gastrópodos indeterminados. El segundo se ubica a 42 m estratigráficos de la base y corresponde al nivel fosilífero coquinoideo con *T. jachalensis*. Además, Gutiérrez *et al.* (1994) también reconocen el nivel fosilífero original de Aparicio (1969).



## **6.5. RESULTADOS: PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA**

### **6.5.1. Sección estratigráfica en inmediaciones de Quebrada Aspera**

El primer nivel fosilífero de la FCAN aflora en inmediaciones de Quebrada Aspera, donde se determinaron los siguientes taxa de braquiópodos: *Aseptella* sp. nov., *Neochonetes* (*Neochonetes*) *granulifer* (Owen, 1852), *Gonzalezius naranjoensis* Taboada, 2004, *Reticularia notica* Reed, 1927, *Reticularia* cf. *punillana* Amos, 1958a, *Marginovatia peregrina?* Taboada, 1997, *Leiorhynchus* sp. 1, *Rhynchopora* sp. 1, *Tubercullatella?* sp. La descripción detallada de estas formas puede consultarse en el Capítulo 10. Completan la asociación faunística: *Aviculopecten?* sp., y *Malimania?* sp., además de otros invertebrados no determinados, tales como, gastrópodos, trilobites y conuláridos. Se registran también escamas de peces (Fig. 30).

El nivel fosilífero consiste en una arenisca muy fina y limolita de coloración gris azulada verdosa, el mismo se ubica en la banquina de la Ruta Provincial N°150, hecho que dificulta la prospección del área de estudio y reduce la factibilidad de hallazgo de material paleontológico (Fig. 31.1–2). En la misma localidad aflora la base de la FCAN, que apoya en discordancia angular con el basamento metamórfico, de antigüedad devónica (Fig. 31.3–4).

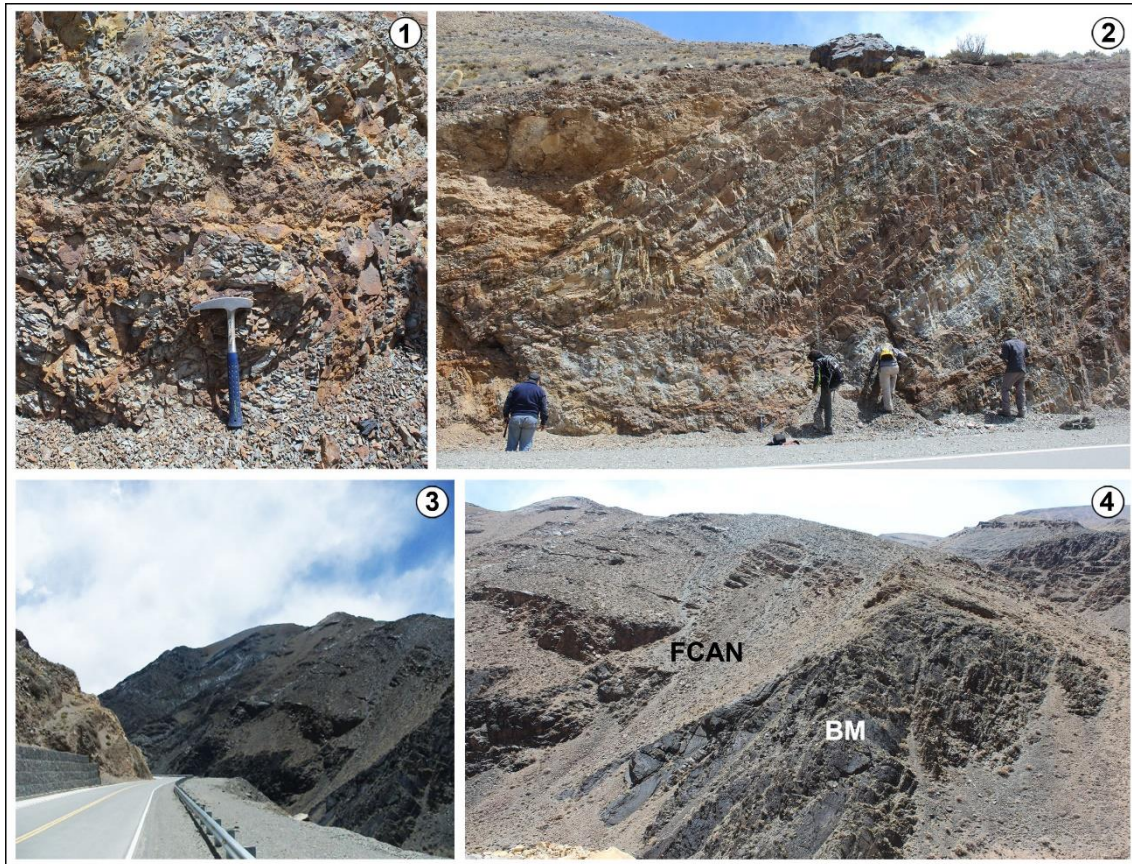
### **6.5.2. Sección estratigráfica en Quebrada de las Tranquitas de Abajo**

En esta quebrada aflora el segundo horizonte fosilífero donde se registra *Tivertonia jachalensis*. La descripción detallada de este taxón puede consultarse en el Capítulo 10.

La acumulación fósil se encuentra en una coquina de aproximadamente 30–40 cm de espesor, y hasta el momento el único taxón que ha podido identificarse ha sido *T. jachalensis*, debido en parte a la erosión que han experimentado los materiales.



**Figura 30.** 1, molde externo de gastrópodo indet., 2, escama indet., 3, *Aviculopecten?* sp., 4, molde externo de gastrópodo indet., 5, conulárido indet. 6, gastrópodo indet. 7, fragmento de trilobite indet. 8, *Malimania?* sp., 9, fragmento de valva de braquiópodo inarticulado. Escala gráfica 10 mm.



**Figura 31.** 1, detalle de la litología del nivel fosilífero en inmediaciones de Quebrada Aspera. 2, nivel fosilífero lindante a la Ruta Provincial N° 150. Personas de escala. 3, detalle del área de estudio, a la derecha se aprecia la Quebrada de Agua Negra, y el contacto entre el basamento metamórfico y la FCAN. 4, vista general del basamento metamórfico (BM) en discordancia angular con la Formación Cerro Agua Negra (FCAN).

## 6.6. DISCUSIÓN

### 6.6.1. Reconocimiento de las faunas en las localidades fosilíferas y afinidades

La composición taxonómica de la fauna registrada en las inmediaciones de Quebrada Aspera donde se reconoce el primer nivel fosilífero, permite asignarla a la Biozona de *Marginovatia-Maemia*, del Bashkiriano tardío más temprano, registrada hasta el momento en la Formación Pituil (Subcuenca Calingasta-Uspallata) (Fig. 7), en la Sierra de Barreal (Taboada, 1997). La presencia en la Quebrada Aspera de los taxones *Marginovatia peregrina?*, *Neochonetes (N.) granulifer* y *Reticularia notica*, sustentan esta asignación. Se registra también la presencia de *Rhynchopora* sp., constituyendo este el primer registro para la Fauna de M-M.

La fauna asociada a la Biozona de *Marginovatia-Maemia* ha sido vinculada con el mejoramiento climático regional en las cuencas del centro-oeste de Argentina, posteriores a la desaparición de las condiciones glaciales generalizadas (Estadio Paleoclimáticos III y II, respectivamente de López Gamundí *et al.*, 1992), y siendo estos registros únicos en

el ámbito Gondwánico (Taboada, 2004; Taboada *et al.*, 2009). Los taxones *Neochonetes*, *Marginovatia*, *Leiorhynchus* y *Reticularia*, poseen grandes afinidades con el Reino Tethyiano o Paleoecuatorial, asociados a condiciones climáticas templadas y de aguas relativamente cálidas.

El registro de la Biozona de *Marginovatia-Maemia* con su estratotipo en la Quebrada de Un Salto (Taboada, 1997) fue señalado como de carácter local. Posteriormente el mismo autor, Taboada (1999) amplió la distribución geográfica de la misma a la Cordillera Frontal de San Juan; de manera congruente con las observaciones del presente trabajo.

Por otra parte, en inmediaciones de la Quebrada de las Tranquitas de Abajo, se reconoce el segundo horizonte fosilífero en el cual se identificó a *Tivertonia jachalensis*, taxón que indicaría la presencia de la Fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus*, de antigüedad moscoviana. Al igual que la fauna precedente, T-S se vincula con un mejoramiento climático en la región del centro-oeste argentino y corresponde a la fauna más generalizada (Taboada, 2014; Taboada *et al.*, 2021a). El presente trabajo brinda por primera vez la descripción taxonómica del mencionado taxón en esta unidad, el cual había sido mencionado reiteradamente pero nunca descripto e ilustrado.

#### **6.6.2. Implicancias de la ocurrencia de *Gonzalezius naranjoensis***

En la composición taxonómica de braquiópodos de la fauna de la FCAN se destaca la ocurrencia de los géneros *Gonzalezuis*, *Tuberculatella* y *Aseptella*. Particularmente, la especie *Gonzalezuis naranjoensis* junto a *Rugosochonetes pascualsolei* Taboada, 2004, *Syringothyris legrandblaini* Taboada, 2004, y el gastrópodo *Ptychomphalina turgentis* Taboada, 1997, fueron sugeridos como relictos de la fauna más antigua de *Levipustula levis* (Serpukhoviano medio–Bashkiriano medio), y vinculada a ambientes glacimarininos (Estadio Paleoclimático II de López Gamundí *et al.*, 1992, “Estadio Glacial” de Limarino *et al.*, 2014, segundo pulso glaciario de Gulbranson *et al.*, 2010, cuarto episodio glacial de Serpukhoviano–Bashkiriano temprano de López Gamundí *et al.*, 2021). De esta manera se pone en evidencia la transición faunística entre braquiópodos tolerantes a condiciones climáticas frías, por otros vinculados a condiciones climáticas atemperadas, acompañando el mejoramiento climático (evidenciado por aumento de la temperatura), surgido de la deriva del centro-oeste de argentina hacia paleolatitudes menores (Scotese *et al.*, 1979; Scotese & Barret, 1990; Taboada, 2010).

*Gonzalezuis naranjoensis* era reconocido únicamente en la sección III del perfil estratigráfico de Taboada (2004), en la localidad del Cordón del Naranjo, San Juan. Dicha sección estratigráfica fue correlacionada con los términos superiores de la Formación San Eduardo en la Sierra de Barreal; y correlacionada también con los términos basales de la Formación Pituil, aflorante en Quebrada Barrancón (Taboada *et al.*, 2009; Taboada, 2010). De esta manera el registro de *G. naranjoensis* junto a *Marginovatia peregrina?* en la FCAN, posiciona a este taxón como uno de los primeros del recambio faunístico del Bashkiriano temprano al Bashkiriano tardío temprano en la región del centro-oeste argentino. Así este taxón podría ser considerado un nexo clave, entre la Fauna de *Levipustula levis*, y la más joven Fauna de *Marginovatia peregrina*-*Maemia tenuiscostata*.

### **6.6.3. Las afinidades y vinculaciones paleobiogeográficas de los géneros *Aseptella* y *Tuberculatella***

El análisis taxonómico de la fauna de la FCAN, brinda la identificación de *Aseptella* sp. nov., y *Tuberculatella?* sp., lo que merece una discusión particular. Los géneros, a los que pertenecen estas especies, han sido documentado ocurriendo conjuntamente en el Miembro El Paso de la Formación San Eduardo, en la Quebrada de Eloy (Sierra de Barreal), por Simanaukas & Cisterna (2001). Dichos géneros también caracterizan la Fauna de *Aseptella-Tuberculatella/Rhipidomella-Micraphelia* (A-T/R-M) de antigüedad estimada Serpukhoviano tardío–Bashkiriano temprano. Antigüedad que fue establecida en base a datos palinológicos (Subzona A de *Raistrickia-Convolutispora* (DMa)), obtenidos de la parte media a superior de la sección del Miembro El Paso (Vergel *et al.*, 2008, 2015).

Si bien, no corresponden estrictamente a las mismas especies, el hallazgo de los géneros *Aseptella* y *Tuberculatella* ocurriendo conjuntamente en la fauna de FCAN plantea cuestiones a discutir en cuanto a sus afinidades paleobiogeográficas y ambientales. Por un lado, el género *Aseptella* se registra en la región de la Cordillera Cantábrica (España), donde fue erigido originalmente con un rango Viseano–Bashkiriano, y cuyas afinidades son paleoecuatoriales, y relacionada con las faunas de Estados Unidos (Martínez Chacón & Winkler Prins, 1977). Se especula también, que desde esta región migró mediante la vía marítima de los Urales y el Ártico, hasta Sudamérica y finalmente al centro-oeste de Argentina (Cisterna & Simanaukas, 1999; Martínez Chacón *et al.*, 2003) o mediante el Corredor Austro-Panthalásico-Rheico

(Taboada & Shi, 2009) (Fig. 15). Esto plantea una contradicción de las afinidades ambientales de este género; debido a que en la Formación Cerro Agua Negra, se registra con una fauna indicadora de aguas templadas, tal como *Marginovatia-Maemia*, pero también se registra a éste género en faunas de aguas frías y relacionada a ambientes glacimarininos, tal como la Fauna de A-T/R-M (López Gamundí *et al.*, 1992; Cisterna *et al.*, 2017).

Este escenario plantea si los géneros *Aseptella* y *Tuberculatella*, podrían haber tolerado el cambio de condiciones ambientales (o al menos ser tolerantes a aguas más templadas), debido a que los braquiópodos articulados son considerados generalmente como organismos estenotópicos (Harper & Moran, 1997).

#### **6.6.4. Discusión bioestratigráfica de la Fauna A-T/R-M**

Taboada (1989) nomina la fauna del Miembro El Paso como Fauna de *Rugosochones-Bulahdelia*, y cuya antigüedad era Viseano tardío–Serpukhoviano temprano, desarrollándose bajo condiciones paleoclimáticas glaciales, precediendo a la más extendida y generalizada Fauna de *Levipustula*. Se destaca que el mencionado autor no menciona a *Aseptella* o a *Tuberculatella* como elementos constituyentes de esta fauna. Posteriormente, Simanaukas & Cisterna (2001), reasignan a *Rugosochonetes* como *Micraphelia* y a *Bulahdelia* como *Tuberculatella*. Posteriormente, Cisterna *et al.* (2017) y Sterren *et al.* (2020) proponen a la Fauna de A-T/R-M como coetánea de la Fauna de *Levipustula* (Serpukhoviano tardío–Bashkiriano temprano) justificando la diferencia taxonómica entre ambas, en base a las diferencias paleoambientales (*i.e.*, sustrato, nutrientes, oxígeno disponible, grado de turbidez de las aguas) surgidas por las diferentes configuraciones costeras en las cuales se desarrollaron.

Inicialmente, Simanaukas & Cisterna (2001), incluyeron la Fauna A-T/R-M cercana al límite Carbonífero–Pérmico, debido a que *Aseptella* y *Tuberculatella*, se encontraban en estratos que poseían dicha antigüedad en la Cuenca Tepuel-Genoa de Patagonia. Recientemente, parte de los ejemplares de *Tuberculatella* (de Patagonia) han sido reasignados a *Languigneotus* por Taboada *et al.* (2019). Dicho género junto a *Aseptella* y verdaderas *Tuberculatella* (*i.e.*, *Tuberculatella waterhousei* Taboada *et al.*, 2019), conforman la Biozona de *Languigneotus* (Kasimoviano?–Asseliano) en Patagonia. Actualmente, al contar con nuevos registros de *Aseptella* y *Tuberculatella* ocurriendo conjuntamente en el primer nivel fosilífero de la FCAN y formando parte de la Biozona de *Marginovatia-Maemia* (Bashkiriano tardío temprano–Bashkiriano tardío), quizás

podría indicar una condición ancestral con respecto a las especies patagónicas; *Aseptella patriciae* Simanauskas, y *Tuberculatella waterhousei*. Constituyendo (probablemente) el centro-oeste de Argentina el sitio de dispersión hacia el sur. Dicha migración se habría producido recién en tiempos Carbonífero tardío–Pérmico temprano, debido a que, por la posición paleogeográfica de Patagonia, la Cuenca Tepuel-Genoa se habría encontrado bajo condiciones climáticas subpolares durante gran parte del Pennsylvaniano, evitando así el intercambio biótico, al menos hasta el Cisuraliano (Taboada, 2010; Pagani & Taboada, 2010, 2011).

Por otra parte, registros de los géneros *Tuberculatella* y *Aseptella* ocurriendo conjuntamente, fueron provistos por Banchig *et al.* (1997) y Lech *et al.* (1998), en el Miembro de Areniscas Gradadas y Lutitas (sección II) de la Formación Ciénaga Larga del Tontal, en la Sierra del Tontal (Precordillera de San Juan), que en opinión de Banchig *et al.* (1997), Lech & Milana (2006) y Taboada (2004) las secciones I y II de la FCLT, serían asimilables con la Formación San Eduardo. Sin embargo, dichos taxones no ocurren junto con otros braquiópodos característicos de la Fauna de M-M, o de la Fauna de A-T/R-M, ni tampoco con taxones de la Fauna de *Levipustula* (Lech & Milana, 2006). Solamente se registran a *Nuculopsis?* sp., y *Peruvispira* sp., elementos que poseen poca utilidad bioestratigráfica debido a sus amplios rangos.

Otro registro de elementos paleontológicos de la Fauna de A-T/R-M fueron brindados por Sterren *et al.* (2020), en la sección inferior de la Formación Agua del Jagüel. En dicha sección reconocen a los braquiópodos *Rhipidomella discreta*, *Micraphelia indianae*, *Orbiculoidea?* sp., por encima del horizonte glacimarino (parte superior de la sección I de Henry *et al.*, 2010), aunque no se registran los géneros *Aseptella* y *Tuberculatella*. Como dato adicional puede comentarse, que una fauna similar a la documentada por Sterren *et al.* (2020), integrada por *Rhipidomella?* sp., conétidos indet, y *Oehlertella?* sp. (Obs. Pers.), fue observada en estratos de la Formación San Eduardo, aflorante en el Cordón del Naranjo (sección I del perfil de Taboada (2004)). Nuevamente los géneros *Aseptella* y *Tuberculatella*, estaban ausentes.

Simanauskas & Cisterna (2001) y Cisterna *et al.* (2017), mencionan que la Fauna de A-T/R-M se divide en dos subconjuntos, uno conformado por *Aseptella* y *Tuberculatella* (A-T), ocurriendo en los niveles inferiores del Miembro El Paso (horizonte 1–8, de Simanauskas & Cisterna, 2001), y otro con *Rhipidomella* y *Micraphelia* (R-M), ocurriendo en un nivel superior (horizonte 9). Sin embargo, esta configuración no se corresponde con lo mencionado anteriormente, donde al parecer el

primer subconjunto que aparece en el registro geológico es el de R-M. Dicho subconjunto se podría corresponder con el originalmente propuesto por Taboada (1989). Aunque, Cisterna *et al.* (2017) mencionan a *Rhipidomella discreta* en la sección basal de la Formación Pituil, tornando aún más complejo el panorama respecto a la distribución estratigráfica de este taxón.

En conclusión, el reconocimiento de los géneros *Aseptella* y *Tuberculatella* ocurriendo conjuntamente en la Fauna de *Marginovatia-Maemia* en la FCAN, es un hecho sustancial, que no solo enriquece el contenido faunístico de la misma, sino que plantea interrogantes acerca de las relaciones/vinculaciones con especies pertenecientes a los mismos géneros reconocidas en otras asociaciones faunísticas, y relacionadas a ambientes glacialmarinos. Tomando en cuenta este último hecho planteado, es imprescindible la obtención de nuevo material topotípico de estas formas en las localidades clave, en la Sierra de Barreal, para esclarecer y desentrañar la composición taxonómica, afinidades y vínculos de estos conjuntos faunísticos.

#### **6.6.5. Ubicación geográfica, estratigráfica y correlación de las faunas estudiadas**

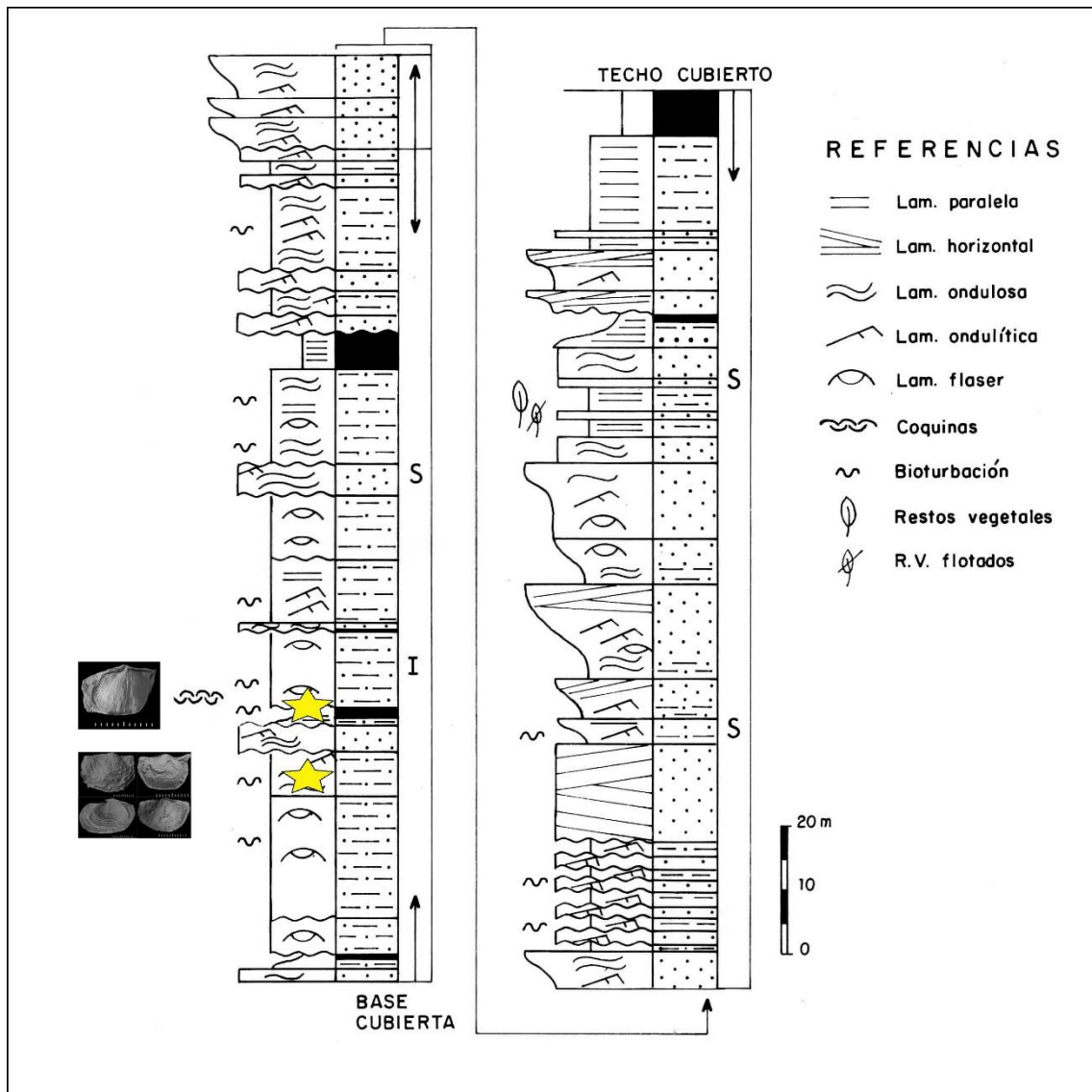
El presente trabajo de tesis corrobora la ocurrencia de la Fauna de *Marginovatia-Maemia*, en el nivel fosilífero de la Quebrada de Agua Negra, precisamente en las inmediaciones de Quebrada Aspera, como fuera señalado por Gutiérrez *et al.* (1994), por lo que se utilizó el perfil estratigráfico estructurado por dichos autores, para la ubicación de esta asociación faunística (Fig. 32). El nivel fosilífero se ubica en la Sección Inferior (*sensu* Gutiérrez *et al.*, 1994), y además el mismo podría corresponder al nivel de Aparicio (1969), según las precisiones estratigráficas y geográficas brindadas.

Azcuy *et al.* (1987), establecen el origen marino para la sección inferior, correspondiéndose con depósitos de plataforma fangosa. El tipo de litología que caracteriza al nivel fosilífero y la asociación fósil hallada, confirmarían esta presunción. Por otra parte, Malizia *et al.* (1999), establecen que esta parte de la Sección Inferior, se caracteriza por facies marinas de plataforma externa. Lo expuesto concuerda con las afirmaciones de Taboada (2004), que sugirió que para el Bashkiriano, la Fase San Eduárdica (movimientos epirogénicos) habría expandido las áreas depositacionales hacia la Cordillera Frontal, e iniciado la subsidencia en esta parte de la cuenca. Además, asociado al mejoramiento climático en el Bashkiriano tardío, se produjeron variaciones eustáticas en el nivel de los mares (variaciones del nivel de base), que permitieron el progresivo ingreso del mar hacia el este. De esta manera se habría modificado el escenario



paleogeográfico, y es por eso que, a partir del Bashkiriano tardío se registra la Fauna de M-M, y posteriormente la ingresión marina con la Fauna de T-S (Taboada, 1999, 2004).

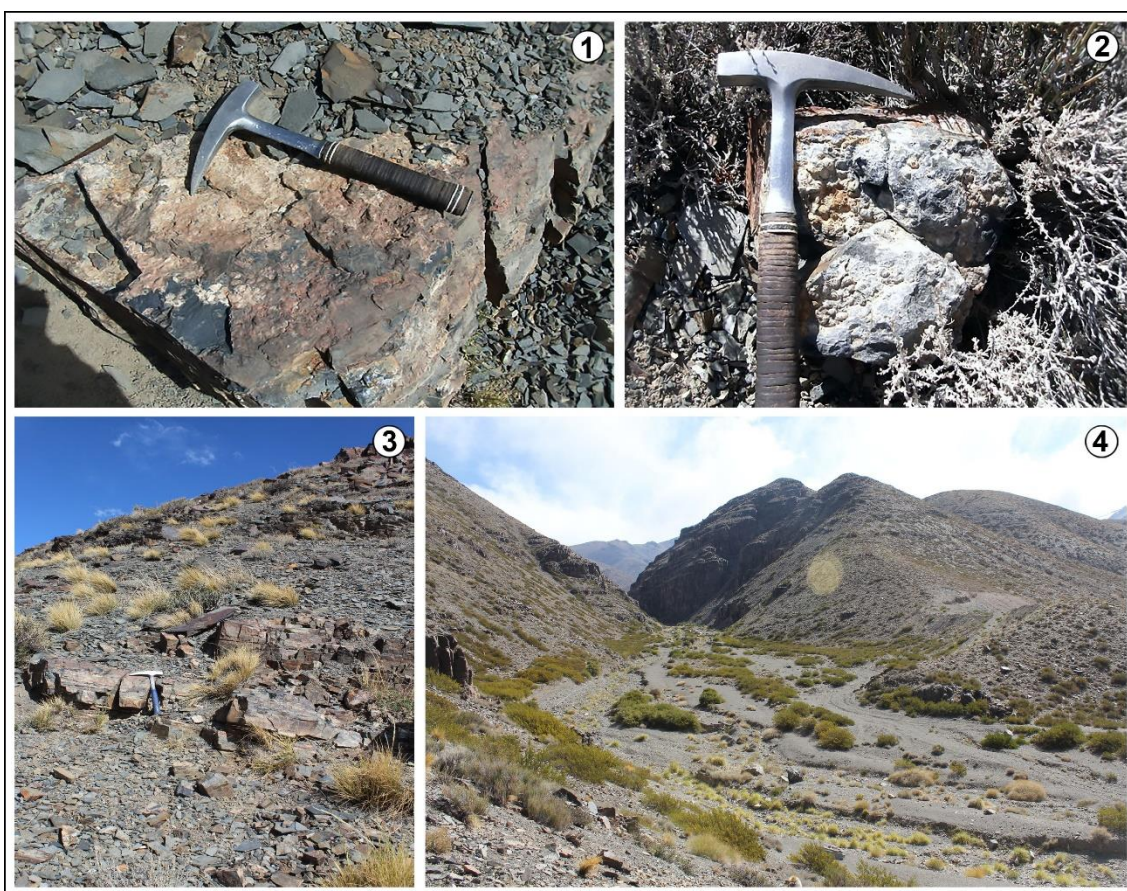
El reconocimiento en este trabajo de la Biozona de M-M en la Sección Inferior de la FCAN, permite la correlación con la sección portadora de los dos niveles fosilífero de la Formación Pituil, en la cual fue definida la mencionada biozona.



**Figura 32.** Ubicación estratigráfica de los niveles fosilíferos en inmediaciones de quebrada Aspera y en quebrada de las Tranquitas de Abajo. Perfil tomado y modificado de Gutiérrez *et al.* (1994). Estrella amarilla indica los niveles fosilíferos.

Por otra parte, el segundo horizonte fosilífero mencionado por diferentes autores, en inmediaciones de la Quebrada de las Tranquitas de Abajo, y caracterizado por una coquina con *Tivertonia jachalensis* (Costas, 1964; Gutiérrez *et al.*, 1994; Taboada, 1999) fue localizado durante la ejecución de este estudio. Se registró una coquina de conétidos

mal preservados, los cuales fueron identificados en este trabajo como *Tivertonia jachalensis* (Fig. 33). La confirmación de este registro sumado a otras ocurrencias de horizontes coquinoideos con dicho taxón guía, en la Formación Santa Elena (Subcuenca Calingasta-Uspallata) (Taboada, 1998), y en la Formación Río del Peñón (Subcuenca Río Blanco) (Taboada com. pers), brinda un panorama más completo de la distribución geográfica y áreal del evento que produjo las acumulaciones de *T. jachalensis*, destacando además la posible utilidad de la mencionada capa portadora como estrato guía.



**Figura 33.** 1–2, Detalle de las rocas con las acumulaciones de valvas de *T. jachalensis*, en mal estado de preservación. 3, ubicación (con martillo geológico) de la capa portadora de las coquinas con *T. jachalensis*. 4, quebrada de las Tranquitas de Abajo, cercana al nivel fosilífero de coquinas. Martillo geológico de escala.

Como se mencionó anteriormente en la Sección Inferior de la FCAN se reconocen las biozonas de M-M y T-S, en continuidad estratigráfica, lo cual está en acuerdo con el esquema bioestratigráfico actual (ver Taboada *et al.*, 2021a). Sin embargo, no pudo reconocerse en campo el primer nivel fosilífero de Costas (1964). Mientras que el primer nivel fosilífero estudiado en este trabajo de tesis podría corresponder al nivel de Aparicio (1969). Por otra parte, debe aclararse que la secuencia de esta unidad se encuentra

intensamente deformada y en algunos sectores, plegada (Malizia *et al.*, 1999), por este motivo es complicado realizar estimaciones precisas en cuanto a los espesores reales de los estratos.

## 6.7. CONCLUSIONES

En base al estudio y análisis del contenido fosilífero de braquiópodos de la Formación Cerro Agua Negra, se desprenden las siguientes conclusiones:

- 1- Se provee la descripción taxonómica de la asociación faunística del primer nivel fosilífero de la Formación Cerro Agua Negra, la cual permite incluirla en la Biozona de *Marginovatia-Maemia* de antigüedad Bashkiriano tardío más temprano.
- 2- Se comprueba la ocurrencia de dicha fauna en la Cordillera Frontal, de San Juan, tal como fuera señalada por Taboada (1999). Extendiendo así la distribución de la Fauna y Biozona de *Marginovatia-Maemia*, desde la Sierra de Barreal a la Cordillera Frontal, en la provincia de San Juan.
- 3- Se registra por primera vez a *Gonzalezius naranjoensis*, ocurriendo junto a elementos típicos de la Fauna de *Marginovatia-Maemia*. El mismo podría considerarse un nexa entre la fauna más antigua de *Levipustula* y la más moderna de *Marginovatia-Maemia*.
- 4- Se registra a los géneros *Aseptella* y *Tuberculatella* ocurriendo conjuntamente en la Fauna de *Marginovatia-Maemia*.
- 5- Se registra por primera vez para la Fauna de *Marginovatia-Maemia* al género de braquiópodos *Rhynchopora*, ampliando su rango estratigráfico y su distribución geográfica, en las cuencas del centro-oeste de Argentina.
- 6- Se provee la descripción taxonómica de especímenes provenientes del segundo horizonte fosilífero de la FCAN, siendo reconocido únicamente (hasta el momento) el taxón *Tivertonia jachalensis*.
- 7- El mencionado taxón permite el reconocimiento de la Biozona de *Tivertonia-Streptorhynchus* en la FCAN.
- 8- Se actualiza el esquema bioestratigráfico, en base a invertebrados marinos, para la Formación Cerro Agua Negra.

## CAPÍTULO 7. FORMACIÓN CIÉNAGA LARGA DEL TONTAL

### 7.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La Formación Ciénaga Larga del Tontal (Banchig *et al.*, 1997; *emend.* Barredo & Ottone, 2003) (FCLT), es una unidad sedimentaria del Paleozoico superior, reconocida en el faldeo occidental (parte centro-norte) de la Sierra del Tontal, San Juan (Fig. 19.1–2). Sus afloramientos se incluyen en la unidad morfoestructural de la Precordillera, y entre su litología preponderante se citan, areniscas y lutitas, acompañadas por calizas y diamictitas, comprendiendo un lapso Carbonífero temprano tardío–Carbonífero tardío. Cabe mencionar que los afloramientos se hallan a una altitud de aproximadamente 3.500–4.200 m.s.n.m., haciendo realmente dificultoso el acceso a los mismos (Lech *et al.*, 1998; Barredo & Ottone, 2003). Desde el punto de vista sedimentológico la FCLT está dominada por facies glacimarinas, turbidíticas y de plataforma marina somera que representan el ambiente marino inicial, pasando transicionalmente a condiciones paleoambientales sin influencia glacial, y tendientes hacia la somerización de la cuenca (a través de eventos regresivos-transgresivos), y culminando con facies estromatolíticas (Banchig *et al.*, 1997; Lech *et al.*, 1998; Lech & Milana, 2006).

Originalmente estos afloramientos fueron analizados y descriptos por Banchig *et al.* (1997), quienes basados en las características de los mismos reconocieron una nueva unidad Neopaleozoica en la Precordillera, a la que denominaron Formación Casa de Piedra. Que constituye el primer registro de afloramientos carboníferos en esta parte de la Precordillera. Posteriormente, Barredo & Ottone (2003), adecuan la unidad litoestratigráfica al Código Argentino de Estratigrafía, conforme al Artículo 34.13 (Comité Argentino de Estratigrafía, 1992) debido a que el nombre Formación Casa de Piedra ya había sido utilizado por Borrello & Cuerda (1965) para designar a la unidad cuspidal del grupo Rincón Blanco de antigüedad triásica. De esta manera Barredo & Ottone (2003) proponen el nombre de Formación Ciénaga Larga del Tontal, realizando un mapeo detallado del área donde aflora la unidad y delimitando con precisión su extensión y límites.

Respecto al contenido paleontológico de la FCLT, Banchig *et al.* (1997) fueron los primeros en hallar (unos pocos) especímenes de invertebrados marinos a lo largo de la secuencia estratigráfica de la mencionada unidad. Solo 12 especímenes pudieron ser identificados, y preliminarmente se determinó a: *Productella* sp., *Lissochonetes* sp., y gastrópodos indet., en el nivel fosilífero 1; *Canocrinella* sp., en el nivel 2; Gastrópodos y

bivalvos indet., en el nivel 3; Gastrópodos y bivalvos indet., en el nivel 4; y restos de braquiópodos espiriféridos, y *Septosyringothyris* aff. *S. saltensis* Lech, en el nivel 5. Posteriormente, Lech *et al.* (1998) reexaminaron el mismo material y arribaron a nuevas determinaciones taxonómicas. Así en el nivel fosilífero 1, reconocen a: *Aseptella?* sp. (= *Lissochonetes* sp. de Banchig *et al.* 1997), *Productella* sp., más gastrópodos y bivalvos indet. En la contribución de Lech & Milana (2006), sumaron al gastrópodo *Peruvispira* aff. *P. sueroi*, y el bivalvo *Nuculopsis?* sp., para este horizonte fosilífero. En los niveles fosilíferos 2 y 3, se reconoce a *Cancrinella?* sp. y coquinas de gastrópodos y bivalvos, respectivamente. En el nivel fosilífero 4, Lech & Milana (2006) documentan al bivalvo *Limipecten* sp. Mientras que el último nivel no mostró novedades respecto a lo reconocido por Banchig *et al.* (1997). Estos registros permitieron ajustar la edad de la unidad al intervalo Carbonífero medio–Carbonífero superior, originalmente asignada al Carbonífero superior–Pérmico inferior (Banchig *et al.*, 1997).

Por otra parte, Barredo & Ottone (2003), dan a conocer una lista de palinormorfos (esporas y polen) obtenidos de la parte cuspidal de la unidad (*sensu* Barredo & Ottone, 2003) en inmediaciones de la Quebrada Ciénaga Redonda (Fig. 34), los cuales son referidos a la Subzona A de *Raistrickia densa-Convolutispora muriornata* (DMa), de antigüedad Serpukhoviano tardío–Bashkiriano temprano (Cesari *et al.*, 2011).

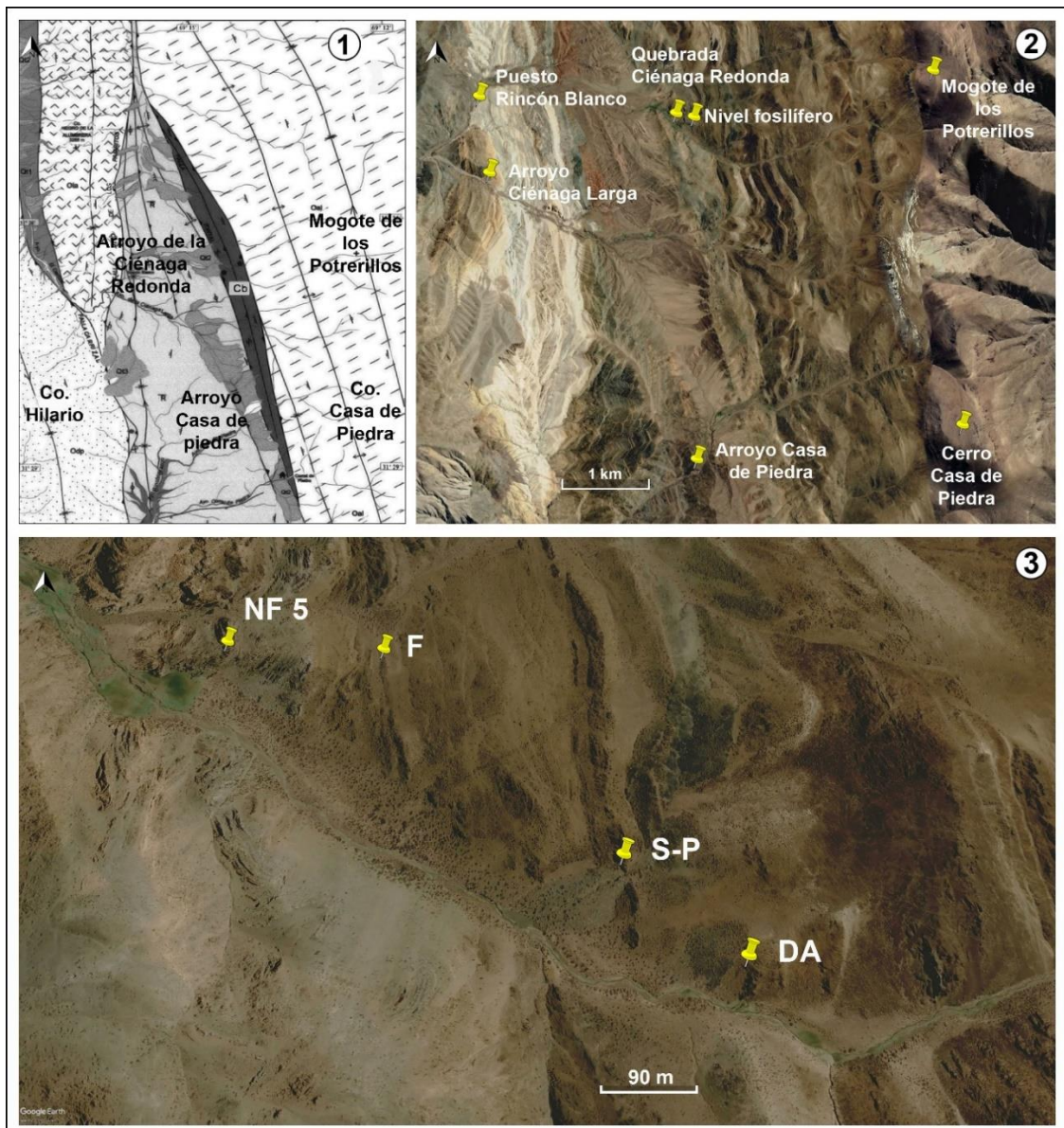
De esta manera queda en evidencia el pobre conocimiento del contenido faunístico en la unidad estudiada y sus vínculos con las faunas más conspicuas y conocidas del centro-oeste de Argentina. En este trabajo de tesis se pretende brindar nuevo conocimiento que aporte a la taxonomía de los braquiópodos de la FCLT, permitiendo mayor resolución en aspectos bioestratigráficos, correlaciones, paleobiogeografía y paleoclimatología.

## 7.2. MARCO GEOLÓGICO

La FCLT aflora en el faldeo occidental de la Sierra del Tontal, en las proximidades de la cumbre del Mogote de los Potrerillos (a 4.200 m.s.n.m.), al occidente de la divisoria de aguas, y aproximadamente a 20 km al este de la localidad de Hilario, departamento de Calingasta, San Juan (Banchig *et al.*, 1997). Esencialmente los afloramientos se extienden a lo largo de una franja de 9 km de longitud, de orientación NO-SE, y su potencia aproximada es de 500 m. Su base y techo se hallan truncadas por fallas (Barredo & Ottone, 2003) (Fig. 34.1). Sin embargo, Banchig *et al.* (1997), establecen que en proximidades de Mogote de los Potrerillos (Fig. 34.2), la base apoya en discordancia angular y erosiva

sobre la Formación Portezuelo del Tontal (Cuerda *et al.*, 1986), de antigüedad ordovícica. Lech & Milana (2006), estiman que la relación estratigráfica del techo, correspondería a una discordancia fallada, estando en contacto con las rocas triásicas del Grupo Rincón Blanco.

Los depósitos constituyen una sucesión sedimentaria de tipo homoclinal en el tramo inferior y medio de la columna, mientras que en el resto del perfil, se manifiesta un plegamiento isoclinal con ejes de orientación N-S y vergencia al oriente (Banchig *et al.*, 1997). Los fallamientos que afectan a la FCLT conforman los límites de los afloramientos, brindando un aspecto lentiforme en planta (Barredo & Ottone, 2003). Mientras que por sectores la secuencia se encuentra deformada posiblemente debido a tectonismo (Banchig *et al.*, 1997).



**Figura 34. 1**, Mapa geológico, mostrando los principales afloramientos en el área de la Sierra del Tontal. **Cb**, Formación Ciénaga Larga del Tontal (Carbonífero). **Oal**, Formación Alcaparrosa. **Odp**, Formación Don Polo. **Ola**, lavas almohadilladas (Ordovícico). **Qt1**, depósitos aterrazados modernos. **Qt2**, depósitos aterrazados intermedios. **Qt3**, depósitos aterrazados antiguos (Cuaternario). Tomado de Barredo & Ottone (2003). **2**, Imagen satelital, mostrando las principales quebradas, en el área de estudio, y el nivel fosilífero de la FCLT. **3**, imagen satelital mostrando detalles de la quebrada Ciénaga Redonda. **S-P**, Fauna *Saltospirifer-Pericospira*. **DA**, Discordancia angular. **F**, falla geológica. **NF 5**, nivel fosilífero 5 de Banchig *et al.* (1997) y Lech *et al.* (1998).

### 7.3. ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA

Esta unidad comprende una secuencia estratigráfica de 560 m de potencia, la cual está compuesta por, diamictitas de origen glacimarino, areniscas y pelitas verdes, entre las más importantes. También se destacan conglomerados, e intercalaciones de calizas de grano fino, estromatolíticas y coquinoideas marinas (Lech *et al.*, 1998; Barredo & Ottone, 2003). Su estratotipo se halla en la Quebrada de Hilario, sobre el flanco occidental de la Sierra del Tontal, en las proximidades de los Cerros Casa de Piedra y Mogote de los Potrerillos (Banchig *et al.*, 1997) (Fig. 33.2). Por otra parte, Banchig *et al.* (1997) estructuraron el perfil original de esta unidad, y definieron 5 miembros (Fig. 35):

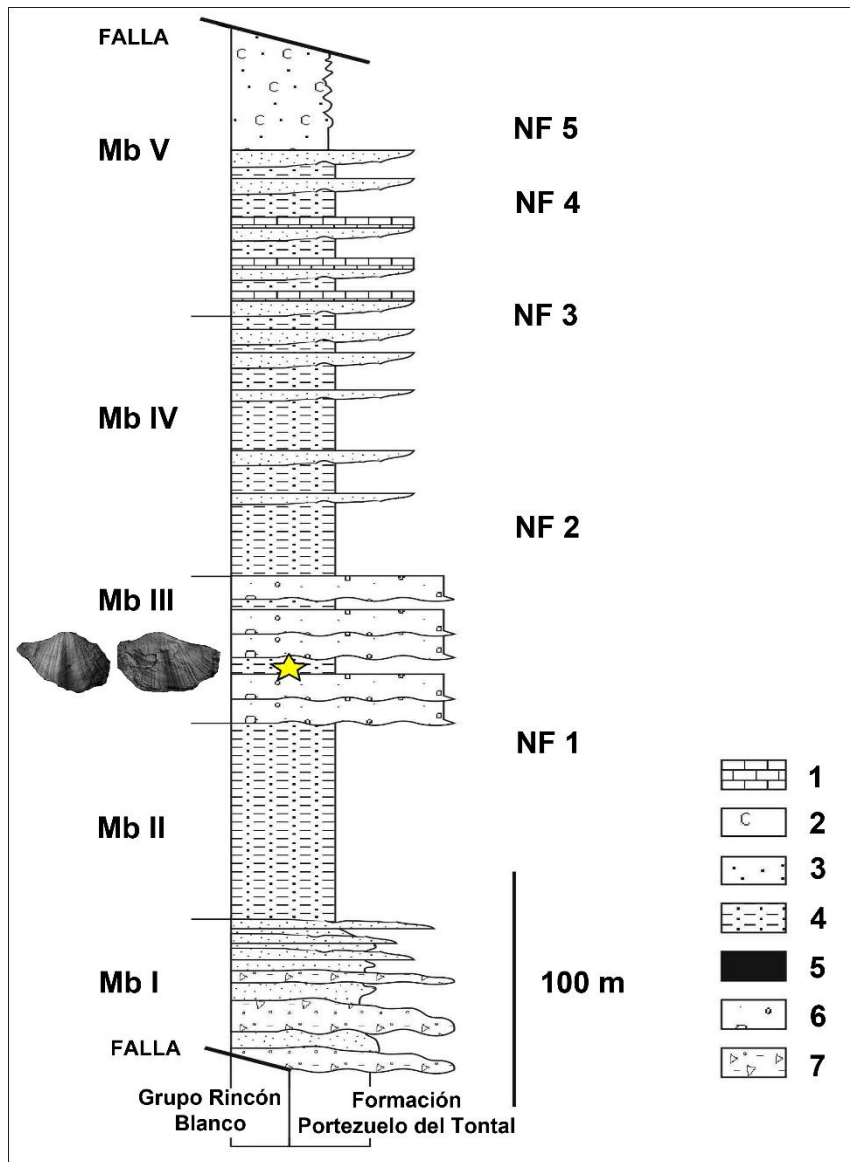
- 1) *Miembro de diamictitas* (I): la base de la columna estratigráfica está caracterizada por un conglomerado basal, con gran participación de clastos (redondeados, estriados y facetados) de la unidad ordovícica infrayacente, y posee un espesor de 50 m. El pasaje al miembro superior es transicional.
- 2) *Miembro de areniscas gradadas y lutitas* (II): constituyen estratos delgados (3–5 cm), de arenisca gruesa a fina, con pasajes a lutitas laminadas. Los términos superiores de este miembro, son portadores de fósiles (braquiópodos y gastrópodos).
- 3) *Miembro de conglomerados* (III); se desarrolla en la mitad inferior del perfil, los conglomerados son clastosoportados, bien redondeados y bien seleccionados. Tanto este miembro como el anterior se caracterizan por poseer gran participación de clastos de composición basáltica.
- 4) *Miembro de areniscas con ondulitas y coquinas* (IV); se reconoce en la mitad superior del perfil, se compone de areniscas gruesas con niveles coquinoideos de braquiópodos, que gradan a areniscas medianas con estructura ondulíticas, aunque a veces constituyen bancos tabulares (de 30 cm de espesor). Aparentemente entre este miembro y el suprayacente media una falla tectónica (Com. Pers. Taboada, 2022) (Fig. 34.3).

- 5) *Miembro de calizas y pelitas (V)*; se reconoce en el tramo superior del perfil estratigráfico, y está constituido por bancos tabulares de 30 a 70 cm de espesor de calizas de grano fino, con estructuras de estromatolitos silíceos. También muestra estratos tabulares de 20 cm de espesor, con un nivel de coquinas de bivalvos y gastrópodos. Este miembro culmina con areniscas cuarzosas portando abundantes fósiles de braquiópodos espiriféridos (*Septosyrongothyris*).

En síntesis, la columna estratigráfica muestra diamictitas de origen glacimarino, que pasan transicionalmente a facies turbidíticas, dominadas por areniscas y lutitas con fósiles (braquiópodos y gastrópodos). Los conglomerados clasto soportados, masivos o con entrecruzamientos en artesa a gran escala de la mitad inferior habrían sido depositados durante una regresión marina. Mientras que, la parte superior se interpreta como depósitos de plataforma marina somera que culmina con calizas de grano fino con estromatolitos, asociados a areniscas y pelitas, representando ciclos somerizantes dentro del ambiente de plataforma (Banchig *et al.*, 1997; Barredo & Ottone, 2003).

Lech & Milana (2006), sintetizan las correlaciones litológicas con otras unidades cercanas, es así que, las diamictitas, areniscas, y lutitas verdes fosilíferas (Miembro I y II), ubicada por debajo de los lentes conglomerádicos (Miembro III) que caracterizan a la FCLT, serían equivalentes a igual litología del Miembro Hoyada Verde, Formación San Eduardo, (Subcuenca Calingasta-Uspallata). Mientras que, la sucesión sedimentaria por encima de los lentes conglomerádicos (Miembro IV y V), serían equivalentes a las secciones inferiores de las formaciones Del Salto (Subcuenca Calingasta-Uspallata), y Tupe (Cuenca Paganzo).





**Figura 35.** Perfil estratigráfico de la Formación Ciénaga Larga del Tontal, mostrando la ubicación del nivel fosilífero con la fauna de *Saltospirifer-Pericospira*. Referencias: Mb, Miembros; NF, niveles fosilíferos; 1, caliza coquinoide, caliza algal; 2, psamitas cuarzosas; 3, psamitas; 4, Lutitas, pelitas; 5, Conglomerados; 7, diamictitas. Tomado y modificado de Lech & Milana (2006) y Banchig *et al.* (1997)

#### 7.4. BIOESTRATIGRAFÍA

El orden de la sucesión faunística dentro de la columna estratigráfica, fue establecido en los trabajos de Banching *et al.* (1997), Lech *et al.* (1998) y Lech & Milana (2006), ubicando el nivel fosilífero 1 en el miembro II, el nivel fosilífero 2 en el miembro IV, y los niveles fosilíferos 3, 4 y 5 en el miembro V (Fig. 35). No obstante, la ubicación relativa del horizonte portador de los elementos palinológicos correspondientes a la Subzona DMA, registrado por Barredo & Ottone (2003), no ha podido establecerse con certeza en el esquema original de Banchig *et al.* (1997), por lo que se desconoce su

relación con los niveles fosilíferos de invertebrados marinos (Lech & Milana, 2006). Barredo & Ottone (2003), ubican sus muestras en la sección cuspidal del perfil de Quebrada Ciénaga Redonda, ubicada al norte de la Quebrada Ciénaga Larga (Lech & Milana, 2006) (Fig. 34.2). Sin embargo, Lech & Milana (2006) alegan ausencia de correlación física con la secuencia original de Banchig *et al.* (1997).

En cuanto a la relación de las faunas de la FCLT con el esquema bioestratigráfico actual, se han identificado algunos taxones clave y con un orden de ocurrencia definido. Sin embargo, ninguno posee afinidades o vínculos claros con las faunas más conspicuas reconocidas en las cuencas del centro-oeste de Argentina. La presencia de *Aseptella?* sp., podría estar indicando la presencia de la Fauna de *Aseptella-Tuberculatella/Rhipidomella-Micraphelia* (A-T/R-M) de Simanaukas & Cisterna (2001), de antigüedad Serpukhoviano tardío–Bashkiriano temprano. La misma se ha reconocido originalmente en el Miembro El Paso en la Sierra de Barreal, y más recientemente en los términos inferiores (relacionada a una secuencia glacimarina) de la Formación Agua del Jagüel (aunque no los taxones del subconjunto A-T) (Sterren *et al.*, 2020). Por su parte, el espécimen reconocido como *Productella* sp. (*sensu* Lech *et al.*, 1998), fue puesto en sinonimia por Simanaukas & Cisterna (2001) en *Tuberculatella peregrina* (Reed), especie característica de la mencionada fauna.

Especies del género *Canocrinella*, se han reconocido también en las formaciones Cordón del Jagüel y Pituil, y posteriormente reasignadas a *Costatumulus* (Taboada, 1998) en la primera unidad, nominando la biozona homónima. Mientras que en la segunda unidad, *Canocrinella* fue reasignada a *Marginovatia* (Taboada, 1997; Taboada *et al.*, 2009). Así *Canocrinella?* sp., de la FCLT se convierte en un taxón con afinidades inciertas, aunque cabe destacar que esta especie fue mencionada por Taboada (2010) como *Marginovatia* sp.

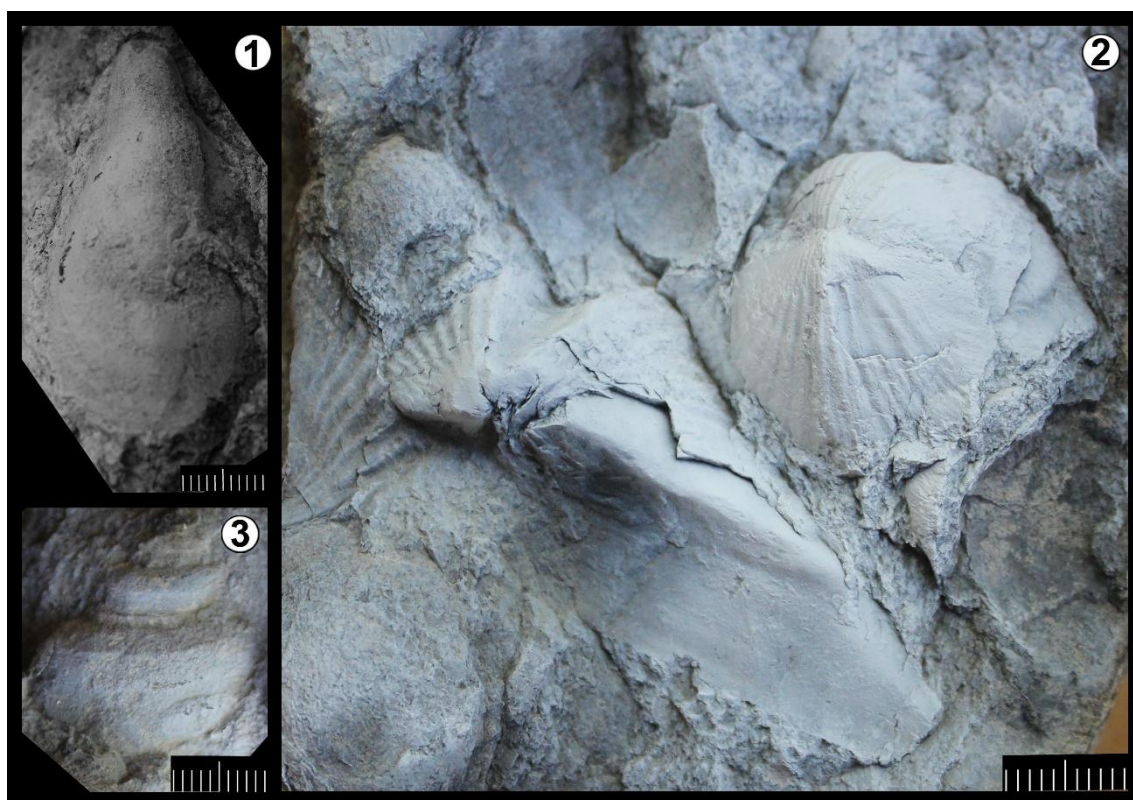
Finalmente, *Septosyringothyris* aff. *saltensis* fue desestimado por Cisterna (2011), y puesto en sinonimia a *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) *jaguelensis*. De esta manera queda en evidencia que muchos de los taxones identificados por Lech *et al.* (1998), poseen afinidades poco claras con las faunas más conspicuas del centro-oeste argentino.

## 7.5. RESULTADOS: PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

Del estudio taxonómico de la fauna de braquiópodos, procedente del nivel fosilífero ubicado entre el segundo y tercer nivel de conglomerados, reconocido en inmediaciones

de Quebrada Ciénaga Redonda, se identificaron a: *Pericospira sanjuanensis* (Lech & Aceñolaza, 1990); *Saltospirifer* cf. *guevarai* Cisterna & Archbold, 2007; *Leiorhynchus* cf. *cuyana* Amos, 1961b; *Pericospira* sp.; *Streptorhynchus* sp.; *Septosyringothyris* sp., y *Spiriferellina?* sp. 1, (Fig. 35). Las determinaciones sistemáticas pueden consultarse en el Capítulo 10.

El resto de material de invertebrados marinos corresponden a Bivalvos indet., y Gastrópodos indet., todos en regular estado de preservación (Fig. 36).



**Figura. 36.** 1, bivalvo indet., 2, fragmento de roca conteniendo diversos moldes internos y externos. 3, gastrópodo indet. Escala gráfica 10 mm.

## 7.6. DISCUSIÓN

### 7.6.1. Reconocimiento de las faunas y sus afinidades

La asociación faunística de braquiópodos analizada en esta sección, posee elementos paleontológicos claves desde el punto de vista bioestratigráfico, tales como *Pericospira sanjuanensis* y *Saltospirifer* cf. *guevarai*. Estas especies permitirían asimilar el conjunto faunístico a la recientemente propuesta Biozona de *Saltospirifer guevarai*-*Pericospira sanjuanensis* (S-P) (Pardo *et al.*, 2023 = fauna pT-S de Taboada *et al.*, 2021a), hasta el momento esta unidad es reconocida en los niveles fosilíferos inferiores

de las formaciones El Imperial (Cuenca San Rafael), Del Salto (Subcuenca Calingasta-Uspallata) y Río del Peñón (Subcuenca Río Blanco); y se le asigna una antigüedad Bashkiriana tardía temprana. Otros taxones en común (a nivel genérico) con la mencionada biozona reconocidos en este trabajo son *Streptorhynchus*, *Septosyringothyris* y *Spiriferellina*, aunque, *Streptorhynchus* y *Septosyringothyris* son elementos ubicuos en las cuencas del centro-oeste de Argentina, y también ocurren en la Fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus* (Taboada *et al.*, 2021a; Pardo *et al.*, 2023).

Por otra parte, en el centro-oeste argentino el género *Leiorhynchus* ha sido identificado únicamente, en la Fauna de *Marginovatia-Maemia* (Bashkiriano tardío más temprano), reconocida en las formaciones Pituil, Cerro Agua Negra y Huaraco (Taboada, 1997, 1999, Taboada *et al.*, 2014; este trabajo). La Fauna M-M sería predecesora de la Fauna S-P (ver Fig. 7), por lo cual la ocurrencia del género *Leiorhynchus* junto con *Saltospirifer cf. guevarai* y *Pericospira sanjuanensis*, en los estratos de la FCLT, incrementaría su rango stratigráfico hasta el Bashkiriano tardío temprano, al menos en el centro-oeste argentino y sectores australes (*i.e.*, Cuenca Neuquen).

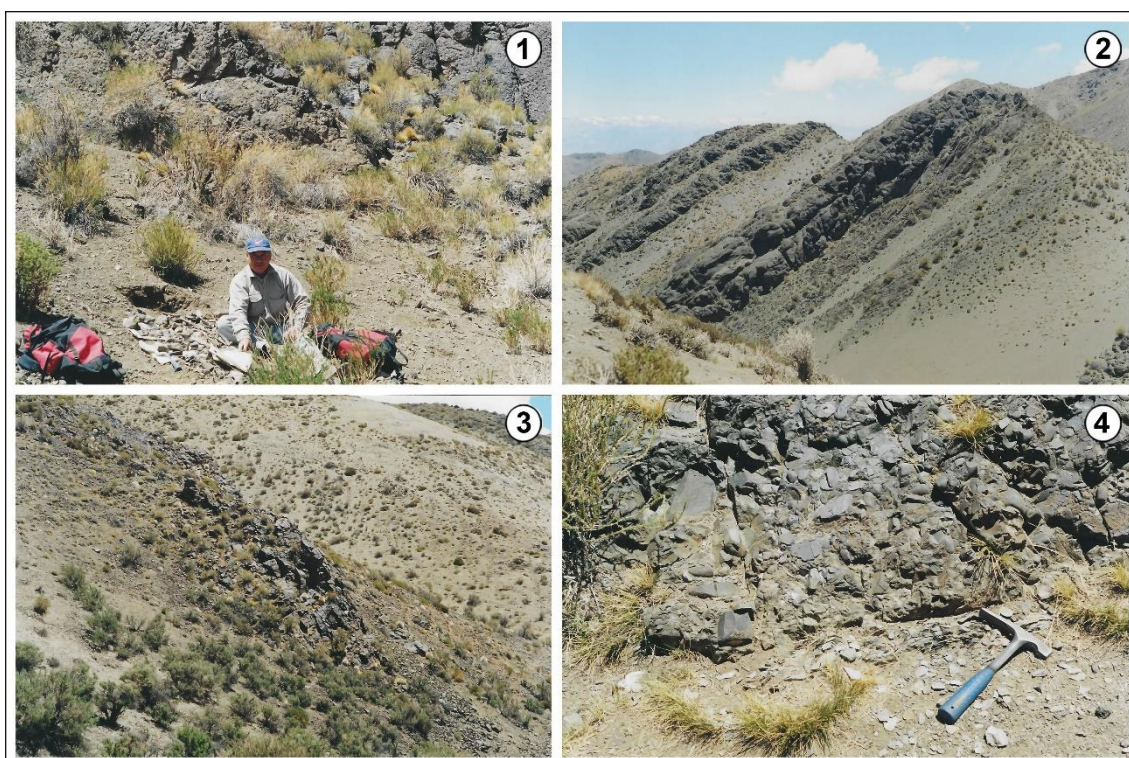
Un aspecto a destacar de la composición faunística analizada es que está dominada mayormente por espiriféridos. Esta podría equipararse con la fauna de espiriféridos documentada para la Formación Pituil (Sierra de Barreal), por Reed (1927), y que fuera sugerida por Cisterna & Archbold (2007), como muy relacionada a la fauna de espiriféridos del primer nivel fosilífero de la Formación Del Salto, compuesta mayormente por los géneros *Saltospirifer* y *Pericospira*.

El reconocimiento de la Fauna S-P en la Sierra del Tontal, incrementa los registros de la misma y expande su distribución geográfica hacia la Precordillera de San Juan, al SE de los afloramientos de la Formación Del Salto. Así mismo, constituye un argumento que justifica erigir una nueva unidad diferenciada de la Biozona T-S *sensu stricto* (Pardo *et al.*, 2023).

### **7.6.2. Ubicación stratigráfica de la Fauna *Saltospirifer-Pericospira***

La fauna estudiada se encuentra preservada en una arenisca gruesa a fina, e inclusive algunos de los especímenes se encontraban preservados con conchillas. Las valvas estaban mayormente desarticuladas, aunque con excepciones, y muchas yacían agrupadas o acumuladas, indicando que se trataría de material transportado (Fig. 36.2). La proveniencia de las muestras, 10 m por encima del segundo nivel de conglomerados (com. pers., Taboada, 2017), indicaría que el nivel fosilífero se ubica en el Miembro de

Conglomerados (III) del perfil estratigráfico provisto por Banchig *et al.* (1997), debido a que el mismo fue levantado en inmediaciones de Quebrada Ciénaga Redonda, y no en quebrada del arroyo Casa de Piedra (Com. pers. Taboada, 2023) (Figs. 34.3, 35 y 37). Dichos autores establecieron que el Miembro de Conglomerados (III), se puede asociar a un proceso regresivo, producto de la recuperación isostática de la plataforma al final de la glaciación (registrada en el Miembro de Diamictitas), representando el retrabajo marino somero de depósitos proglacial.



**Figura 37.** 1, detalle del nivel fosilífero, por encima del nivel de conglomerados. 2–3, vista general del Miembro de Conglomerados de la FCLT. 4, detalle de un nivel de Conglomerados.

Siguiendo esta interpretación, el nivel fosilífero estudiado se encontraría por encima del nivel fosilífero 1 de Lech *et al.* (1998), que contiene ; *Aspetella?* sp. y *Tuberculatella* sp., posiblemente elementos de la Fauna A-T/R-M (al menos a nivel genérico), en concordancia con el esquema bioestratigráfico actual. Aunque también se han documentado a estos géneros ocurriendo en la Fauna de M-M (ver capítulo 5 de ésta tesis). Si bien el mencionado orden de los taxones identificados en este trabajo de tesis no posee incongruencias con el esquema bioestratigráfico actual (ver Fig. 7), la Fauna de M-M posee como elementos constitutivos a especies del género *Leiorhynchus* (*i.e.*,

*Leiorhynchus* sp. nov.? Cisterna & Taboada, 1997, *Leiorhynchus* sp. Taboada, 1999) contrariamente a la Fauna A-T/R-M donde no se halla el mencionado género.

Los taxones *Aseptella?* sp., y *Tuberculatella* sp., se hallan en el Miembro II, por encima del nivel con *Diamictitas* (Miembro I). Dicho miembro de la FCLT fue correlacionado con los depósitos glaciarios registrados en la Formación San Eduardo (Lech & Milana, 2006). Pero no existe certeza aún, a qué evento o pulso glaciario corresponde dicho depósito. Gulbranson *et al.* (2010), establecen que son tres, y el que se vincula a la fauna A-T/R-M correspondería al más generalizado en las cuencas del centro-oeste argentino, con una antigüedad Serpukhoviano tardío-Bashkiriano, sin embargo durante el Bashkiriano, también se produjeron otros pulsos glaciarios menores (Gulbranson *et al.*, 2010; Milana & di Pascuo, 2019). De momento y como fue sugerido en el capítulo precedente de este trabajo, es necesario y fundamental reevaluar el contenido paleontológico de invertebrados marinos del Miembro El Paso, para esclarecer las verdaderas afinidades de los taxones *Aseptella* y *Tuberculatella*.

Los taxones hallados en los niveles fosilíferos superiores (miembros IV y V), documentados por Banchig *et al.* (1997) y Lech *et al.* (1998), posiblemente podrían incluirse en la fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus*, de antigüedad Moscoviana. Lech *et al.* (1998) documentaron a *Canocrinella?* sp., en el Miembro de areniscas con ondulitas y coquinas (IV), determinación basada en la observación de una valva ventral, y cuyos caracteres diagnósticos podrían sugerir también el género *Coolkilella*, componente conspicuo de T-S (Taboada, 2014; Taboada *et al.*, 2021a). Por otra parte, en este miembro también se registran coquinas de braquiópodos indeterminables (Lech & Milana, 2006). Mientras que, en el último nivel fosilífero (NF 5) registran a *Septosyringothyris* aff. *saltensis*, que ha sido puesto en sinonimia en *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) *jaguelensis*, taxón típico de la Fauna T-S (Cisterna, 2011) (Fig. 34.3). Estos hechos sugieren que posiblemente, sea la Fauna T-S la que ocurre en los miembros IV y V de la FCLT.

### **7.6.3. Edad relativa de la fauna y correlación**

En base al estudio sistemático de la fauna de braquiópodos procedente del Miembro de Conglomerados (III) de la FCLT, ésta puede incluirse en la Biozona de S-P, cuya antigüedad es Bashkiriana tardía temprana. La antigüedad para esta unidad bioestratigráfica fue establecida en base a sus relaciones estratigráficas con las paleofloras y palinomorfos reconocidos en el Miembro Inferior de la Formación el Imperial (Taboada

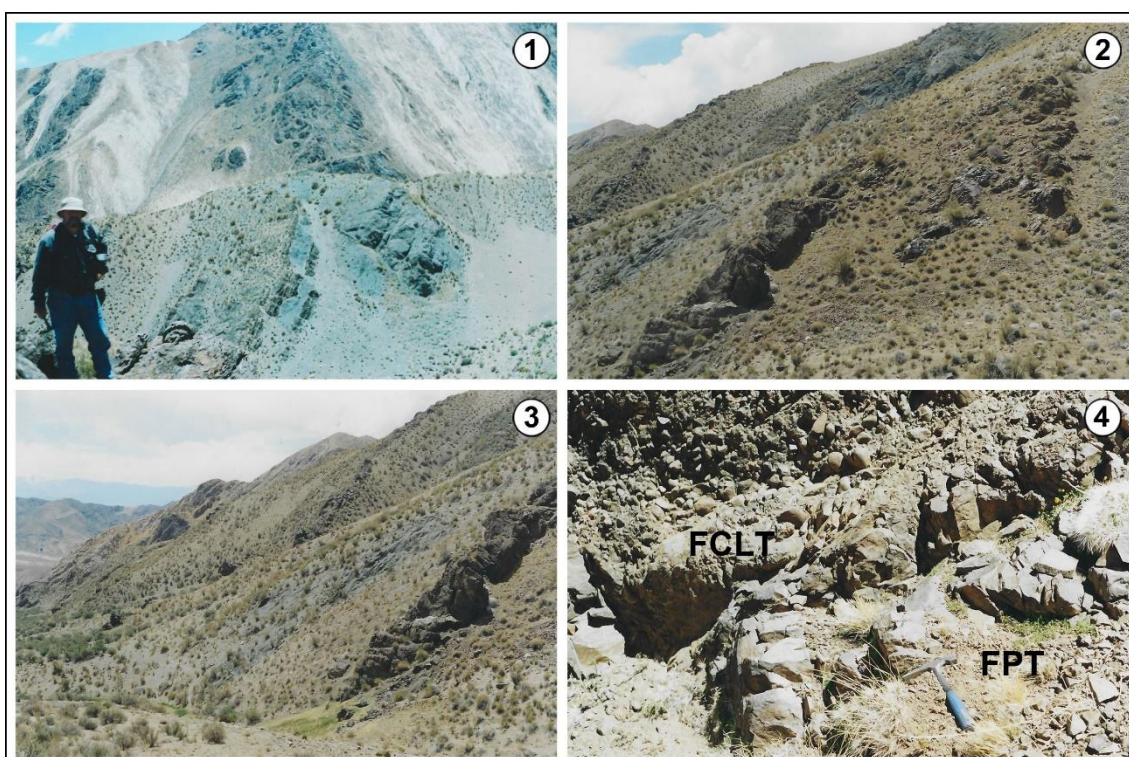
*et al.*, 2021a). Los elementos palinológicos documentados por Barredo & Ottone (2003), son hallados en inmediaciones de Quebrada Ciénaga Redonda (Lech & Milana, 2006) (Figs. 34.2-3), la misma procedencia del material estudiado aquí; de esta forma y tal como ocurre en la Formación El Imperial, es probable que, la asociación palinológica deba hallarse inmediatamente por debajo del nivel con la Fauna S-P, en el Miembro (III) de la FCLT, y descartando que el nivel donde se hallaron los palinomorfos corresponda al techo de la unidad, tal como fue sugerido por los últimos autores.

En base a características litológicas y ordenamiento estratigráfico, Banchig *et al.* (1997) y Lech *et al.* (1998), correlacionan los miembros IV y V de la FCLT, con las secciones inferiores de la Formación Del Salto, aflorante en el Cerro Brealito y la Quebrada del Alumbre; y con la Formación Tupe, aflorante en los Kilómetros 65 a 68 del río San Juan, y estando la FCLT en una configuración intermedia entre la Subcuenca Calingasta-Uspallata (al oeste) y la Cuenca Paganzo (al este) (Banchig *et al.*, 1997; Lech & Milana, 2006). Complementariamente Banchig *et al.* (1997), Lech *et al.* (1998), y Lech & Milana (2006), establecen que los miembros I y II de la FCLT, serían correlacionables, en parte, con la Formación San Eduardo y Guandacol, en igual configuración a la arriba mencionada (al oeste y este). Y además el nivel fosilífero I de la FCLT está constituido por lutitas verdes ubicadas sobre la sucesión glacimarina, de esta manera es esperable la correlación con la Fauna de *Levipustula* para esta sección de la columna estratigráfica. Sin embargo, deberían revisarse las afinidades de la Fauna de A-T/R-M (atendiendo a lo planteado en el inciso anterior y el capítulo precedente de esta tesis). Además, si la sugerida correlación de Lech *et al.*, (1998) es correcta, deberían hallarse otros elementos paleontológicos vinculados con la Fauna de *Levipustula*, o el fósil guía.

En campañas paleontológicas realizadas para la obtención del material de estudio, se observó la base de la unidad (nivel glacimarino basal), en contacto angular y erosivo con el basamento ordovícico Formación Portezuelo del Tontal (Com. Pers. Taboada, 2022) (Fig. 38). Esto corrobora las observaciones de Banchig *et al.* (1997), y permite descartar las de Barredo & Ottone (2003) quienes plantearon que el contacto de la unidad con el basamento es por fallamiento. Esta condición es similar a la ocurrida en otras unidades litoestratigráficas cercanas, tal como la Formación Del Salto (Subcuenca Calingasta-Uspallata). La base de ésta última ha sido reubicada al Bashkiriano, en base a dataciones relativas provistas por el hallazgo de elementos palinológicos atribuidos a la Subzona DMa (Milana & di Pascuo, 2019). Pero además, otras unidades infrayacentes a la mencionada (*i.e.*, formaciones El Planchón y Churupatí), también han sido datadas, y

reubicadas en el carbonífero, de esta manera los mencionados autores proponen la inexistencia de áreas de relieve positivo o Protoprecordillera que evitaba el ingreso del mar hacia el este durante el Carbonífero. La misma observación fue planteada para la FCLT, en base a los elementos paleontológicos marinos hallados a lo largo de la secuencia (Lech & Milana, 2006).

La ocurrencia de la fauna S-P, en esta sección de la columna estratigráfica en la FCLT (Miembro III de Banchig *et al.*, 1997), podría corroborar lo sugerido por Taboada (2004) y Lech & Milana (2006), quienes correlacionan parcialmente los miembros III, IV y V, con las formaciones Del Salto y Tupe.



**Figura 38.** 1, vista general a los afloramientos de la FCLT. 2–3, vista general del contacto angular y erosivo entre el basamento Formación Portezuelo del Tontal (FPT) y las diamictitas de la Formación Ciénega Larga del Tontal (FCLT). 4, detalle del contacto entre las citadas unidades. Piqueta de escala

## 7.7. CONCLUSIONES

En base al estudio y análisis del contenido fosilífero de braquiópodos de la Formación Ciénega Larga del Tontal, se desprenden las siguientes conclusiones:

- 1- La asociación faunística recuperada del Miembro de Conglomerados de la FCLT, puede ser atribuida a la Fauna de *Saltospirifer-Pericospira*, cuya antigüedad es Bashkiriano tardío temprano. La composición taxonómica de braquiópodos de



esta asociación está conformada por: *Pericospira sanjuanensis*, *Saltospirifer* cf. *guevarai*, *Leiorhynchus* cf. *cuyana*, *Pericospira* sp., *Streptorhynchus* sp., *Septosyringothyris* sp., y *Spiriferellina?* sp. 1.

- 2- Se actualiza el contenido faunístico de braquiópodos para esta unidad, y se brinda nuevo conocimiento de una fauna y un nivel fosilífero totalmente desconocido para la unidad. Hallazgos que permitieron precisar las relaciones estratigráficas con las faunas previamente reconocidas en esta unidad litoestratigráfica.
- 3- En base al conocimiento de la antigüedad de la Fauna de *Saltospirifer-Pericospira*, y a la antigüedad que brinda la microflora de la Subzona A de *Raistrickia-Convolutispora* (DMA), puede inferirse que esta última debe encontrarse por debajo del nivel con *Saltospirifer-Pericospira*. Algo similar se observa en el Miembro Inferior de la Formación El Imperial. Permitiendo establecer la ubicación de la Subzona DMA en la columna estratigráfica de referencia, que hasta el momento permanecía incierta.
- 4- Se suma al taxón *Leiorhynchus* sp. 1, al contenido faunístico de la Fauna de *Saltospirifer-Pericospira*, ampliando de esta manera el conocimiento de esta fauna, y el rango estratigráfico del mencionado género.
- 5- Se correlaciona el Miembro de Conglomerados (III) de la FCLT, con los niveles inferiores de las formaciones El Imperial, Del Salto, y Río del Peñón.
- 6- La fauna que se halla por encima del nivel fosilífero con la Fauna de *Saltospirifer-Pericospira*, podría corresponder a la Fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus*.
- 7- La fauna del primer nivel fosilífero podría corresponder a la Fauna de *Aseptella-Tuberculatella/Rhipidomella-Micraphelia*, registrada en el Miembro El Paso de la Formación San Eduardo. O posiblemente también a la Fauna de *Marginovatia-Maemia*.

## CAPÍTULO 8. FORMACIÓN HUARACO

### 8.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La Formación Huaraco (Zöllner & Amos, 1955), se ubica dentro de la Provincia Geológica de la Cordillera Principal, en la Provincia del Neuquén. Sus afloramientos se encuentran al pie occidental de la Cordillera del Viento, ubicada en el noroeste de la Provincia del Neuquén, cercana a la localidad de Andacollo y Huinganco. A esta región también se la ha mencionado como Comarca Neuquina (Fig. 20). Esta es una unidad sedimentaria clástica de origen primordialmente marino, de aproximadamente 700 metros de potencia, y que registra un lapso de *ca.* 327–288 Ma, correspondiente al Serpukhoviano tardío–Artinskiano. Las dataciones radimétricas fueron realizadas en las unidades infra y suprayacentes, respectivamente, debido a la naturaleza volcánica de las mismas (Llambías *et al.*, 2007; Zappettini *et al.*, 2012; Giacosa *et al.*, 2014). Su litología consta esencialmente de pelitas, fangolitas, y areniscas de grano fino a medio, con escasos niveles de areniscas gruesas y conglomerados. Taboada *et al.* (2014) reconocieron cuatro estadios depositacionales (DS1–DS4), diferenciados por superficies de incisión y documentando varios ciclos transgresivos-regresivos. La secuencia estratigráfica de la Formación Huaraco, se encuentra plegada e intruída por distintos tipos de plutones (Giacosa *et al.*, 2014).

Entre las investigaciones pioneras en el área de la Cordillera del Viento se destaca el trabajo de Zöllner & Amos (1955), quienes definieron la estratigrafía y geología del área, además definieron la mayoría de las unidades litoestratigráficas. Erigieron la Serie Andacollo (Zöllner & Amos, 1955), en la que incluyeron a la Formación Huaraco, junto con las Tobas inferiores (subyacente) y las Tobas superiores (suprayacente), las tres separadas por discordancias. Posteriormente, las tres unidades fueron reunidas por Digregorio (1972) en el Grupo Andacollo (Zöllner & Amos, 1955); sin embargo, años más tarde Méndez *et al.* (1995) renombran a las Tobas Inferiores como Formación Arroyo del Torreón (Méndez *et al.*, 1995), y a las Tobas Superiores como Formación La Premia (Méndez *et al.*, 1995). Más recientemente, Llambías *et al.* (2007) basados en evidencias tectónicas y magmáticas enmiendan al Grupo Andacollo e incluyen solo a las formaciones Arroyo del Torreón y Huaraco, y renombran la Formación La Premia como Complejo volcánico-plutónico Huinganco (Llambías, *et al.*, 2007). De esta manera se estableció la estratigrafía general del área. Nuevas contribuciones fueron brindadas por Suárez *et al.* (2022), Dicaro *et al.* (2022), Cañas *et al.* (2022), entre otros, los cuales resumen aspectos

estratigráficos, litológicos, y tectónicos, focalizándose principalmente en aspectos geológicos debido al interés minero que hay en esta región.

Con respecto al contenido paleontológico de la Formación Huaraco, originalmente se ha citado la ocurrencia de invertebrados marinos y restos de plantas, aunque sin estudios de rigor (Leanza, 1945; Zöllner & Amos, 1955). Entre los taxones de paleofloras, fueron mencionadas *Rhacopteris ovata* (McCoy) Walkom, *Rhacopteris* sp. y *Lepidodendron* sp., integrantes de la Fitozona NBG, con una antigüedad carbonífera tardía (Zöllner & Amos, 1955). Sin embargo, estos materiales no han sido revisados nuevamente, por lo que posiblemente las asignaciones sistemáticas estén desactualizadas y sin vinculaciones precisas con las floras más conspicuas del centro-oeste argentino. Las faunas de invertebrados marinos, han sido dadas a conocer recientemente por Taboada *et al.*, (2014), revelando una significativa diversidad; sin embargo, aún no cuentan con un estudio taxonómico en profundidad. Las faunas se reconocen en la mitad superior de la unidad, detectándose algunos elementos paleontológicos clave, que brindan nexos con faunas conspicuas del centro-oeste de Argentina y también con Patagonia; colocando a estas faunas en una situación clave para aportar elementos de discusión a diferentes interpretaciones paleogeográficas. Por este motivo, esta tesis pretende brindar mayor conocimiento de detalle de las mismas, a fin de obtener mayores precisiones respecto a acontecimientos paleobiológicos, paleobiográficos y paleoclimáticos, entre otros, acontecidos en la Cuenca Neuquen o Comarca Neuquina.

### **8.1.1. Contenido paleontológico**

El hallazgo de elementos paleontológicos de invertebrados marinos en la Formación Huaraco fue comunicado por primera vez por Leanza (1945), al mencionar que un colega de la Universidad de Cuyo, el Dr. Clemente Leidhold, había hallado unos ejemplares de espiriféridos preservados en esquistos negros en la región de la Cordillera del Viento. El Dr. Leanza, tuvo acceso a estas muestras y las identificó como formas muy cercanas a *Syringothyris keideli* (Harrington, 1938) (= *Septosyringothyris keideli*), pertenecientes a la fauna de *Levipustula* del Carbonífero medio. Estos hallazgos pioneros, permitieron correlacionar los sedimentos portadores de esta fauna, con los que afloran en la región del centro-oeste de Argentina, tales como, la Sierra de Perico (Formación Tupe), Leoncito (Formación Leoncito), Barreal (Formación Pituil), e incluso los de la Sierra Pintada (Formación El Imperial) (Leanza, 1945). Investigadores tales como, Harrington, Frenguelli y Leanza, entre otros, realizaron expediciones de la región de la Cordillera del

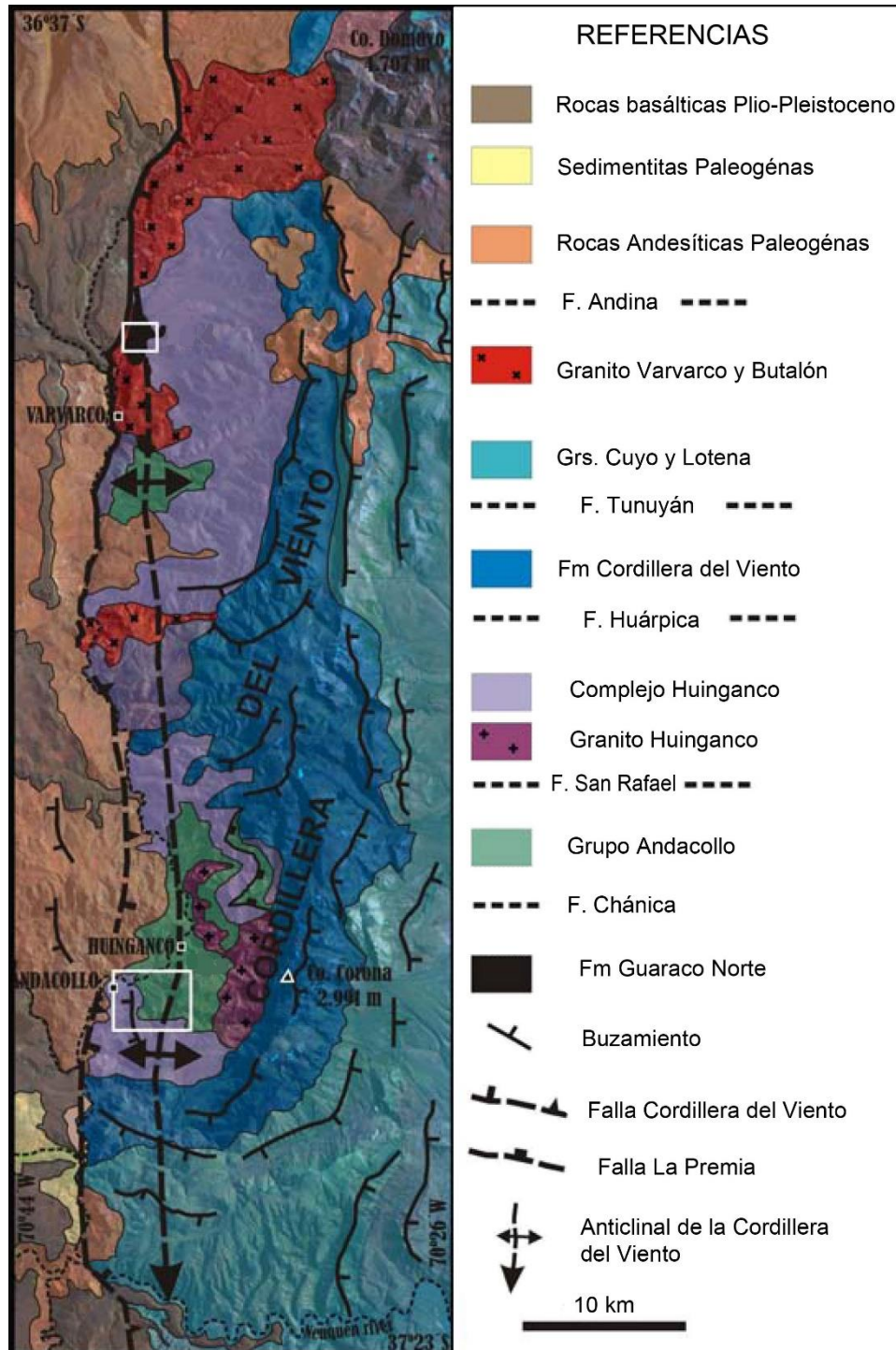
Viento, hallando braquiópodos y bivalvos en el área del Cerro Minas. Sin embargo, el nivel de syringotíridos de Leidhold nunca fue hallado. Entre las formas identificadas se citan; *Spirifer pericoensis?* (Leanza, 1945), *Chonetes* sp., *Orbiculoidea* sp., Productidae gen. et sp. indet., *Carbonicola* sp., y *Allorisma* sp., siendo depositados en las colecciones de la Facultad de Ciencias Exactas de Buenos Aires (Zöllner & Amos, 1955).

Posteriormente a estos primeros reportes de fósiles marinos, la región de la Cordillera del Viento permaneció prácticamente inexplorada desde el punto de vista paleontológico, y solamente se desarrollaron trabajos de investigación de índole geológica (Llambías *et al.*, 2007; Zappettini, *et al.*, 2012; Suárez *et al.*, 2012; Giacosa *et al.*, 2014; Dicaro *et al.*, 2022; Suárez *et al.*, 2022). Recientemente, Taboada *et al.* (2014), dieron a conocer el hallazgo de diversas faunas marinas, en tres horizontes fosilíferos, y destacaron sus vínculos con las faunas más conspicuas reconocidas en cuencas septentrionales, tales como Uspallata-Iglesia, Paganzo, y San Rafael. En el primer nivel fosilífero, ubicado en el Cerro San Pedro, reconocieron un conjunto faunístico de baja diversidad, y dominado por braquiópodos, entre los que destacan: *Linipalus?* sp. nov., *Marginovatia* sp., *Neochonetes (Neochonetes) granulifer*, *Leiorhynchus* sp., *Sulcataria?* sp. Además, de escasos bivalvos Nuculidae. El segundo horizonte fosilífero, ubicado en el Cerro Minas, consta de los braquiópodos *Tivertonia jachalensis* (Amos, 1961a) formando horizontes de coquinas, *Lanipustula patagoniensis* Simanaukas, 1996a, *Rhynchopora* sp., y *Orbiculoidea* sp. También ocurren los bivalvos *Sueroa* sp., y *Phestia* sp., y escasos gastrópodos. Finalmente, el último nivel fosilífero, está ubicado al pie occidental del Cerro San Pedro, en inmediaciones del basurero municipal, y su composición faunística consta de restos monoespecíficos de *Septosyringothyris* sp.

## 8.2. MARCO GEOLÓGICO

La Cordillera del Viento es considerada un bloque morfoestructural que se elevó como resultado de la tectónica compresiva terciaria correspondiente a la Orogenia Andina, la cual permitió que quedasen expuestos (en el faldeo occidental) los afloramientos del Paleozoico superior, tanto en el noroeste del Neuquén, como en el sur de Mendoza (Llambías *et al.*, 2007; Giacosa *et al.*, 2014). La Cordillera del Viento está asociada a un amplio pliegue de orientación N-S denominado “Anticlinal de la Cordillera del Viento”, y las rocas paleozoicas se ubican en dos grandes conjuntos de afloramientos en el núcleo del anticlinal (Fig. 39). Los afloramientos de mayores espesores se localizan al sur (cerca del cierre del anticlinal) donde se reconoce el Grupo Andacollo. Por otra

parte, hacia el norte los restantes afloramientos pertenecen al Grupo Andacollo y a la Formación Guaraco Norte (Zappettini *et al.*, 1987) del Devónico tardío–Carbonífero temprano, representando el basamento de la Cuenca donde se desarrolló la Formación Huaraco (Zappettini *et al.*, 2012; Giacosa *et al.*, 2014; Suárez *et al.*, 2022).



**Figura 39.** Mapa geológico de área de estudio, mostrando las principales unidades que afloran en la región de la Cordillera del Viento, entre ellas el Grupo Andacollo (recuadro blanco). Tomado y modificado de Giacosa *et al.* (2014).

Las secuencias paleozoicas de la Cordillera del Viento pueden correlacionarse con afloramientos de la Cordillera Frontal de Mendoza y San Juan, ubicados aproximadamente 250 km al norte. Estudios recientes realizados en el Cordón del Plata (Mendoza) y Cordón del Carrizalito (San Juan), que describen las series sedimentarias paleozoicas, muestran similar antigüedad, estructura y grado metamórfico que los afloramientos de la Cordillera del Viento (Heredia *et al.*, 2012; García Sansegundo *et al.*, 2012, *fide* Giacosa *et al.*, 2014). Además, el Grupo Andacollo posee una posición tectonoestratigráfica similar a las formaciones preorogénicas gondwánicas más septentrionales, tales como, El Plata (Caminos, 1965) y Cerro Agua Negra (Polanski, 1970) (Giacosa *et al.*, 2014) (Fig. 40). Por otra parte, una de las características principales de la Cordillera del Viento es la presencia de mineralizaciones hidrotermales, muchas de las cuales están concentradas en el distrito minero Andacollo compuesto de sistemas de vetas de oro y de plata de Andacollo y La Primavera (Stoll, 1957; Danielli *et al.*, 1999; Giacosa, 2011, *fide* Giacosa *et al.*, 2014; Cañas *et al.*, 2022).

La Formación Huaraco se encuentra levemente plegada (sin metamorfismo asociado), posiblemente como consecuencia de la Fase Diastrófica San Rafael, aunque sin descartar que también se hayan producido en ciclos diastróficos posteriores (*e.g.*, Orogenia Andina) (Ramos, 1988, *fide* Giacosa *et al.*, 2014). La Fase San Rafael generó la discordancia erosiva que separa la Formación Huaraco del suprayacente Complejo volcánico-plutónico Huinganco. Este complejo está conformado por diversas rocas ígneas, tales como plutones de granodiorita y monzogranito junto con diques y domos de riolitas que se emplazaron cortando las secuencias carboníferas de la Formación Huaraco, e incluso las de la Formación Arroyo del Torreón (Llambías *et al.*, 2007; Dicaro *et al.*, 2022).

EDAD	Cordillera del Viento	Cordillera Frontal	Ciclos orogénicos	CONFIGURACIÓN GEODINÁMICA
PÉRMICO	Fm La Premia	G. CHOIYOI	Pre - ANDINA	RIFT
	<del>Fm Huaraco</del>	Río Blanco Cg.	Sin - San Rafael	CUENCAS DE RETROARCO
CARBONÍFERO	SUP. Fm Huaraco	Fm El Plata	Pre - San Rafael	CUENCA DE RETROCUÑA
	INF. Fm Arroyo del Torreón			RIFT
DEVÓNICO	Fm Guaraco Norte	Niveles Vallecitos	Pre - Chánica	CUENCA DE ANTEPAIS
				SILÚRICO

-----	Discordancia principal	-----	Discordancia Post- Rift		Erosión o No Deposition
- - - - -	Discordancia sinorogénica		Magmatismo		

**Figura 40.** Cuadro de correlaciones geológicas entre la Cordillera del viento y la Cordillera Frontal, y las posibles fases diastróficas acontecidas. Tomado y modificado de Giacosa *et al.* (2014).

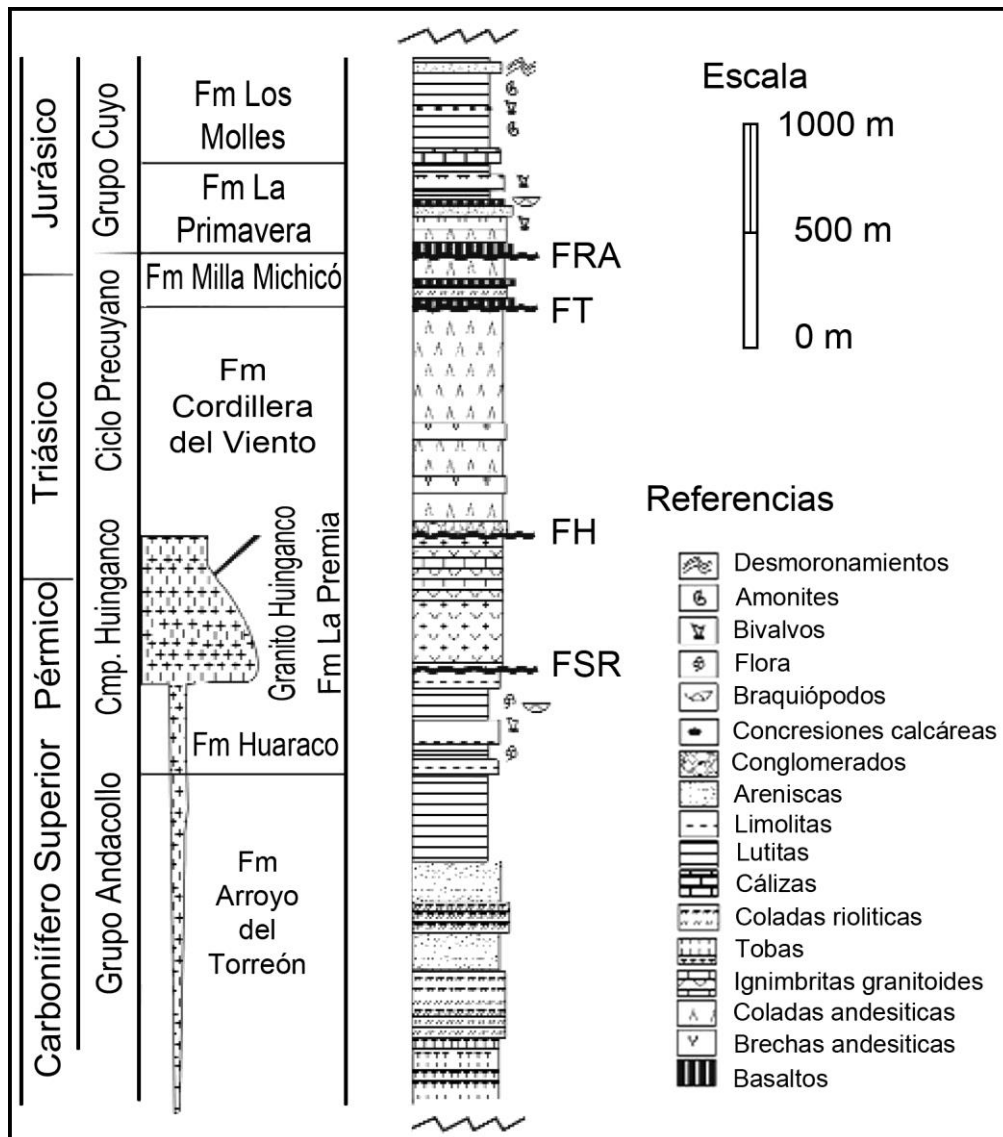
### 8.2.1. Relaciones estratigráficas de la Formación Huaraco

La Formación Huaraco, está incluida dentro del Grupo Andacollo junto con la infrayacente Formación Arroyo del Torreón, ambas separadas en relación de discordancia angular de bajo grado (Fig. 41). La Formación Arroyo del Torreón posee un espesor de aproximadamente 1.200–1.800 m (Zöllner & Amos, 1973) de rocas volcánicas silíceas y rocas subvolcánicas, tales como, tobas, ignimbritas, flujos de riolitas y dacitas, y domos, intercalados con conglomerados clasto soportado, areniscas y pelitas que se hacen más abundantes hacia el tope de la secuencia, e incluso similares a las de la unidad suprayacente (Giacosa *et al.*, 2014). La edad de esta unidad ha sido datada en 326 +/- 3 Ma (Hervé *et al.*, 2013) es decir el Carbonífero inferior (Giacosa *et al.*, 2014). Sin embargo, Zappettini *et al.* (2012) establecen que su antigüedad máxima alcanzaría los 389 Ma. Como se mencionó, ambas unidades se hallan separadas por discordancia angular de bajo grado, mediando entre ellas un hiato (Zöllner & Amos, 1955). Sin embargo, recientemente Dicaro *et al.* (2022), mencionan que el contacto también aflora en el cerro Los Pajaritos, siendo paraconcordante, señalando que el hiato no habría sido muy grande y que la silicificación de la Formación Arroyo del Torreón habría sido posterior a la depositación de la Formación Huaraco.

Por otro lado, la Formación Huaraco infrayace al Complejo volcánico-plutónico Huinganco, compuesto por rocas ígneas del Granito Huinganco (Digregorio, 1972) y las ignimbritas de la Formación La Premia, comprendiendo el lapso Pérmico temprano–Triásico temprano. Dichas rocas volcánicas suprayacen discordantemente a las rocas de la Formación Huaraco (Fig. 41). El granito Huinganco intruye al Grupo Andacollo, y parte de sus afloramientos se ubican en la cabecera del Arroyo Huaraco, la datación de este granito arroja una antigüedad de  $283.4 \pm 1$  Ma (Sato *et al.*, 2008, *fide* Zappettini *et al.*, 2012). Las rocas de la Formación La Premia se ubican en contacto por falla con las sedimentitas de la Formación Huaraco en las cercanías del Cerro Minas. Estas rocas intruyen al Grupo Andacollo, y se correlacionan con las del Grupo Choiyoi que afloran en la Cordillera Frontal y El Bloque de San Rafael (Giacosa *et al.*, 2014), y la datación de las mismas brindó una antigüedad de  $281.8 \pm 2.1$  Ma (Suárez *et al.*, 2008, *fide* Zappettini *et al.*, 2012).

Finalmente, la otra unidad paleozoica que aflora en el sector norte del anticlinal de la Cordillera del Viento, es la Formación Guaraco Norte (Devónico) que consiste en una secuencia metasedimentaria rica en cuarzo y capas de cuarcita finamente laminadas. Se estima que fue afectada por la Fase Diastrófica Chánica, encontrándose cortada por numerosas venas de cuarzo y granito (Heredia *et al.*, 2012; Giacosa *et al.*, 2014). Desde un punto de vista litoestratigráfico, la Formación Guaraco Norte se correlacionaría con rocas metamórficas preorogénicas (de probable edad devónica), que afloran por debajo de los sedimentos carboníferos en la Cordillera Frontal de Mendoza (Fig. 40). Hasta el momento no han podido hallarse relaciones estratigráficas de estas rocas con las Neopaleozoicas que afloran al sur (Giacosa *et al.*, 2014). Sin embargo, Suárez *et al.* (2022), recientemente han reconocido rocas atribuidas a las formaciones Arroyo del Torrón, Huaraco y parte de La Premia (o Complejo volcánico-plutónico Huinganco), en inmediaciones de la localidad de Varvarco (Neuquén), extendiendo de esta manera los afloramientos del Grupo Andacollo hasta el sector norte de la Cordillera del Viento.





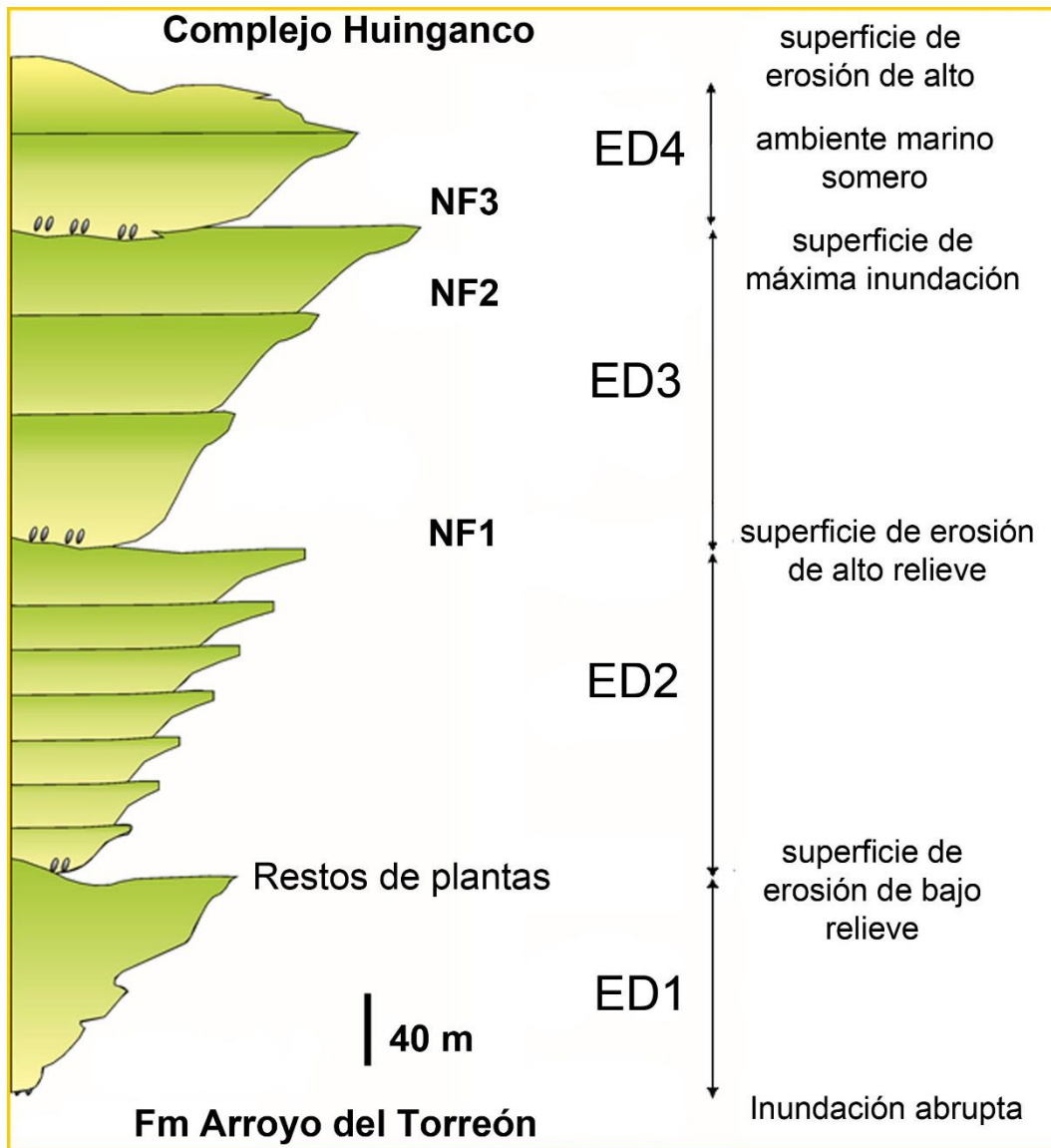
**Figura 41.** Perfil estratigráfico simplificado mostrando las diversas unidades que afloran en el área de la Cordillera del Viento. **FSR:** Fase San Rafael, **FH:** Fase Huárpica, **FT:** Fase Tunuyán, **FRA:** Fase Río Atuelica. Tomado y Modificado de Llambías *et al.* (2007).

### 8.2.2. Estratigrafía de la Formación Huaraco

La Formación Huaraco comprende una secuencia estratigráfica de 700 m de espesor, la cual está integrada mayormente en su litología por pelitas y limolitas, y una proporción menor de areniscas y conglomerados, la estratificación es bastante nítida, lo que evidencia una sedimentación rítmica (Zöllner & Amos, 1955). Sus depósitos son primordialmente marinos, aunque en su base y techo hay influencia continental (Taboada *et al.*, 2014). La secuencia comienza con un conglomerado basal o paraconglomerado con clastos volcánicos y sedimentarios, prosiguen pelitas y limolitas verde oscuro a negras, las cuales a veces contienen marcas de oleaje. Hacia el techo se hacen más abundantes

las areniscas y conglomerados de cuarcita, cuyos clastos exhiben un amplio grado de redondeamiento (Giacosa *et al.*, 2014). Taboada *et al.* (2014) reconocen en esta unidad tres miembros informales a los que denominaron inferior, medio y superior (Figs. 42 y 43). El Miembro Inferior, inicia con escasos conglomerados y areniscas gruesas, y luego prosiguen areniscas y pelitas. Se infieren condiciones de ambiente fluvial en la base, y de ambiente marino somero hacia el techo del miembro. En los tramos superiores de este miembro se hallan restos de paleofloras, lo que indicaría que la costa no estaba muy alejada de esta cuenca (Zöllner & Amos, 1955). El Miembro Medio, aflora en el Cerro San Pedro, y su litología consta esencialmente de pelitas y fangolitas masivas, además de areniscas de grano fino. Dos de los tres horizontes fosilíferos, con invertebrados marinos, ocurren en este miembro, cuyo ambiente inferido es marino somero a profundo (Figs. 42 y 43). Finalmente, el último miembro está constituido por areniscas de grano fino a mediano con abundantes estructuras sedimentarias (*e.g.*, laminación heterolítica), típico de un ambiente marino somero. Dicho miembro representa la somerización de la cuenca, y en el se halla el nivel fosilífero estratigráficamente más alto (Taboada *et al.*, 2014).

Por otra parte, en esta unidad fueron reconocidos cuatro estadios depositacionales, con varios ciclos transgresivos-regresivos, siendo el tercero el de mayor relevancia, ya que evidencia las condiciones de máxima inundación, a la vez que contiene los principales niveles fosilíferos (Figs. 42 y 43) (Taboada *et al.*, 2014). Se estima que la Formación Huaraco, se habría desarrollado en el contexto de una cuenca de tipo extensional (Giacosa *et al.*, 2014). No obstante, Zappettini *et al.* (2012) establecen que esta cuenca habría sido de tipo retrocuña, por desarrollarse detrás del antiguo prisma de colisión de Chileña con el margen sudoccidental de Gondwana, en donde se formó un arco magmático activo.



**Figura 42.** Columna estratigráfica de la Formación Huaraco, indicando los principales niveles fosilíferos y las secuencias depositacionales. NF 1–3, niveles fosilíferos. ED 1–4, estadios depositacionales. Tomado y modificado de Taboada *et al.* (2014).

### 8.3. BIOESTRATIGRAFÍA

En base a los esquemas bioestratigráficos actuales, propuestos por Azcuy *et al.* (2007), Césari *et al.*, (2011), y Taboada *et al.*, (2021a), entre otros, las faunas de la Formación Huaraco posiblemente estarían comprendidas dentro de las biozonas de *Marginovatia-Maemia* y *Tivertonia-Streptorhynchus*, reconocidas en vastas unidades litoestratigráficas del centro-oeste de Argentina (Fig. 7).

## **8.4. RESULTADOS: PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA**

### **8.4.1. Primer nivel fosilífero**

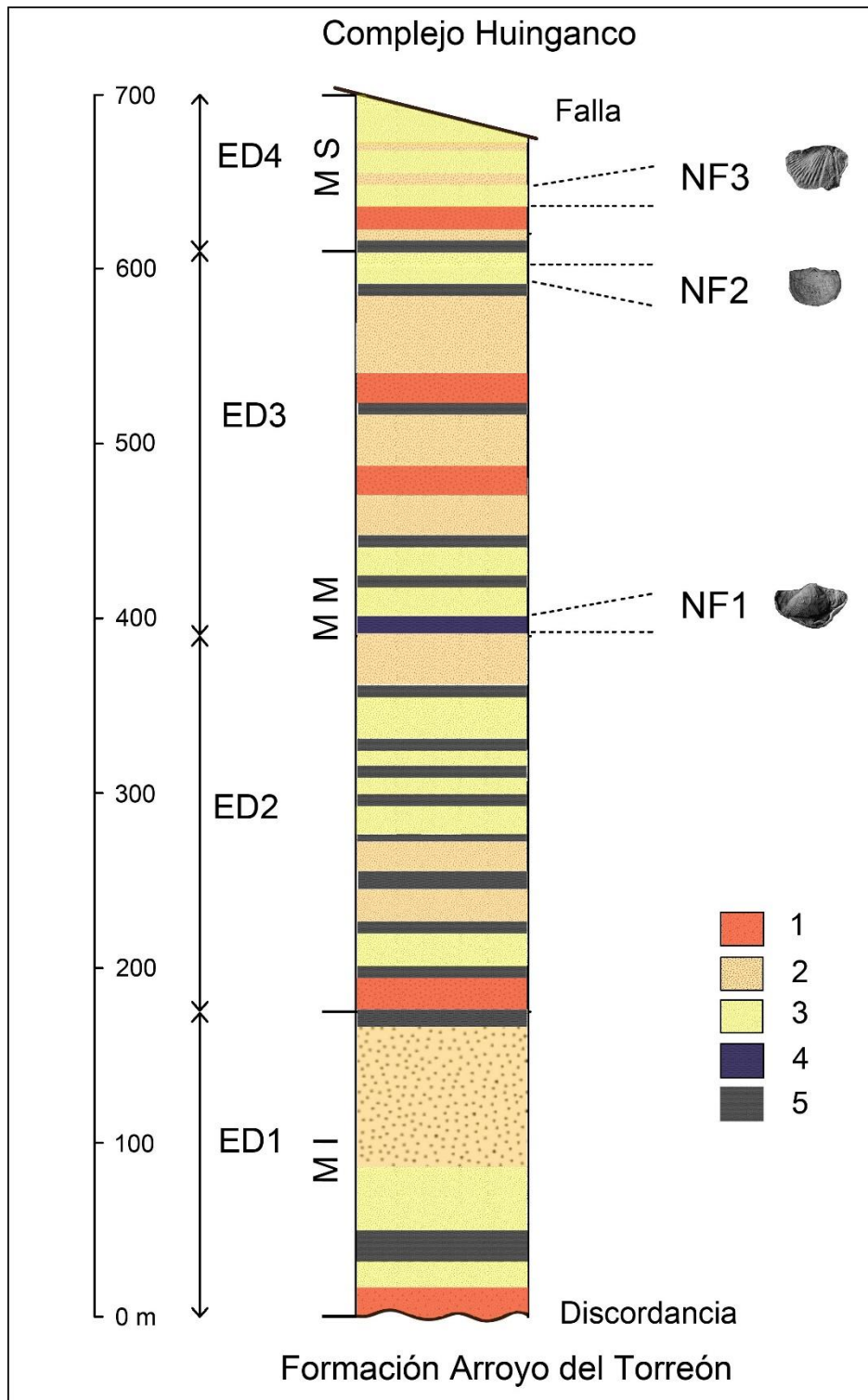
De la sección estratigráfica que aflora en el Cerro San Pedro, en el cual se reconoce el primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco (Fig. 43), se determinaron los siguientes taxones de braquiópodos: *Neochonetes (N.) granulifer* (Owen, 1852), *Gonzalezius naranjoensis?* Taboada, 2004, *Leiorhynchus* sp. 2, *Linoproductoides* sp. nov., *Linispinus* cf. *crassus* Lazarev, 2008, Linoproductinae indet., Linispinae indet. La descripción detallada de estas formas puede consultarse en el Capítulo 10.

### **8.4.2. Segundo nivel fosilífero**

De la sección estratigráfica aflorante en el Cerro Minas, en inmediaciones de las antenas de radio, se reconoce el segundo nivel fosilífero de la Formación Huaraco (Fig. 43), del cual se determinaron los braquiópodos: *Tivertonia jachalensis* (Amos, 1961a), *Lanipustula patagoniensis* Simanaukas, 1996a, y *Rhynchopora* sp. 2. La descripción detallada de estas formas es ofrecida en el Capítulo 10.

### **8.4.3. Tercer nivel fosilífero**

De la sección estratigráfica que aflora al este del Cerro Minas, y en cercanías de un basurero municipal y la Ruta Provincial Rogelio Figueroa, donde se reconoce el tercer nivel fosilífero de la Formación Huaraco (Fig. 43), se determinaron restos fragmentarios de ejemplares atribuidos a Syringothyrididae indet. La descripción detallada de estas formas puede consultarse en el Capítulo 10.



**Figura 43.** Perfil estratigráfico (simplificado) de la Formación Huaraco, integrando las secciones de Cerro San Pedro y Cerro Minas. Indicando los tres niveles fosilíferos reconocidos en este trabajo, y los miembros informales definidos por Taboada *et al.* (2014). M I, miembro inferior (Miembro Saltillos *sensu* Taboada *et al.*, 2014), M M, miembro medio (Miembro San Pedro *sensu* Taboada *et al.*, 2014), M S, miembro superior (Miembro Dos Quebradas *sensu* Taboada *et al.*, 2014). NF1–3, niveles fosilíferos. ED1–4, estadios depositacionales. Litologías; 1, conglomerados. 2, areniscas gruesas. 3, areniscas medianas a finas. 4, pelitas gris verdosas. 5, lutitas negras.

## 8.5. DISCUSIÓN

### 8.5.1. Primer nivel fosilífero: reconocimiento de la fauna en la localidad fosilífera y sus afinidades

Al analizar el contenido faunístico de braquiópodos del primer horizonte fosilífero de la Formación Huaraco, se destaca la ocurrencia de *Neochonetes* (*Neochonetes*) *granulifer* junto con *Leiorhynchus* sp. 2. *Neochonetes* (*Neochonetes*) *granulifer* es un elemento conspicuo de la fauna de aguas templado-cálidas de *Marginovatia-Maemia*. En suma, el segundo taxón mencionado, al menos a nivel genérico, también se ha reconocido en la mencionada fauna, por lo que la ocurrencia conjunta de estos taxones sería un elemento de juicio que permitiría su inclusión en la Fauna de M-M. La misma ha sido reconocida y discutida en capítulos previos de este trabajo en la Formación Cerro Agua Negra en la Cordillera Frontal de San Juan. La ocurrencia de la Fauna M-M en el primer horizonte fosilífero de la FH estaría indicando que las corrientes marinas templado-cálidas provenientes del norte, habrían alcanzado la paleolatitud en la cual se habría encontrado la Comarca Neuquina durante el Bashkiriano tardío más temprano (Taboada *et al.*, 2014). Cabe mencionar que el conjunto de taxones registrados por Taboada *et al.* (2014), poseen afinidades boreales y paleoecuatoriales, y se vinculan con las faunas de Estados Unidos (Mid-Continent Basin), que migraron a la región del centro-oeste argentino, cuando se instauró un leve mejoramiento climático en la región durante el Bashkiriano medio (Taboada, 1997; 2010).

**8.5.1a. Implicancias de la ocurrencia de *Gonzalezius naranjoensis*?** La ocurrencia de *Gonzalezius naranjoensis*? en el primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco, representa la primera mención de este taxón para la mencionada unidad. *G. naranjoensis* se registró anteriormente (en este trabajo) en la Formación Cerro Agua Negra, Cordillera Frontal de San Juan, ocurriendo junto con la Fauna de M-M. De esta manera se halla otro elemento faunístico que permite la asimilación de la fauna del primer nivel fosilífero de la FH en M-M. Sin lugar a dudas el poder contar con más registros de este taxón en otras unidades litoestratigráficas, podría esclarecer las vinculaciones de *Gonzalezius* como un elemento de significancia regional, en las cuencas del centro-oeste de Argentina.

**8.5.1b. La ocurrencia de la Familia Linoproductidae e implicancias paleobiogeográficas.** La ocurrencia de abundantes y variados representantes de la Familia Linoproductidae Stheli, 1954, en el primer nivel fosilífero de la Formación

Huaraco, es un hecho de suma relevancia desde el punto de vista paleobiogeográfico. Un análisis sistemático de detalle de estos ejemplares ha permitido reconocer una nueva especie del género *Linoproductoides* Lazarev, 2006, y reconocer otra comparable a *Linispinus crassus* Lazarev, 2008, ambos taxones fueron definidos en la Cuenca de Moscú (Lazarev, 2006, 2008), además de otras formas que solo pudieron ser determinadas a nivel de subfamilia. Estos especímenes vincularían la región de la Comarca Neuquina, en la Cordillera del Viento con la Cuenca de Moscú.

La Cuenca de Moscú se ubicó durante el Pennsylvaniano en el hemisferio norte, en cercanías de Kazajistán (Fig. 1.5–6), y sus costas eran alcanzadas por aguas templado-cálidas del mar Paleotethys, lo cual implica que su fauna marina poseía afinidades Paleoecuatoriales o Tethyanas (Scotese *et al.*, 1979, *fide* Taboada, 2010). Particularmente estarían relacionadas con las faunas de la Provincia de los Urales (Martínez Chacón *et al.*, 2003). De esto puede deducirse que, durante el lapso temporal Bashkiriano tardío cuando las condiciones glaciales desaparecieron (o al menos fueron atemperadas) en la región del centro-oeste de Argentina, y sectores más australes como la Comarca Neuquina, habría existido algún un tipo de corredor entre estas dos regiones o una vía de migración a lo largo de los márgenes continentales de la incipiente Pangea. El Corredor Austro-Panthalásico-Rheico, sugerido por Taboada & Shi (2009), habría estado activo hasta el Bashkiriano y podría ser el corredor que permitió el ingreso de los taxones de braquiópodos *Marginovatia*, *Maemia*, *Neochonetes* y *Reticularia*, entre otros (Taboada & Shi, 2011) (Fig. 16). En contraposición se ha sugerido también que para el Carbonífero medio habría ocurrido la colisión entre Gondwana y Laurasia cerrando de esta manera el mencionado corredor (Nance, 2008, *fide* Benedetto, 2012; Qiao & Shen, 2014; Angiolini *et al.*, 2021). Sin embargo, otros autores postulan que la conexión transpangea de oeste a este, al parecer estuvo abierta hasta el Kasimoviano como lo demuestra un similar contenido paleontológico entre la Región de España y Estados Unidos durante el Moscoviano (García Bellido & Rodríguez, 2005). También Vai (2003) señala la existencia de elementos paleontológicos comunes entre la región de España y la Plataforma Rusa.

Siguiendo esta línea de pensamiento es posible que los linoprodúctidos hayan utilizado la misma vía migratoria que el género *Aseptella*. Este taxón migró desde la región de España (Montañas Cantábricas) hasta Sudamérica y al centro-oeste argentino, mediante la vía marítima de los Urales y el Ártico, atravesando previamente las costas Norteamericanas (Martínez Chacón *et al.*, 2003) (Fig. 1.6).

La evidencia paleontológica indica que existen elementos compartidos (al menos a nivel genérico) entre la Cuenca de Moscú y la Cuenca Neuquén durante el Bashkiriano tardío. Cabe resaltar que estos géneros de linoprodúctidos no se han documentado en otras cuencas cercanas del centro-oeste argentino o Patagonia. Quizás esto pueda deberse a la configuración paleolatitudinal de la Cuenca Neuquén durante el Bashkiriano tardío, donde un ambiente marino profundo es señalado para la misma, lo que habría facilitado que las corrientes oceánicas de aguas templado-cálidas alcanzaran el mismo (Taboada *et al.*, 2014). Estos nuevos registros de abundantes especímenes de linoprodúctidos pertenecientes a las subfamilias Linoproductinae y Linispininae en la Formación Huaraco, permitirían a priori el reconocimiento de una nueva fauna, la cual podría hallarse en la Cronozona de *Marginovatia-Maemia*, debido a que se encuentra al elemento guía *Neochonetes (Neochonetes) granulifer*. De esta manera queda en evidencia una compleja historia de migraciones de taxones paleoecuatoriales y boreales al margen sudoccidental de Gondwana, particularmente a los sectores más australes del centro-oeste argentino, alcanzando aproximadamente los 60° de paleolatitud sur (Taboada *et al.*, 2021b).

### **8.5.2. Segundo nivel fosilífero: reconocimiento de la fauna en la localidad fosilífera y sus afinidades**

La composición taxonómica de este horizonte fosilífero, posee implicancias bioestratigráficas y paleobiogeográficas sustanciales. Se reconocieron ejemplares asignables a la especie *Tivertonia jachalensis*, uno de los fósiles guía de la Biozona de *Tivertonia jachalensis-Streptorhynchus inaequiornatus*, que posee su límite inferior restringido al Moscoviano. De esta manera posiblemente se puede reconocer la mencionada biozona en el segundo nivel fosilífero de la FH, o al menos estaría comprendido en la Cronozona T-S. Sumado a esto, dicho taxón se ha registrado en coquinas, constituidas casi en su totalidad por restos de valvas de este taxón, lo que demuestra la abundancia y dominancia de *T. jachalensis*. La posible ocurrencia de la Biozona T-S en el segundo horizonte fosilífero de la Formación Huaraco, es congruente con el reconocimiento de la Cronozona de M-M, en el nivel fosilífero inferior, ajustándose dicha configuración al esquema bioestratigráfico actual (Taboada *et al.*, 2021a).

Por su parte, *Rhynchopora*, es un género considerado cosmopolita, y en Argentina ha sido registrado en la Formación Río del Peñón, en el último nivel fosilífero, cuya especie determinada como *Rhynchopora* sp., ha sido registrada asociada a la Fauna de T-S (Cisterna & Simanaukas, 2000). Recientemente también se ha documentado el género



en la Formación Cerro Agua Negra, cuya especie determinada es *Rhynchopora* sp. 1, y asociada a la Fauna de M-M (ver capítulo 5). Mientras que en Patagonia se registra también este género, mediante la especie *Rhynchopora* sp., en la Formación Río Genoa (Cuenca Tepuel-Genoa) y vinculada a la Fauna de *Piatnitzkya* del Artinskiano medio (Taboada, 1993; Pagani & Taboada, 2010, 2011).

**8.5.2a. Ocurrencia de *Lanipustula patagoniensis* e implicancias paleobiogeográficas y paleoclimáticas.** En Argentina, *L. patagoniensis* había sido documentada (hasta el momento) únicamente en la Cuenca Tepuel-Genoa de Patagonia, precisamente en la Formación Pampa de Tepuel (Page *et al.*, 1984), y en su equivalente lateral, Formación Las Salinas (González, 1972). Siendo especie nominotípica de la Biozona de *Lanipustula* Simanuskas & Sabattini, 1997, asignada al Serpukhoviano tardío–Moscoviano. Esta especie caracterizó y tipificó las faunas de aguas frías propias de una extensa faja circumpolar en las que prevalecieron las condiciones glaciales, ya que la Cuenca Tepuel-Genoa se habría localizado en altas paleolatitudes, cercanas a los 70° S (Ramos, 2008; Taboada, 2010; Pagani & Taboada, 2010; Isbell *et al.*, 2012; Taboada *et al.*, 2013). El género *Lanipustula*, también posee registros en estratos carboníferos de la región de Transbaikal, este de Rusia (donde fuera definido originalmente), este de Australia (en New South Wales), y en la región de Verkhoyansk y Mongolia, asociado a condiciones climáticas frías (ver Taboada & Shi, 2011, y referencias allí indicadas).

En contraposición a *L. patagoniensis*, *Tivertonia jachalensis* en Argentina, se registraba en la Fauna T-S, la cual se vincula a paleolatitudes medias y a condiciones climáticas templado-cálidas, que caracterizaron el centro-oeste argentino y sectores más australes, como la Comarca Neuquina durante el Moscoviano (Sabattini *et al.*, 1990; Taboada, 2014). Se ha postulado que estas dos regiones estuvieron separadas durante gran parte del Carbonífero, debido a que Patagonia habría sido un bloque continental separado de Gondwana (Ramos, 2008; Pankhurst *et al.*, 2006), y que entre estas se habría desarrollado y extendido un pequeño océano, denominado por Rapalini *et al.* (2010) como “Océano Colorado”. El mismo habría persistido hasta que el macizo Nordpatagónico o Somún Cura se acrecionó al extremo austral de Sudamérica, posiblemente durante el Carbonífero tardío–Pérmico temprano (Pankhurst *et al.*, 2006; Rapalini *et al.*, 2010; Taboada *et al.*, 2013).

El hecho de que *L. patagoniensis* ocurra en la Formación Huaraco junto con *T. jachalensis*, da indicios de una compleja historia paleobiogeográfica y paleoclimática,

posiblemente asociada a la dinámica de las corrientes marinas (*i.e.*, templado-cálidas y frías), y a la deriva de los terrenos que variaron su posición latitudinalmente (tendiendo hacia el norte) (Ramos, 2008; Rapalini *et al.*, 2010; Taboada & Shi, 2011). En este escenario, la Cuenca Neuquén se ubicó en una posición intermedia entre estas dos regiones durante el Moscoviano, resultando de esta manera, en una zona de transición o paleoecotono, poseyendo agrupamientos de taxones de ambas regiones adyacentes y resultando en una mayor diversidad taxonómica y ecológica.

Las corrientes marinas templado-cálidas provenientes del norte, transportaban los elementos faunísticos de la Fauna T-S, y se habrían mezclado con las corrientes de aguas más frías provenientes del sur, que transportaban al taxón psicrófilo *L. patagoniensis* (Taboada *et al.*, 2013). Aunque, no puede establecerse con certeza si *L. patagoniensis* habría sido capaz de tolerar aguas más cálidas y proliferar en estos ambientes, ya que los braquiópodos son organismos con requerimientos de nicho ecológico específicos (*e.g.*, temperatura, salinidad y oxigenación de las aguas, entre otros) (Harper & Moran, 1997). Otra posibilidad es que su ocurrencia en la Cuenca Neuquén represente solamente un hecho fortuito (debido al bajo número de especímenes recolectados), por lo cual es necesario un muestreo mayor para tener certeza de esta última hipótesis.

Anteriormente a este hallazgo, se creía que Patagonia y el centro-oeste de Argentina estuvieron desconectados paleobiogeográficamente durante gran parte del Pennsylvaniano, en base a la diferente composición taxonómica o segregación biótica latitudinal sugerida por Taboada (2010). Esto se sustenta además por el diferente registro litológico que existe entre ambas regiones, registrando Patagonia una mayor cantidad de eventos glaciares lo que indica que se mantuvo bajo condiciones glaciares y en latitudes subpolares durante gran parte del Pennsylvaniano. Mientras que el centro-oeste de Argentina se habría posicionado en paleolatitudes más bajas, quizás hasta 60° S (Taboada, 2010, Pagani & Taboada, 2010, 2011; Taboada & Shi, 2011; Taboada *et al.*, 2013). La disímil composición biótica entre ambas regiones se vio condicionada por las diferentes condiciones ambientales que imperaban en cada región, delimitando de esta manera una “barrera termal” que impidió la migración faunística a través del margen sudoccidental de Gondwana (Taboada *et al.*, 2009; Taboada & Shi, 2011). Finalmente, durante el Sakmario–Artinskiano, cuando ocurre un mejoramiento climático a escala global y desaparecen las condiciones glaciares en todo Gondwana (Estadio Postglacial de Limarino *et al.*, 2014), se instauró un régimen talasocrático o de mar alto. Este habría facilitado el intercambio faunístico a lo largo del margen occidental de Gondwana, como

lo demuestra el registro geológico y paleontológico a partir del Cisuraliano, donde ambas regiones comparten géneros de braquiópodos clave, tales como, *Tivertonia*, *Coolkilella*, *Costatumulus*. Además, en la Cuenca Tepuel-Genoa también se registran *Neochonetes*, *Leiorhynchus*, *Kochiproductus* géneros documentados durante el Pennsylvaniano en el centro-oeste de Argentina (Pagani & Taboada, 2011). Por otra parte, durante el Cisuraliano medio posiblemente habrían desaparecido las condiciones glaciales en Patagonia, ya que en la Formación Mojón de Hierro (Lesta & Ferello, 1972) se documenta el último horizonte glaciario (Pagani & Taboada, 2011), y la suprayacente Formación Río Genoa (Lesta & Ferello, 1972) evidencia mayormente, eventos progradantes y complejos sistemas deltaicos, indicando la somerización de la cuenca (Taboada *et al.*, 2009).

La ocurrencia conjunta de *L. patagoniensis* y *T. jachalensis* en la Cuenca Neuquén durante el Moscoviano, demuestra que esta desconexión faunística entre ambas regiones, producto de fajas climáticas que constituyeron una barrera, ocurrió mayormente durante el Bashkiriano medio a tardío (Taboada *et al.*, 2013), reduciendo el rango temporal de desconexión faunística entre estas dos regiones. Futuras colecciones en este nivel fosilífero de la Formación Huaraco, nos permitirá concluir si existen más elementos de la Fauna de *Lanipustula*. De momento *L. patagoniensis*, demuestra que las corrientes subpolares del hemisferio sur, alcanzaron las costas de la Comarca Neuquina durante el Moscoviano, la cual se habría ubicado en paleolatitudes medias (inferido por la presencia de *T. jachalensis*), comenzando el intercambio biótico entre estas dos regiones tempranamente (Taboada & Shi, 2011; Taboada *et al.*, 2013).

### **8.5.3. Tercer nivel fosilífero: reconocimiento de la fauna en la localidad fosilífera y sus afinidades**

La composición taxonómica de este último horizonte fosilífero resulta poco significativa desde el punto de vista bioestratigráfico, debido a que solo se trata de fragmentos de formas pertenecientes a una familia de amplia distribución geográfica y estratigráfica en las cuencas del centro oeste de Argentina. Posiblemente estas formas puedan ser atribuidas a la Fauna T-S, a los niveles más altos de la misma (Taboada *et al.*, 2021a; Cisterna & Simanaukas, 2000).

Sin embargo, desde el punto de vista paleobiogeográfico quizás ofrezca una significancia mayor, debido a que durante el Carbonífero tardío representantes de la Familia Syringothyrididae (*e.g.*, *Septosyringothyris*) solo se reconocen en las cuencas del centro-oeste de Argentina, por lo cual podría utilizarse como argumento de que la

Comarca Neuquina se hallaría más próxima, o estaría mayormente vinculada a esta región, que a Patagonia. Aunque, estudios taxonómicos preliminares parecen corroborar la ocurrencia de *Septosyringothyris* en la Cuenca Tepuel-Genoa de Patagonia durante el Cisuraliano (com. pers. Taboada & Robles Vilches, 2019), con lo cual se puede hipotetizar que taxones de este linaje, habrían alcanzado la Cuenca Tepuel-Genoa en algún momento de la historia geológica entre el lapso, Moscoviano–Cisuraliano.

#### 8.5.4. Ubicación estratigráfica de las faunas

**8.5.4a. Nivel fosilífero del Cerro San Pedro.** El orden de ocurrencia de los distintos conjuntos faunísticos en la columna estratigráfica, fue dado a conocer por Taboada *et al.* (2014). Es así que el primer nivel fosilífero, se hallan en la sección media del Miembro Medio (Fig. 43), donde se registran las condiciones de máxima inundación (Taboada *et al.*, 2014). Dicha sección con el nivel fosilífero aflora en la parte alta del Cerro San Pedro (Fig. 20.2). Entre los elementos paleontológicos identificados, los linoprodúctidos son dominantes en la asociación fósil. El material se ha preservado en un nivel de arenisca fina a limolita, asegurando un muy buen estado de conservación. Se reconocen moldes internos y moldes compuestos, muchos de los cuales parecen haberse preservado en posición de vida (Fig. 44), aunque fue poco frecuente hallar en la colección especímenes con ambas valvas articuladas. Taboada *et al.* (2014), establecieron una configuración de mar abierto u off-shore para este horizonte fosilífero.



**Figura 44.** Muestra de roca con moldes internos de linoprodúctidos y conétidos del primer horizonte fosilífero, algunos yacen en posición vital. Escala gráfica = 10 mm.

**8.5.4b. Nivel fosilífero del Cerro Minas.** La fauna hallada en el segundo nivel fosilífero, el cual aflora en el faldeo oriental del Cerro Minas (Fig. 20.3), se ubica en la parte alta del Miembro Medio (Fig. 43). La litología de este nivel consiste en una arenisca fina y los materiales paleontológicos se conservaron mayormente como moldes externos y escasos moldes internos, e incluso se halló un nivel de coquina con *T. jachalensis* (Fig. 45). Un nivel de coquinas similar al documentado en este trabajo, también se ha reconocido previamente en las formaciones Cerro Agua Negra (Costas, 1964, Gutiérrez *et al.*, 1994, Taboada, 1999), en la Formación Santa Elena (Taboada, 1998), y en la Formación Río del Peñón (com. pers., Taboada, 2017), si este nivel corresponde a un único evento de sedimentación, evidenciaría la magnitud y gran extensión de esta capa fosilífera a lo largo de las Subcuencas Río Blanco y Calingasta-Uspallata y la Comarca Neuquina. Dicha capa fosilífera podría ser utilizada como estrato guía, para correlaciones a nivel regional. Complementariamente, este nivel fosilífero posee una mayor diversidad de otros invertebrados, tales como bivalvos Taboada *et al.* (2014).



**Figura 45.** 1, fotografía de la coquina con *Tivertonia jachalensis* en el segundo horizonte fosilífero. 2, detalle de la coquina. Martillo geológico de escala.

**8.5.4c. Nivel fosilífero en inmediaciones del basurero municipal.** El último nivel fosilífero de la Formación Huaraco, con invertebrados marinos, ocurre en la sección basal del Miembro Superior, cuyos afloramientos yacen en inmediaciones del basurero municipal, cercano a la Ruta Provincial Rogelio Figueroa (Fig. 20.6–7). La fauna hallada en este nivel solo pudo ser determinada a nivel de familia, no obstante, algunos los géneros reconocidos en el centro-oeste argentino y pertenecientes a esta familia, son

representantes conspicuos de T-S. Por otra parte este miembro donde ocurren estos braquiópodos fragmentarios, representaría la somerización de la cuenca (Fig. 41) (Taboada *et al.*, 2014).

### 8.5.5. Edades relativas de las faunas y correlaciones

Las antigüedades relativas de las faunas estudiadas en esta formación, poseen sus rangos establecidos y definidos en otras formaciones donde ocurren, es así que la Biozona de M-M se ha establecido recientemente en el Bashkiriano tardío más temprano (Taboada *et al.*, 2021a), y la Biozona de T-S posee su límite inferior en el Moscoviano (Gulbranson *et al.*, 2010; Césari *et al.*, 2011; Taboada, 2014). Aunque hasta el momento la antigüedad de su límite superior no ha podido establecerse con certeza, podría estar indicado por algunos taxones de braquiópodos, tales como *Coolkilella aredesi*, *Calytrixia piersoni*, *Septosyringothyris (Precosyringothyris) jaguelensis*, en el centro-oeste argentino (ver Taboada *et al.*, 2021a). Finalmente, el último nivel fosilífero, también podría ser atribuido a la Biozona T-S.

El género *Linoproductoides* fue definido en la Cuenca de Moscú, y se registró en estratos de antigüedad Vereiskian (aproximadamente 311.7–309.2 Ma), y según Lazarev (2006), dicho género no sobrepasaría ese rango. Por otra parte, la última actualización de la Carta Cronoestratigráfica Internacional, indica que esa antigüedad correspondería al Moscoviano temprano. El género *Linispinus* Lazarev, 2006, posee una antigüedad ligeramente más joven que *Linoproductoides*, debido a que se halla en capas del Kashirskian (309.3–308 Ma), lo cual, también es un poco más joven que la antigüedad señalada para la Biozona de M-M. Esto estaría indicando que las formas halladas en la Cuenca Neuquén posiblemente sean más antiguas que las registradas en la Cuenca de Moscú, aunque es necesario incrementar el registro de estos generos para establecer sus rangos.

Las sucesivas faunas de la Formación Huaraco poseen vínculos con las biozonas de M-M y T-S, esto permitiría ampliar las distribuciones geográficas de las mismas hacia el sur, a las paleolatitudes donde se ubicó la Comarca Neuquina (aproximadamente 60°). Evidenciando la magnitud de las transgresiones marinas que portaban los elementos de ambas faunas. La Fauna de T-S es considerada la más generalizada en las cuencas del centro-oeste de Argentina, y la ocurrencia de *T. jachalensis* en la Cuenca Neuquén constituiría otro argumento de este supuesto. Finalmente, otra información destacable que ofrecen los taxones de braquiópodos de la Formación Huaraco es que, en el primer nivel

fosilífero se hallaron elementos paleontológicos de la Fauna M-M (e.g., *Neochonetes* (*Neochonetes*) *granulifer*) y no taxones típicos de la Fauna de *Lanipustula patagoniensis*, esta circunstancia podría indicar que la Cuenca Neuquén se encontraba en posiciones latitudinales más próximas al centro-oeste argentino que a Patagonia, o bien que estaría mayormente vinculada con las biotas marinas bentónicas del centro-oeste argentino.

## 8.6. CONCLUSIONES

En base al estudio y análisis del contenido fosilífero de braquiópodos de la Formación Huaraco, se desprenden las siguientes conclusiones:

- 1- Actualización sistemática de los braquiópodos de la Formación Huaraco, reconociéndose nuevos taxones.
- 2- En el primer horizonte fosilífero de la Formación Huaraco, se identificaron a *Neochonetes* (*N.*) *granulifer*, *Linoproductoides* sp. nov., *Linispinus* cf. *crassus*, *Gonzalezius naranjoensis?*, *Leiorhynchus* sp. 2, Linoproductinae indet., Linispininae indet. Dicha asociación faunística podría incluirse en la Biozona de *Marginovatia-Maemia*, vinculada al mejoramiento climático regional en el centro-oeste argentino, posterior a las condiciones glaciales generalizadas, y posterior a la desaparición de la Fauna de *Levipustula*.
- 3- Se amplía el rango geográfico de *Gonzalezius naranjoensis?* en el primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco.
- 4- En el segundo horizonte fosilífero de la Formación Huaraco se reconocieron los taxones, *Tivertonia jachalensis*, *Lanipustula patagoniensis*, y *Rhynchopora* sp. 2. Los mismos se incluirían en la Biozona de *Tivertonia-Streptorhynchus*.
- 5- Se analiza la ocurrencia de *Lanipustula patagoniensis* como un taxón nexa entre la región austral del centro-oeste de Argentina (bajo condiciones climáticas templadas), y Patagonia subpolar, durante el Moscoviano.
- 6- La Cuenca Neuquen es propuesta como una zona de ecotono, por registrar taxones de dos regiones climáticas distintas. Además, es posible que este delimitando la barrera climática entre estas dos regiones, estimativamente en los 60°.
- 7- El tercer nivel fosilífero se caracteriza por presentar fragmentos de Syringothyrididae indet., asociados a evidencias sedimentológicas y litológicas que indican somerización de la cuenca.

## **CAPÍTULO 9. AFINIDADES PALEOBIOGEOGRÁFICAS DE LAS FAUNAS DE BRAQUIOPODOS DEL CENTRO-OESTE Y SUDOESTE DE ARGENTINA**

### **9.1. INTRODUCCIÓN E IMPORTANCIA DEL GRUPO DE ESTUDIO**

Los braquiópodos son componentes conspicuos de las faunas marinas bentónicas, sensibles a los cambios climáticos y con tendencia a evidenciar provincialismos marcados. Esto los convierte en elementos importantes para el estudio de patrones de distribución espacial y análisis biogeográficos (Archbold, 1998, 2000; Shi, 1998, *vide* Cisterna *et al.*, 2006; Ye *et al.*, 2021). Sin embargo, existen diferencias entre los braquiópodos “Articulados” (Rhynchonelliformea) e “Inarticulados” (Linguliformea y Craniiformea), ya que poseen distintas estrategias de vida con estadios larvales característicos (*i.e.*, larvas lecitotróficas y planctotróficas). Las larvas de los braquiópodos inarticulados poseen mayor capacidad de dispersión debido a su mayor duración en el plancton y además son transportadas por las corrientes marinas. De esta manera recorren grandes distancias permitiendo a la mayoría de los braquiópodos inarticulados poseer distribuciones cosmopolitas. Contrariamente, las larvas lecitotróficas de los braquiópodos articulados poseen estadios larvales de corta duración y tienden a dispersarse menos, poseyendo distribuciones geográficas más acotadas y mostrando diferentes patrones de provincialismos (Richardson, 1997). Entre las formas fósiles los braquiópodos constituyen uno de los grupos más utilizados para reconstrucciones paleobiogeográficas globales y de distribución faunística, como ha quedado demostrado en numerosos estudios (ver Shi, 1993; Shi & Archbold, 1995, 1996; Shen & Shi, 2000, 2004; Martínez Chacón *et al.*, 2003; Shen *et al.*, 2013; Qiao & Shen, 2014).

Durante el Paleozoico tardío los braquiópodos fueron dominantes (por diversidad y abundancia) en las plataformas oceánicas, desde zonas litorales hasta fondos oceánicos, y su distribución estuvo en función de la respuesta a factores ambientales, tales como la composición de los sedimentos, la profundidad, la temperatura y la salinidad de las aguas (Zezina, 1997, *vide* Qiao & Shen, 2014). En su mayoría, son sensibles a los gradientes térmicos relacionados con la latitud, pero relativamente menos susceptibles al cambio relacionado con la longitud, a menos que existan barreras físicas naturales que limiten su distribución geográfica (*e.g.*, océanos). En este sentido, los factores que mayormente regulan su distribución y determinan endemismos son los patrones de circulación oceánica y la dinámica tectónica (Qiao & Shen, 2014).



La Glaciación Gondwánica del Devónico Tardío–Pérmico tardío produjo fluctuaciones en la composición de la atmosfera (reduciendo los niveles de CO<sub>2</sub> y aumentando los de O<sub>2</sub>), disminución de los niveles del mar y alteración en los patrones de circulación oceánica, afectando directamente a la biota en general y particularmente a los organismos marinos bentónicos. Estos últimos además se vieron afectados por la ralentización en sus tasas de macroevolución, durante prolongados periodos de tiempo (Shi & Waterhouse, 2010). Por otra parte, se estima que también generó la distribución bipolar de taxones filogenéticamente relacionados, un claro ejemplo de esto es la distribución vicariante de la Tribu Levipustulini Lazarev. Posiblemente durante los períodos de enfriamiento global los taxa habrían logrado migrar a través de la faja paleoequatorial debido a una menor temperatura de las aguas paleotropicales (Shi & Grunt, 2000; Shi & Waterhouse, 2010; Taboada & Shi, 2011).

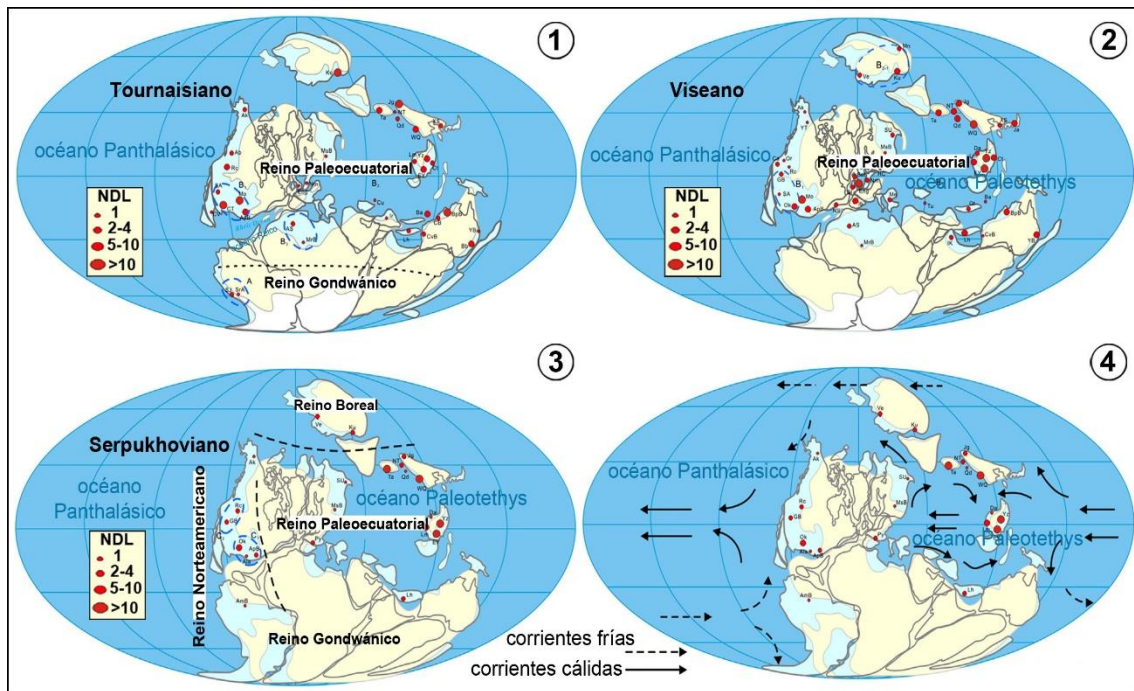
Con respecto a las unidades paleobiogeográficas existe una terminología que se aplica al ámbito marino las cuales aún no han tenido amplio consenso y se utilizan indistintamente según los autores que se consideren (Martínez Chacón *et al.*, 2003). En este sentido McKerrow & Cocks (1986) propusieron las siguientes definiciones; “Provincias Paleobiogeográficas” áreas separadas y definidas por barreras geográficas, y “Reinos Paleobiogeográficos” que están determinados por controles climáticos. Posteriormente, Westermann (2000) propuso un ordenamiento jerárquico para estas unidades paleobiogeográficas o “biocoremas”, de esta manera el Reino o Realme sería la categoría de mayor rango seguido por las Regiones, las Provincias, las Subprovincias y los Centros Endémicos. El reino corresponde a la máxima unidad separable y posee un endemismo mayor al 75%. La región o subrealme posee un endemismo entre el 75–50%. La provincia posee un endemismo de 50–25%, y el centro endémico de 25–10% de endemismo.

### **9.1.1. Configuración paleobiogeográfica durante el Mississippiano**

Los cambios en la paleobiogeografía global durante el Mississippiano derivaron de la reconfiguración de los continentes, la reversión de las corrientes oceánicas, el descenso de la temperatura a nivel global, y la Glaciación Gondwánica. Gradualmente se fue incrementando el provincialismo de las faunas bentónicas en íntima relación con la mencionada reconfiguración tectónica global, lo que provocó que se fueran perdiendo las vías migratorias entre distintas regiones (*i.e.*, el cierre del corredor del Rheico) (Qiao & Shen, 2014). Los datos obtenidos del estudio de las faunas de braquiópodos a nivel global,

por estos últimos autores, muestran que durante el Tournaisiano (358–346 Ma) y el Viséano (346–330 Ma) no se encontraron claros provincialismos. Durante el Tournaisiano solo se reconocían dos reinos paleobiogeográficos, el Reino Gondwánico en el sur y el Reino Paleoequatorial o Tethyano, siendo este último el de mayor diversidad (Fig. 46.1). Mientras que durante el Viséano mayormente predominó el Reino Paleoequatorial (Fig. 46.2), debido a que para ese momento no había datos confiables para el Reino Gondwánico (Qiao & Shen, 2014). Finalmente, durante el Serpukhoviano comienzan a incrementarse los provincialismos de las faunas de braquiópodos, el Reino Paleoequatorial es fácilmente distinguible del Norteamericano (*sensu* Qiao & Shen, 2014), lo cual sugiere que para el Serpukhoviano el corredor del Océano Rheico (considerada la principal vía marítima de intercambio entre Gondwana y Laurasia durante el Paleozoico tardío) habría desaparecido, como resultado de la colisión de Gondwana con Laurasia. Dicha interrupción habría impedido el intercambio biótico entre la región Paleotropical y Norteamericana (Fig. 46.3), modificando además los patrones de circulación oceánica, deflectando las corrientes circumequatoriales desde bajas a altas paleolatitudes (Fig. 46.4) (Qiao & Shen, 2014). Sin embargo, la antigüedad de tal evento de colisión aún sigue siendo debatida, ya que otros autores postulan que existió un estrecho corredor que permitió el intercambio biótico con el mar Paleotethys, la denominada Vía o Corredor Ibérico que estuvo activa quizás hasta el Moscoviano, situando el cierre del mismo y la colisión de Gondwana con Laurasia en el Kasimoviano (Vai, 2003; García Bellido & Rodríguez, 2005; Taboada, 2010; Qiao & Shen, 2014).

El pulso Glacial del Carbonífero medio, estableció un gradiente termal que permitió diferenciar el Reino Paleotethys o Paleoequatorial del incipiente Reino Boreal, conformado principalmente por la Región de Verkhoyansk y la Plataforma Siberiana (Fig. 46.3). De esta manera las barreras geográficas y el gradiente relacionado con la temperatura serían los dos factores claves que habrían determinado la distribución de los braquiópodos durante el Missisippiano (Shen *et al.*, 2013; Qiao & Shen, 2014). Por otra parte, en el Reino Gondwánico el mencionado evento glacial parece haber incrementado el intercambio biótico en el margen occidental de Gondwana, debido a que, el centro-oeste de Argentina, Patagonia y otras regiones perigondwánicas (principalmente el este de Australia) comparten un gran número de géneros de braquiópodos tolerantes a aguas frías, tal como lo sugiere la ocurrencia en estas regiones de *Kitakamithyris*, *Costuloplica*, *Spiriferellina*, *Beecheria*, entre otros (Taboada, 2010).



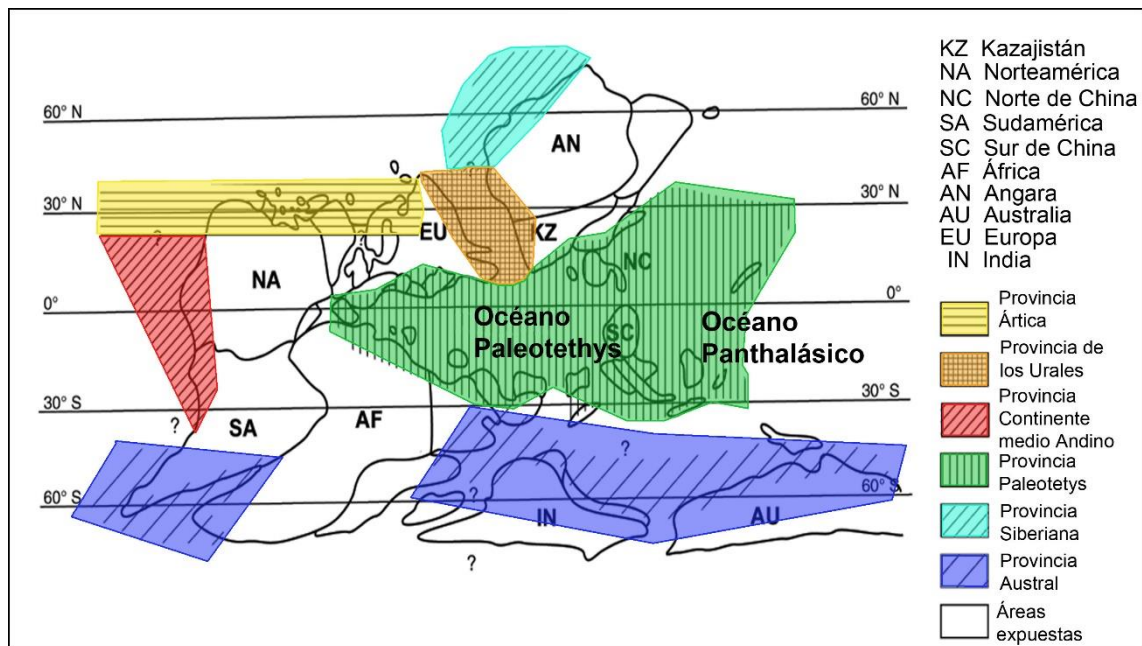
**Figura 46.** Configuración paleogeográfica de los terrenos emergentes durante el Mississippiano. 1, Tournaisiano. 2, Viseano. 3, Serpukhoviano. 4, colisión de Gondwana con Laurasia, cierre del Océano Rheico e inversión de las corrientes oceánicas cálidas y frías. Tomado de Qiao & Shen (2014).

### 9.1.2. Configuración paleobiogeográfica durante el Pennsylvaniano

Son pocos los antecedentes que existen para el Pennsylvaniano, entre ellos un trabajo que merece destacarse es el de Martínez Chacón *et al.* (2007), quienes reconocieron basándose en Bambach (1990), seis provincias marinas para el lapso Moscoviano tardío–Kasimoviano: las provincias del Paleotethys, los Urales, el Ártico, centro Norteamericano/Andes, Austral y Siberiana (Fig. 47). Entre éstas, la mayor diversidad de braquiópodos se halló en las provincias del Paleotethys, los Urales y centro Norteamericano/Andes. Las dos primeras llegaron a compartir hasta 21 géneros, posiblemente endémicos, y se ubicaron en zonas tropicales y subtropicales. De esta manera las provincias del Paleotethys (sur de Europa, Kazajistán, y el este del Paleotethys) y los Urales (cuencas de Moscú-Donets y Urales-Timan), posiblemente junto con la Provincia Ártica, estarían definiendo un único reino, el Reino Paleoequatorial. Por el contrario, la Provincia Siberiana exhibió un bajo número de géneros y altos valores de endemismo. Además las afinidades de sus faunas con las de otras provincias fueron pobres, lo cual indica que se habría desarrollado en altas paleolatitudes del hemisferio norte y en una condición aislada del resto de las provincias. Respecto a la Provincia Austral, sitio donde se incluye el extremo sur de Sudamérica, el

nivel de provincialismo fue relativamente alto, si bien puede considerarse bajo comparado con Siberia.

Durante el Pennsylvaniano existieron diversas vías de migración para los braquiópodos, entre ellas, la conexión entre las montañas Cantábricas del norte de España con Norte América, y desde ahí la migración hacia Sudamérica. Esta migración probablemente se realizó a través de la vía marítima de los Urales y el Ártico, la cual debió haber estado activa hasta el Pennsylvaniano Tardío como lo sugiere la distribución del género *Aseptella* (Cisterna & Simanaukas, 1999; Martínez Chacón *et al.*, 2003). Por otra parte, también se ha postulado que la Vía Ibérica habría sido utilizada por muchos braquiópodos paleoecuatoriales y boreales para alcanzar el margen occidental de Gondwana, entre ellos los elementos de la Fauna de *Marginovatia-Maemia* (Bashkiriano tardío más temprano) del centro-oeste argentino (Taboada, 2010). Esta fauna constituye un argumento que evidencia el establecimiento de corredores desde los Reinos Boreal y Paleoecuatorial a esta región. Sin embargo, existe la salvedad para Patagonia, que posiblemente habría estado ubicada en altas paleolatitudes y en ambientes subpolares durante el Pennsylvaniano (Temprano y Medio), ya que no registra géneros típicos de los Reinos Paleoecuatorial y Boreal, y su fauna se muestra endémica del Reino Gondwánico (Taboada *et al.*, 2009, 2013).



**Figura 47.** Principales Provincias paleobiogeográficas reconocidas durante el Pennsylvaniano, basadas en braquiópodos. Tomado de Martínez Chacón *et al.* (2007).

## 9.2. ANTECEDENTES PALEOBIOGEOGRÁFICOS DE LAS FAUNAS DEL CENTRO-OESTE DE ARGENTINA

Las faunas de braquiópodos del centro-oeste de Argentina no han sido objeto de estudios paleobiogeográficos de detalle. Los estudios pioneros llevados a cabo por Amos & Sabattini (1969), se basaron en comparaciones entre los grupos de invertebrados marinos más importantes del Paleozoico superior de Argentina con los del este de Australia. Estos autores destacan para el lapso Carbonífero tardío–Pérmico temprano, un gran número de especies “comunes” y/o “comparables” entre Argentina y Australia (Amos & Sabattini, 1969, *fide* Cisterna *et al.*, 2006). Posteriormente Cisterna *et al.* (2006), realizaron un estudio más riguroso al aplicar métodos estadísticos multivariados a los datos. Es así que se empleó un análisis de agrupamientos (Cluster Analysis) a las sucesivas faunas del centro-oeste de Argentina para tres intervalos temporales, Carbonífero temprano, Carbonífero tardío y Pérmico temprano. Destacaron que las faunas de braquiópodos de Precordillera mostraron un incremento en la diversidad desde el Carbonífero al Pérmico, el cual estaría relacionado con los cambios de la temperatura de las aguas y la evolución paleogeográfica del margen sudoccidental de Gondwana, además de la deriva de este continente a través del Paleopolo sur. Las faunas del Carbonífero temprano, como las de la Biozona de *Michiganites-Azurduya*, mostraron baja diversidad, posiblemente debido a las condiciones de estrés ambiental en las cuales se desarrollaron. Durante el Carbonífero tardío las afinidades con el Dominio Norteamericano fueron bajas, pero se incrementaron en el Pérmico temprano coincidiendo con la colisión final entre Sudamérica y Laurasia (Cisterna *et al.*, 2006).

Evidentemente son pocos los trabajos que utilicen datos precisos de las faunas de braquiópodos de la región del centro-oeste de Argentina, sumado a que en tiempos recientes se produjeron avances en el conocimiento taxonómico de los mismos, y en algunos casos, modificaciones en las afinidades paleobiogeográficas de los taxones. Por este motivo se pretende evaluar las afinidades paleobiogeográficas de las faunas reconocidas en la presente tesis con las provincias paleobiogeográficas utilizadas por Martínez Chacón *et al.* (2007), para el lapso Pennsylvaniano.

## 9.3. METODOLOGÍA

Se utilizaron las Unidades Paleobiogeográficas o biocoremas reconocidas por, Bambach (1990), Waterhouse & Bonham Carter (1975), Martínez Chacón *et al.* (2007), Qiao & Shen (2014), y Shen *et al.* (2013). Las localidades fosilíferas del centro-oeste y

sudoeste de Argentina estudiadas en el presente trabajo fueron asignadas a una unidad de análisis paleobiogeográfico o unidad geográfica operacional (UGO) (*sensu* Qiao & Shen, 2014), con el acrónimo (C-W A), además se agregaron algunos taxones propios de las faunas de *Tivertonia-Streptorhynchus*, no reconocidos en este trabajo (*e.g.*, *Coronalosia* y *Tupelosia*). El C-W A al igual que Patagonia (P), fueron subdivididos de la Provincia Austral reconocida por Martínez Chacón *et al.* (2007). Esta última UGO fue añadida para evaluar sus afinidades con las faunas reconocidas en este trabajo, por lo que se consultaron los más recientes trabajos taxonómicos (Pagani & Taboada, 2010, 2011; Taboada *et al.*, 2019, 2021b).

Para evaluar las afinidades paleobiogeográficas, los datos de ocurrencia de los taxones reconocidos en las áreas de estudio se incluyeron en la matriz de presencia-ausencia para el lapso Pennsylvaniano Tardío, provista por Martínez Chacón *et al.* (2007). Luego de actualizar la matriz se realizó un Análisis de Agrupamientos (Cluster Analysis), utilizando el programa PAST 4.05 (Hammer *et al.*, 2006). Se estimaron los índices de similitud de Simpson y de Jaccard, y se aplicó el modo Q. Siguiendo las recomendaciones establecidas en los trabajos de Bambach (1990), Shen & Shi (2000) y Martínez Chacón *et al.* (2007). Se utilizó el nivel taxonómico de género, categoría taxonómica más adecuada para realizar un análisis paleobiogeográfico a gran escala. Además, Martínez Chacón *et al.* (2007), y Shi (1993) establecieron que los géneros cosmopolitas no deben ser utilizados para este tipo de estudios, debido a que introducen sesgos, complicando la identificación de patrones de distribución.

El índice o coeficiente de similitud de Simpson fue elegido debido a que se recomienda su utilización cuando existe heterogeneidad en la fuente de datos (Shi, 1993; Hammer *et al.*, 2006). Se utilizaron datos propios, así como también datos bibliográficos de distinta fuente, debido a que la matriz provista por Martínez Chacón *et al.* (2007) fue creada así originalmente. Por otra parte, debe señalarse que los taxones mencionados por dichos autores para las UGO de los reinos Boreal y Paleoequatorial, posiblemente estén desactualizados. El índice o coeficiente de Jaccard es el tradicionalmente utilizado para estudios paleobiogeográficos, debido a que es la medida de similitud más adecuada entre las muestras, utilizando datos de presencia-ausencia (Shi, 1993). Se realizó el Análisis de Agrupamientos utilizando este índice para contrastar con los resultados obtenidos por el índice de Simpson.

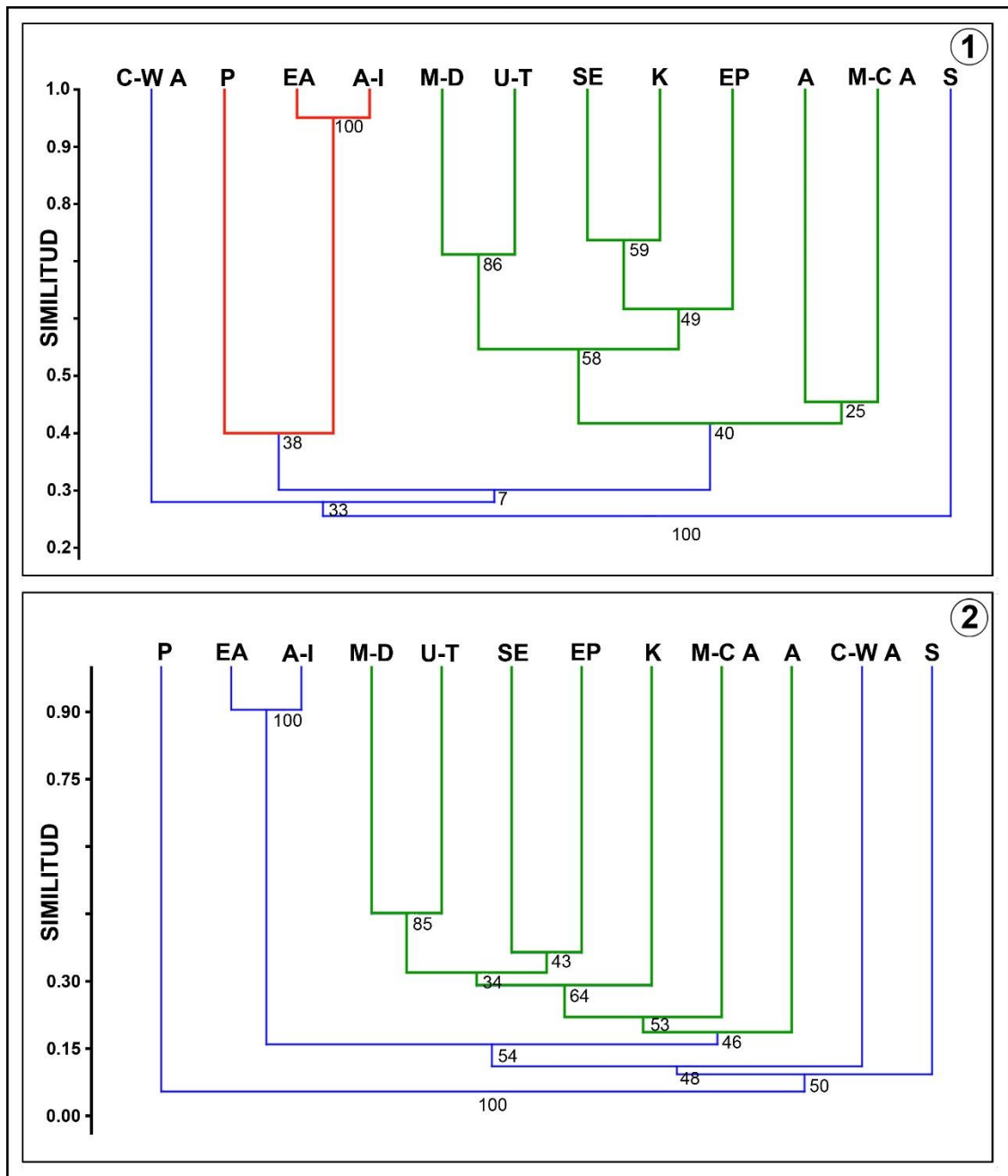
Se utilizó el modo Q, debido a que el mismo compara muestras por muestras (UGO), al transponer la matriz de datos originales (Hammer *et al.*, 2006). Finalmente, el

índice de correlación cofenética (el cual indica el porcentaje de la variación explicada por los datos en el dendrograma) arrojó valores que son considerados optimos para el análisis realizado.

La lista de ocurrencia de géneros de braquiópodos pennsylvanianos y sus áreas geográficas de origen se anexa en la Tabla 3.

#### **9.4. RESULTADOS**

Los dendrogramas generados por el Analisis de Agrupamientos, se muestran a continuación (Fig. 48). Los mismos provienen de 164 ocurrencias de géneros de braquiópodos Pennsylvanianos reconocidos en 12 UGO. Utilizando el algoritmo UPGMA, y el índice de similitud de Simpson y Jaccard. Para un remuestreo de 1000, utilizando el índice de Simpson (Fig. 48.1), se obtuvo un coeficiente de correlación cofenética de 0.8235. Mientras que con el índice de Jaccard (Fig. 48.2) se obtuvo un coeficiente de correlación cofenética de 0.962.



**Figura 48.** Dendrograma con las UGO de los braquiópodos Pennsylvanianos, derivadas del Análisis de Agrupamientos. **1**, basado en el índice de Simpson. **2**, basado en el índice de Jaccard. **C-W A**: centro-oeste argentino. **P**: Patagonia. **EA**: este de Australia. **A-I**: Afganistán e India. **M-D**: Moscú-Donets. **U-T**: Urales-Timan. **SE**: sur de Europa. **K**: Kazajistán. **EP**: este del Paleotethys. **A**: Ártico. **M-C A**: Continente medio Andino. **S**: Siberia.

## 9.5. DISCUSIÓN

### 9.5.1. Interpretación del dendrograma utilizando el índice de Simpson

Al analizar este dendrograma (Fig. 48.1) se observan dos agrupamientos claros. El primero de ellos definido por las UGO: Cuenca Moscú-Donets, Cuenca Urales-Timan, Sur de Europa, Kazajistán, este del Paleotethys, Ártico y centro-Norteamericano/Andes (Mid-continent Andean), identificado por el color verde en la figura; el cual podría



corresponderse con el Reino Paleoecuatorial. El segundo gran agrupamiento identificado en rojo en la figura 48, definido por las UGO, Patagonia, este de Australia y Afganistán-India; que estarían representando al Reino Gondwánico.

Se aprecia una fuerte afinidad entre el este de Australia con Afganistán y la India. Mientras que la UGO de Patagonia exhibe una baja similitud con las mismas, posiblemente debido a escasez de datos para el Pennsylvaniano Tardío. Para este lapso solo se incluyeron las faunas de *Verchojania* y *Langigineotus-Verchojania* y algunos elementos de la fauna de *Lanipustula*, de la Cuenca Tepuel-Genoa. Estas UGO se corresponderían mayormente con el este y oeste de Gondwana, respectivamente, y en el caso de Patagonia se encontraría en este momento bajo condiciones subpolares en altas paleolatitudes (Taboada 2010). La baja similitud dentro de este cluster, esta dada por algunos géneros compartidos entre estas regiones durante el Bashkiriano–Moscoviano (*i.e.*, *Spiriferellina*, *Aseptella* y *Lanipustula*).

Por otra parte, la región del centro-oeste de Argentina se ubica aislada de los dos grupos anteriormente mencionados. Posiblemente debido a que comparte solo algunos elementos con Patagonia (*i.e.*, *Lanipustula*, *Tuberculatella*, *Aseptella*), y con el Paleotethys (*i.e.*, *Marginovatia*, *Neochonetes*, *Linoproductoides*, entre otros). Para el Moscoviano en la región del centro oeste de Argentina se registran tanto taxones Boreales y Paleoecuatoriales, como Gondwánicos, reconocidos en la Fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus*. Si bien esta región se ubicó paleogeográficamente en el margen sudoccidental de Gondwana, para el lapso Bashkiriano tardío–Moscoviano, la misma derivaba hacia paleolatitudes medias (Scotese *et al.*, 1979).

Finalmente, y al igual que los resultados obtenidos por Martínez Chacón *et al.* (2007), Siberia permanece en una posición aislada del resto de los agrupamientos debido a la naturaleza endémica de sus faunas.

### **9.5.2. Interpretación del dendrograma utilizando el índice de Jaccard**

Al realizar el análisis estadístico con este índice, el dendrograma (Fig. 48.2) mostró agrupamientos levemente diferentes al análisis anterior. Nuevamente las UGOs, reconocidas por Martínez Chacón *et al.* (2007), que incluyen las provincias Paleotethys (sur de Europa, Kazajistán, Este del Paleotethys), los Urales (Cuencas Moscú-Donets, Cuencas Urales-Timan), el Ártico y el centro-Norteamericano/Andino, se mantuvieron muy relacionadas, definiendo el Reino Paleoecuatorial representado en color verde.

Siberia se mantuvo aislada del resto de las estaciones tal como había sido identificada por Martínez Chacón *et al.* (2007).

Las estaciones del este de Australia, Afganistán y la India, formaron un grupo relacionado al Paleotethys. Este agrupamiento es controversial, debido a que los datos para estas regiones podrían estar desactualizados, o ser dudosos, ya que Australia carece de registros Pennsylvanianos o al menos el registro no es completo, a diferencia de lo que ocurre en el centro-oeste argentino donde la columna estratigráfica para el Pennsylvaniano es más completa (Roberts *et al.*, 1995; Azcuy *et al.*, 2007).

Al analizar la UGO que posee los registros documentados en este trabajo, se destaca que la misma posee más afinidades con el agrupamiento del Paleotethys que con Patagonia (la cual también se registra aislada). Este hecho estaría demostrando que el centro-oeste de Argentina tendría más relación con la Provincia Ártica y la Provincia centro-Americana Andina, lo cual es concordante con la naturaleza de las faunas de *Marginovatia-Maemia* y *Tivertonia-Streptorhynchus*, las cuales están mayormente vinculadas con taxones de estas regiones (e incluso con algunos de la Provincia de los Urales). Esta situación sería producto de las migraciones de los mismos desde regiones Paleoecuatoriales y Boreales al centro-oeste y sudoeste de Argentina durante el lapso de mejoramiento climático en el Bashkiriano tardío; así como también, por la deriva de Gondwana hacia menores paleolatitudes (Scotese *et al.*, 1979; Taboada, 2010). Si bien este estudio es de carácter preliminar, brinda un panorama que a priori parece sustentar las hipótesis de migraciones desde regiones paleoecuatoriales hacia regiones de latitudes medias (hasta los 60°S) (Taboada, 2010; Taboada *et al.*, 2009, 2013, 2014).

Finalmente, Patagonia se ubica aislada del resto de las estaciones, al igual que Siberia, esto es debido a la naturaleza endémica de sus faunas. Como se mencionó anteriormente la Cuenca Tepuel-Genoa, se habría ubicado en altas paleolatitudes (aproximadamente en los 70°S), y sus faunas (*i.e.*, *Verchojania* y *Langigneotus-Verchojania*), se habrían desarrollado bajo condiciones subpolares (Taboada *et al.*, 2021b). Sin embargo, hay una ligera relación entre Patagonia y Siberia, la cual puede explicarse por dos taxones en común (*i.e.*, *Lanipustula* y *Verchojania*).

El análisis estadístico realizado, aunque es de carácter preliminar, sustenta el aislamiento de Patagonia durante el Carbonífero tardío, reforzando la hipótesis de desconexión paleobiogeográfica entre el centro-oeste de Argentina y Patagonia durante gran parte del Carbonífero tardío (Taboada & Shi, 2011).

Al parecer el análisis realizado con el índice de similitud de Jaccard explicaría mejor la evolución y patrones de distribución de las faunas del centro-oeste y sudeste de Argentina, que indican mayores afinidades con el Reino Paleoequatorial. El aporte de nuevos datos a nivel global será necesario para robustecer el análisis de agrupamientos, y lograr mayor definición.

## 9.6. CONCLUSIONES

- 1- Los resultados obtenidos con la utilización del índice de Jaccard estarían mostrando resultados más robustos comparados con los de Simpson, y son concordantes con varias hipótesis de distribución faunística durante el Carbonífero tardío, entre las regiones del centro-oeste de Argentina y Patagonia.
- 2- La región del centro-oeste de Argentina parece tener mayor afinidad con las regiones paleoequatoriales. Lo cual sustenta las hipótesis de migraciones hacia el margen sudoccidental, desde estas últimas.
- 3- Patagonia se mantiene separada del resto de los agrupamientos, posiblemente debido al endemismo de sus faunas, producto de su ubicación en altas paleolatitudes del sur.
- 4- Las provincias previamente reconocidas por Martínez Chacón *et al.* (2007), mantienen su integridad, y las provincias Paleotethys, Urales, Ártico, y posiblemente el centro-Norteamericano/Andino, definirían el Reino Paleotethys.
- 5- Por otra parte, la Provincia de Siberia se mantuvo aislada del resto de los agrupamientos, como ya lo había mencionado Martínez Chacón *et al.* (2007), y podría definir el Reino Boreal, como había sido planteado por Qiao & Shen (2014).

## CAPÍTULO 10. PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

Filum BRACHIOPODA Duméril, 1806

Subfilum LINGULIFORMEA Williams, Carlson, Brunton, Holmer & Popov, 1996

Clase LINGULATA Gorjansky & Popov, 1985

Orden LINGULIDA Waagen, 1885

Superfamilia LINGULOIDEA Menke, 1828

Familia LINGULIDAE Menke, 1828

Subfamilia LINGULINAE Menke, 1828

Género *Argentiella* Archbold, Cisterna & Sterren, 2005

**Especie tipo.** *Argentiella stappenbecki* Archbold, Cisterna & Sterren, 2005, de la Formación Santa Elena (Carbonífero superior–Pérmico inferior), Subcuenca Calingasta-Uspallata, Mendoza, Argentina. Por designación original.

**Observaciones.** En Argentina todos los registros de Lingulidae fueron referidos al género *Lingula* Bruguière, 1797 (Archbold *et al.*, 2005), como puede verse en numerosos reportes de diferentes unidades, tales como, las formaciones El Imperial, Tupe y Río del Peñón (Dessanti, 1945; Lech & Aceñolaza, 1987a; Cisterna, 2010; Cisterna *et al.*, 2011), entre otros.

El género *Argentiella* es monoespecífico y fue definido por Archbold *et al.* (2005) en niveles pérmicos de la Precordillera de Mendoza, atribuidos en parte a la Formación Santa Elena (Yrigoyen, 1967), una sección considerada parcialmente equivalente a la Formación Cordón del Jagüel (Limarino *et al.*, 2013; ver también Taboada, 1998, 2014). Recientemente, *Argentiella* sp., fue mencionada para la Formación Valle Chico (Tournaisiano superior) en Patagonia (Taboada *et al.*, 2018), aunque la asignación taxonómica precisa aun no fue realizada.

*Argentiella stappenbecki* Archbold, Cisterna & Sterren, 2005

Figura 1.1–1.2

?1945 *Lingula* sp. Dessanti, p. 213–215.

?1990 *Lingula* sp. Espejo, p. 151 y 197.

2005 *Argentiella stappenbecki* Archbold, Cisterna & Sterren, p. 309–314, figs. 4A–L.

**Materiales.** 12 especímenes con valvas decorticadas, moldes internos y externos de ambas valvas. Exteriores de valvas dorsales MHNSR-Pi-CN 10.2, 10.7, 10.9, 10.10, 10.11. Molde externo de valva dorsal MHNSR-Pi-CN 10.12. Molde interno de valva dorsal MHNSR-Pi-CN 10.6. Exterior de valva ventral MHNSR-Pi-CN 10.8. Interior de valva ventral MHNSR-Pi-CN 10.3. Molde compuesto de interior de valva ventral (cara y contra) MHNSR-Pi-CN 10.1. Los exteriores se encontraban parcialmente decorticados. Otro material fragmentario MHNSR-Pi-CN 10.4, 10.5.

**Procedencia geográfica.** Cañón del Atuel, aproximadamente 10 km al este del embalse El Nihuil, lindante con la Ruta Provincial N° 173. San Rafael, Mendoza, Argentina.

**Procedencia estratigráfica.** Sección superior del Miembro Cabecera del Cañón, Formación El Imperial.

**Descripción.** Conchilla de contorno oval elongado, perfil biconvexo, comisura rectimarginada, ápice umbonal marginal, ornamentada con líneas concéntricas y finas líneas radiales. Ancho y largo máximos de 6,2 mm y 9 mm, respectivamente, con relación A/L promedio de 0,57.

Valva ventral elongada con ancho máximo ubicado a mitad de la longitud de la misma, perfil levemente convexo. Ápice umbonal agudo y protuberante. Fastigio levemente desarrollado. Foramen peduncular pequeño (hendidura peduncular estrecha en los moldes internos) de aproximadamente 0,3 mm de ancho, se desarrolla en el séptimo posterior de la valva. Cresta media ventral moderadamente marcada de lados subparalelos, que se desarrolla aproximadamente hasta la mitad de la valva (MHNSR-Pi-CN 10.3; Fig. 1.2). Exhibe ornamentación de líneas concéntricas tenues, en algunos especímenes se aprecian como pequeñas arrugas concéntricas (*rugellae*).

Valva dorsal de contorno oval y ligeramente elongado, perfil leve y uniformemente convexo, con ápice umbonal poco protuberante, y romo. Ancho máximo de la valva se ubica a mitad de la misma. Ornamentación similar a la de la valva ventral.

**Discusión.** Los caracteres descriptos para los especímenes provenientes del Cañadón del Atuel, permiten incluirlos en el género *Argentiella*.

Los especímenes de la Formación El Imperial son comparables con *Argentiella stappenbecki* documentada en la Formación Santa Elena. Ambos especímenes son semejantes en contorno oval y elongado, con ancho máximo ubicado a mitad de la conchilla o levemente anterior a esta. En el material del Cañón del Atuel, el umbón ventral es agudo y protuberante, y el surco peduncular estrecho, caracteres también presentes en *A. stappenbecki*. Por otro, lado el rango de tamaños máximos es comparable, con ancho de 6,2 mm vs 5,8 mm, largo de 9 mm vs 9,4 mm, y con cresta media ventral de lados paralelos. Sin embargo, en el material del Cañadón del Atuel, el contorno es levemente más elongado (relación A/L de 0,57 vs 0,61), y el ápice umbonal ventral aparentemente más protuberante.

Si bien no se encuentran preservados detalles de las áreas viscerales, los caracteres externos exhibidos por los especímenes del Cañón del Atuel, permiten su asignación a *Argentiella stappenbecki*. Dicha especie representa el primero registro formal en la Formación El Imperial.

Superfamilia DISCINOIDEA Gray, 1840

Familia DISCINIDAE Gray, 1840

Género *Oehlertella* Hall & Clarke, 1890

**Especie tipo.** *Discina pleurites* Meek, 1875, de la Formación Cuyahoga (Tournaisiano), Grupo Waverly, Ohio, USA. Por designación original.

**Observaciones.** *Oehlertella* es un discinido poco conocido y estudiado, con un biocron que abarca desde el Silúrico–Devónico al Pérmico, con registros en Estados Unidos, Libia, Escocia, Argentina, y posiblemente también en Estonia y Alemania (Holmer & Popov, 2000). *Orbiculoidea* d’Orbigny, 1847, es comparable a *Oehlertella* pero se diferencia por poseer contorno subcircular, valva dorsal con ápice subcentral, y hendidura peduncular que no alcanza el margen posterior de la valva (Mergl, 2006). *Orbiculoidea saltensis* Reed, 1927 (ver también Antelo, 1972; Amos, 1979; Lech, 1990) fue documentado asociado con *Oehlertella* en afloramientos carboníferos del centro-oeste de Argentina (Lech, 2011).

*Oehlertella annae* (Feruglio, 1933)

Figura 1.3–1.8

1933 *Orbiculoidea annae* Feruglio, pp. 22–24, pl. I, figs. 10–12.

1990 *Oehlertella* sp. Lech, p. 225, pl. 1, fig. 11.

2014 *Oehlertella annae* (Feruglio); Lech, pp. 140–142, solo figs. 4a–f

**Materiales.** 30 especímenes con valvas decorticadas, moldes internos y externos de ambas valvas. Exterior de valva ventral MHNSR-Pi-CN 5.9. Interiores de valvas ventrales MHNSR-Pi-CN 5.17, 5.18. Moldes compuestos de interiores de valvas ventrales MHNSR-Pi-CN 5.16, 5.19. Exteriores de valvas dorsales MHNSR-Pi-CN 5.1, 5.8, 5.12, 5.13, 5.14, 5.23, 5.24, 5.27. Moldes compuestos de exteriores de valvas dorsales MHNSR-Pi-CN 5.10, 5.20, 5.21. Otro material fragmentario MHNSR-Pi-CN 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.11, 5.15, 5.22, 2.25, 5.26, 5.28, 5.29, 5.30.

**Procedencia geográfica.** Cañón del Atuel, aproximadamente 10 km al este del embalse El Nihuil, lindante con la Ruta Provincial N° 173. San Rafael, Mendoza, Argentina.

**Procedencia estratigráfica.** Sección superior del Miembro Cabecera del Cañón, Formación El Imperial.

**Descripción.** Conchilla de contorno subcircular ligeramente elongado, perfil convexo-plano, ornamentada con numerosas filae y rugellae concéntricas, dimensiones máximas de 15,5 mm de ancho y 16,5 mm de largo, con relación A/L promedio de 0,98.

Valva ventral de contorno subcircular a elongado, el cual se estrecha levemente hacia el margen posterior, perfil plano a muy levemente convexo, con ápice umbonal subcentral. Hendidura peduncular amplia, profunda y en forma de “U” (con el vértice contactando al umbón), el piso y los flancos (en disposición casi vertical) de esta estructura están cubiertos por el listrium, y hacia el margen posterior los flancos de la hendidura peduncular convergen, excepto por una pequeña porción. En la región anterior de la hendidura peduncular, algunos especímenes muestran una débil cresta media que se desarrolla casi hasta el margen anterior de la valva (2,8 mm de longitud en MHNSR-Pi-CN 5.17; Fig. 1.6), no obstante, en otros especímenes se aprecia más corta (1,3 mm de longitud en MHNSR-Pi-CN 5.16). Ornamentación de rugosidades concéntricas (rugellae) irregulares, algunas se unen a las contiguas en ángulo agudo, la densidad de rugellae es de 8–10/ 5 mm medido en el margen anterior. También, entre las rugellae, exhibe

continuas e irregulares líneas concéntricas (filae) que se disponen de a pares muy próximas entre sí, con densidad de 14–18/ 5 mm medido en el margen anterior. Los espacios entre las rugellae son amplios y levemente cóncavos a planos.

Valva dorsal de contorno subcircular a levemente elíptico, que se estrecha hacia el margen posterior, perfil levemente convexo en los dos tercios anteriores y más convexo en el tercio posterior (MHNSR-Pi-CN 5.1; Fig. 1.7), ápice umbonal submarginal, exhibe ornamentación de filae concéntricas finas, irregulares y separadas por amplios interespacios planos. Algunos especímenes con la valva decorticada exhiben ornamentación de filae radiales.

**Discusión.** El conjunto de caracteres observados en los especímenes del Cañón del Atuel, permiten asignar tales especímenes al género *Oehlertella* Hall & Clarke, 1890 (siguiendo a Holmer & Popov, 2000).

En el centro-oeste de Argentina, *Oehlertella* es conocido desde la primera mención brindada por Damborenea (1974) basada en una descripción no publicada de especímenes provenientes de la Formación Esquina Gris, actualmente (en parte) Formación Pituil (Taboada, 1997). Después otros especímenes atribuidos a *Oehlertella* sp., fueron pobremente ilustrados por Lech (1990) en niveles moscovianos (Lech, 2002; Césari *et al.*, 2011) de la Formación Agua del Jagüel (*emend* Limarino *et al.*, 2013), aflorando en la quebrada homónima, Mendoza, Argentina. Más recientemente estas especies junto a especímenes provenientes de la Formación Tramojo (Polanski, 1970; correlacionable a la Formación Agua del Jagüel) de la Quebrada de Santa Elena, así como otros provenientes de la Formación Río Genoa (Sakmariano?–Artinskiano) (Andreis *et al.*, 1987; Pagani & Taboada, 2011) de Patagonia, fueron relocalizadas por Lech (2014) en *Oehlertella annae* (Feruglio, 1933).

*Oehlertella annae* (Feruglio, 1933) (ver también Amos, 1979) de Patagonia, fue definida en base a valvas ventrales únicamente. Lech (2014) propuso como Lectotipo al espécimen 10 (Feruglio, 1933, fig. I, 10) y como paralectotipos a los restantes ejemplares (Feruglio, 1933, fig. I, 11, 12) de la serie tipo original. Pero también propone como lectotipos a ejemplares, con ambas valvas preservadas, provenientes de unidades carboníferas (Agua del Jagüel y Santa Elena) del centro-oeste de Argentina, documentados y descriptos por el mismo autor, y asumiendo que *O. annae* posee un amplio rango geográfico y estratigráfico. Sin embargo los especímenes de Precordillera no son parte de la serie tipo original, por lo que no son ejemplares sintipos y no podrían

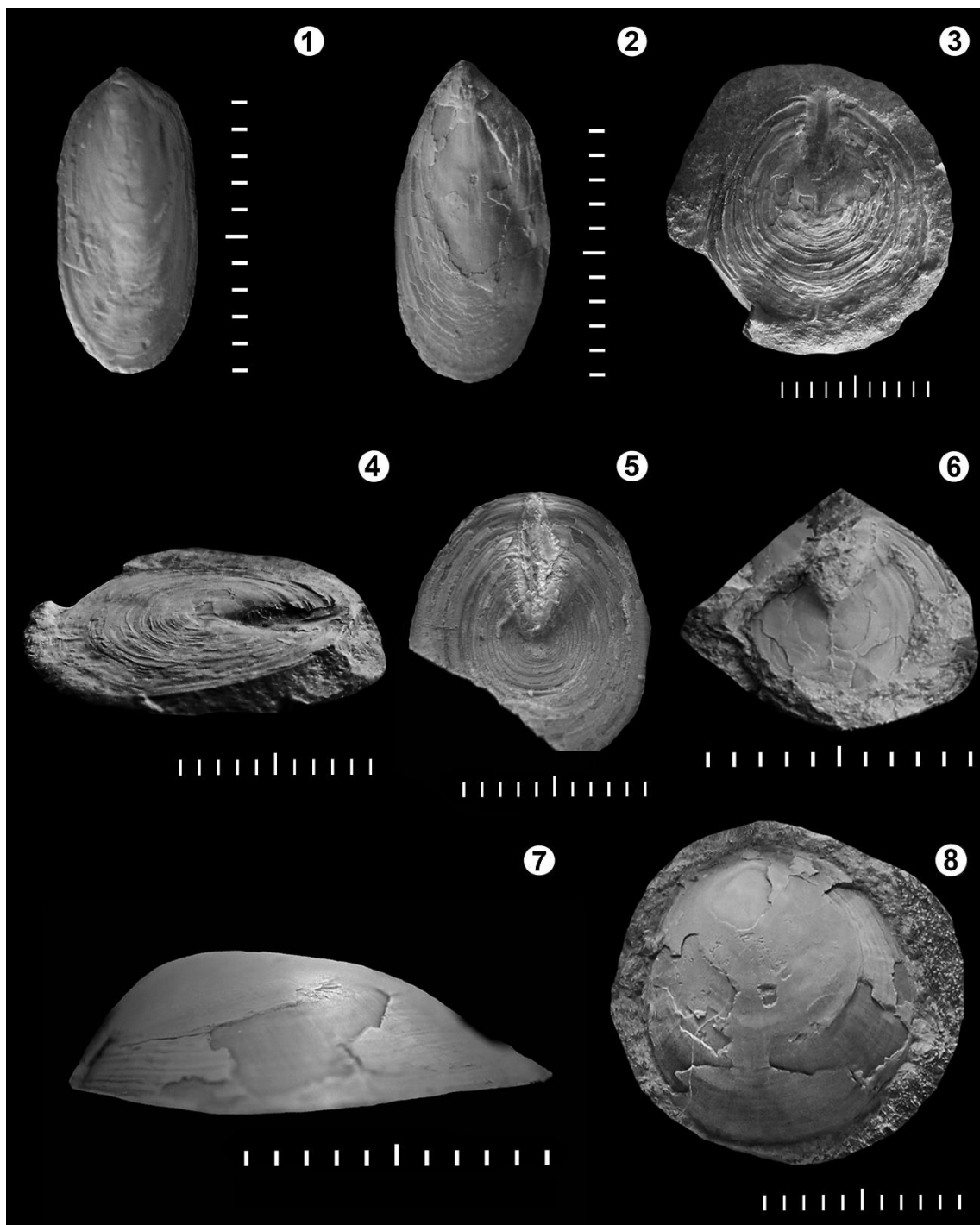


ser nominados como paralectotipos de *O. annae* de acuerdo a las recomendaciones del artículo 74.2 del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica.

Los especímenes de la Formación El Imperial descritos aquí son estrechamente comparables a los documentados como “paralectotipos” de *O. annae* por Lech (2014), como fue mencionado arriba. Los especímenes exhiben un contorno subcircular similar, perfil convexo-plano, similar patrón de ornamentación y una hendidura peduncular amplia y en forma de “U” que contacta al margen posterior de la valva. Otro carácter compartido por estos especímenes es que la parte anterior de la hendidura peduncular ésta cubierta por el listrium. La cresta media ventral exhibida por los materiales del Cañón del Atuel, es similar a la que muestran los especímenes figurados por Lech (2014) (*e.g.*, Fig. 4c), sin embargo, al parecer esta estructura no siempre se preserva. La valva dorsal exhibe ápice submarginal en ambos especímenes. Además exhibe el mismo patrón de ornamentación con filae bajas y rugellae bien desarrolladas e irregulares. Diferencias puntuales pueden apreciarse en la densidad de rugellae, siendo 8–10/ 5 mm en los especímenes del Cañón del Atuel y de 6–8 en los de Precordillera, sin embargo, este carácter podría estar influenciado por las mediciones y además parece ser variable.

*Oehlertella annae* de Patagonia es comparable a los especímenes de la Formación El Imperial, debido a que exhiben contorno subcircular elongado, valva ventral con ápice umbonal subcentral, cresta media ventral extendida anteriormente, y similar patrón de ornamentación. Sin embargo, la hendidura peduncular, parece ser más estrecha en los especímenes de la Formación El Imperial.

Basados en el conjunto de caracteres compartidos entre las muestras estudiadas, se determinan a los especímenes provenientes del Cañón del Atuel, como *Oehlertella annae*. Este registro constituye el primero para esta especie en la Formación El Imperial.



**Figura 1.** 1–2, *Argentiella stappenbecki* Archbold, Cisterna & Sterren, 2005. 1, MHNSR-Pi-CN 10.2 valva dorsal parcialmente decorticada, vista dorsal. 2, MHNSR-Pi-CN 10.3 valva ventral parcialmente decorticada, vista ventral. 3–8, *Oehlertella annae* (Feruglio, 1933). 3–4, MHNSR-Pi-CN 5.9 exterior de valva ventral; 3, vista ventral; 4, vista oblicua. 5, MHNSR-Pi-CN 5.18 interior de valva ventral, vista dorsal. 6, MHNSR-Pi-CN 5.17 interior de valva ventral, vista dorsal. 7–8, MHNSR-Pi-CN 5.1 exterior de valva dorsal parcialmente decorticada; 7, vista lateral; 8, vista dorsal. Escala gráfica = 10 mm, excepto 1, 2, 5 y 6, escala gráfica = 5 mm.

Género *Orbiculoidea* d'Orbigny, 1847

**Especie tipo.** *Orbicula forbesii* Davidson, 1848, del Silúrico Medio (Wenlock) del oeste de Midlands, Inglaterra. ICZN opinión 722, 1965.

**Observaciones.** *Orbiculoidea* es un género cosmopolita con un amplio biocrón que comprende desde el Ordovícico? hasta el Pérmico (Holmer & Popov, 2000; Mergl, 2006).

*Orbiculoidea saltensis* Reed, 1927

Figura 2

1927 *Orbiculoidea saltensis* Reed, p. 132, pl. 13, fig. 1.

1972 *Orbiculoidea* aff. *saltensis* Reed; Antelo, 162, pl. 1, fig. 5, pl.2, fig. 6.

1979 *Orbiculoidea* aff. *saltensis* Reed; Amos, p. 71, fig. 2.

1990 *Orbiculoidea* aff. *saltensis* Reed; Lech, p. 17, pl. 1, fig. 7.

2011 *Orbiculoidea saltensis* Reed; Lech, p. 9–14, pl. 3, figs. A–G.

**Materiales.** 22 especímenes entre los que se cuentan valvas decorticadas, moldes internos y externos. Exteriores de valvas ventrales parcialmente decorticadas MHNSR-Pi-CN 7.2. Interiores de valvas ventrales MHNSR-Pi-CN 7.5, 7.19. Moldes compuestos de valvas ventrales MHNSR-Pi-CN 7.1, 7.6. Exteriores de valvas dorsales MHNSR-Pi-CN 7.3, 7.8, 7.9, 7.13, 7.17, 7.18. Moldes externos de valvas dorsales MHNSR-Pi-CN 7.7, 7.12, 7.14, 7.16. Moldes compuestos de valvas dorsales MHNSR-Pi-CN 7.20, 7.21. Otro material fragmentario MHNSR-Pi-CN 7.4, 7.10, 7.11, 7.15.

**Procedencia geográfica.** Cañón del Atuel, aproximadamente 10 km al este del embalse El Nihuil, lindante con la Ruta Provincial N° 173. San Rafael, Mendoza, Argentina.

**Procedencia estratigráfica.** Sección superior del Miembro Cabecera del Cañón, Formación El Imperial.

**Descripción.** Conchilla de contorno subcircular y perfil fuertemente convexo-plano, ornamentada con numerosas y regulares rugellae concéntricas. Dimensiones máximas de hasta 27 mm de ancho y 25 mm de longitud, con relación A/L promedio de 0,98.

Valva ventral de contorno subcircular y ápice umbonal subcentral, perfil levemente convexo a plano, exhibiendo la mitad anterior ligeramente cóncava y la posterior levemente convexa (MHNSR-Pi-CN 7.2; Fig. 2.1), tomando como centro el ápice umbonal. Ornamentación de rugellae concéntricas regulares y continuas, separadas por amplios espacios, con densidad aproximada de 15/ 5 mm, las mismas son más densas cerca del umbón que en los márgenes, también presenta ornamentación de finas líneas radiales. Hendidura peduncular estrecha con 2,5 mm ancho y 7 mm de largo, y se cierra antes de alcanzar el margen posterior de la valva.

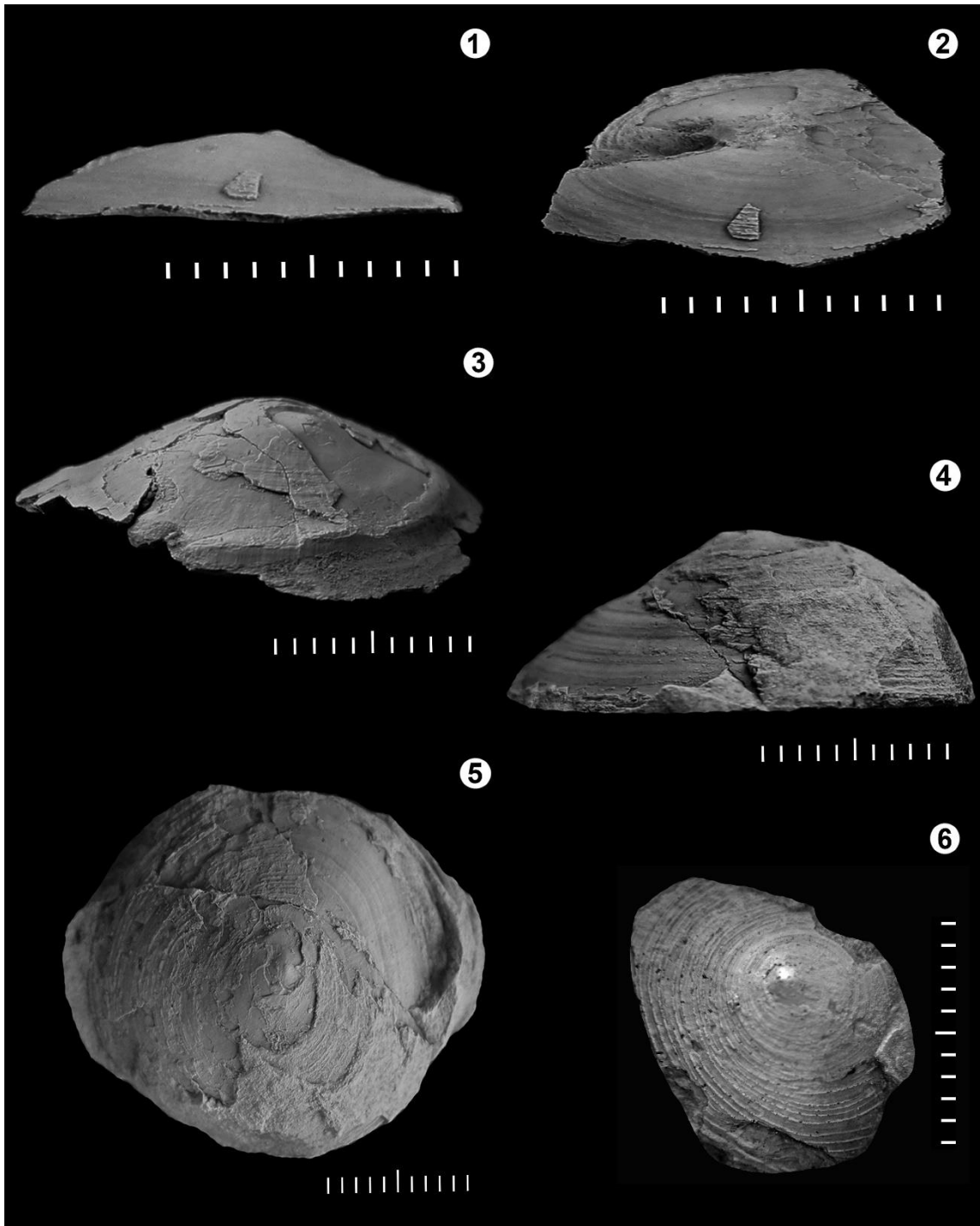
Valva dorsal de contorno subcircular, perfil fuertemente convexo (subcónico), umbón subcentral y agudo, desde esta estructura hacia el margen anterior la valva es ligeramente convexa y hacia el posterior casi recta (MHNSR-Pi-CN 7.18; Fig. 2.4.). Ornamentación similar a la de la valva ventral. No se preservaron detalles sobre las estructuras internas de ambas valvas.

**Discusión.** *Orbiculoidea* es uno de los elementos más comunes en las faunas del centro-este argentino, sin embargo, los trabajos que la describen y figuran son escasos. Hasta el momento solo se reconoce la especie *Orbiculoidea saltensis* Reed, 1927, la cual ha sido documentada en la Formación Pituil, que aflora en Sierra de Barreal, San Juan (Taboada, 1997). Posteriormente, Antelo (1972) describió *Orbiculoidea* aff. *saltensis* en la Formación Quebrada Larga, en la quebrada homónima de la provincia de San Juan, y recientemente, Lech (2011) documentó *O. saltensis* en las formaciones Agua del Jagüel y Santa Elena en la provincia de Mendoza, y en la Formación Ansilta, provincia de San Juan. Al comparar los especímenes del Imperial con los estudiados por Lech (2011), se destaca que ambos exhiben valvas dorsales subcónicas, con perfil fuertemente convexo, el perfil de la valva ventral es levemente cóncavo hacia anterior y convexo hacia posterior, tomando el umbón como centro. Si bien se observó gran variación en el tamaño de las muestras del Imperial, la relación A/L promedio fue siempre cercana a uno, al igual que en los especímenes descritos por Lech (2011). La ornamentación de filae concéntricas con densidad de 15/ 5 mm es la misma en ambos, al igual que la hendidura pedúncular estrecha y cubierta por el listrium. Indudablemente todos los caracteres exhibidos por los especímenes del Miembro Cabecera del Cañón permiten considerarlos co-específicos con *Orbiculoidea saltensis* Reed.

*Orbiculoidea asperotriangularis* Lech, 1990, fue pobremente ilustrado y no fue descrito, por lo que debe ser considerado como *nomen nudum* de acuerdo al artículo 13

del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ver también Archbold *et al.*, 2005). Incluso se especuló que este único espécimen podría ser co-específico de *Orbiculoidea saltensis* Reed el cual está registrado en la Formación Agua del Jagüel (Lech, 1990, 2002, 2011). *Orbiculoidea* sp. es mencionado en localidades tales como, Sinclinal de Rincón Blanco, La Rioja (Formación Río del Peñón) (Cisterna & Simanaukas, 2000), Quebrada de la Herradura y Quebrada La Delfina, San Juan (Formación Tupe) (Cisterna *et al.*, 2006, 2011), Sierra de Barreal, San Juan (Miembro El Paso y Hoyada Verde de la Formación San Eduardo, y en la Formación Pituil) (Damborenea, 1974; Taboada, 1989; Cisterna *et al.*, 2017), en Quebrada Agua del Jagüel, Mendoza (Formación Agua del Jagüel) (Taboada, 1987) y en Arroyo del Imperial, Mendoza (Formación El Imperial) (Dessanti, 1945; Arias & Azcuy, 1986; Sabbattini *et al.*, 1990).

Finalmente, el reconocimiento de *Orbiculoidea saltensis* en la Formación El Imperial confirma la presencia del género en esta unidad, de acuerdo a las menciones de Dessanti (1945), Arias & Azcuy (1986), Sabbattini *et al.* (1990) y Espejo (1990).



**Figura 2.** 1–6, *Orbiculoidea saltensis* Reed, 1927, 1–2, MHNSR-Pi-CN 7.2 exterior de valva ventral; 1, vista lateral; 2, vista oblicua. 3, MHNSR-Pi-CN 7.17 molde interno de valva dorsal, vista oblicua; 4–5, MHNSR-Pi-CN 7.18 exterior de valva dorsal decorticado; 4, vista lateral; 5, vista dorsal. 6, MHNSR-Pi-CN 7.7 molde de silicona de exterior de valva dorsal. Escala gráfica = 10 mm.

Subfilum RHYNCHONELLIFORMEA Williams, Carlson, Brunton, Holmer & Popov,  
1996

Clase STROPHOMENATA Williams, Howard, Brunton & Cocks, 1996

Superorden PRODUCTIFORMI Waagen, 1883  
Orden PRODUCTIDA Sarytcheva & Sokolskaya, 1959  
Suborden LINOPRODUCTIDINA Waterhouse, 2013  
Superfamilia PROBOSCIDELLOIDEA Muir-Wood & Cooper, 1960  
Familia PAUCISPINAURIIDAE Waterhouse, 1986  
Subfamilia COOLKILELLINAE Waterhouse, 2001  
Género *Coolkilella* Archbold, 1993

**Especie tipo.** *Cancrinella coolkilyaensis* Archbold, 1983, de Coolkilya Greywacke (Kunguriano), Cuenca Carnarvon, Oeste de Australia. Por designación original.

**Observaciones.** *Coolkilella* se registra en estratos pérmicos de Australia (Archbold, 1983, 1993, 1996), Nepal (Waterhouse & Chen, 2007), y China (Chen & Shi, 2006), siendo su registro más antiguo en estratos pennsylvanianos del centro-oeste de Argentina (Taboada 1998, 2014).

*Coolkilella aredesi* Taboada, 2014

Figura 3

?1990 *Cancrinella farleyensis* (Etheridge & Dunn); Lech, p. 225, Pl. 2, fig. 2.

?1990 *Linoproductus cora* (d'Orbigny); Lech, p. 225, fig. 3.

?2000 *Costatumulus* sp. C; Cisterna & Simanauskas, p. 141–142, fig. 5 e–1.

?2010 *Costatumulus* sp. C; Cisterna, p. 94, fig. 2T (copiado de Cisterna & Simanauskas, 2000, fig. 5i).

2010 *Coolkilella* sp.; Taboada, p. 169, fig. 14 B–D.

\*v. 2014 *Coolkilella aredesi* Taboada, p. 235–237, fig. 5 1–8.

**Materiales.** 21 especímenes preservados como moldes internos y externos, y steinkern. Moldes externos de valvas ventrales MHNSR-Pi-CN 4.8, 4.11, 4.13. Molde externo de un espécimen articulado MHNSR-Pi-CN 4.12. Molde compuesto de valva ventral MHNSR-Pi-CN 4.4. Moldes externos de valvas dorsales MHNSR-Pi-CN 4.14, 4.20, 4.21. Molde compuesto de valva dorsal MHNSR-Pi-CN 4.19. Steinkerns MHNSR-Pi-CN 4.5, 4.7. Otro material fragmentario MHNSR-Pi-CN 4.1, 4.2, 4.3, 4.6, 4.9, 4.10, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18.

**Procedencia geográfica.** Cañón del Atuel, aproximadamente 10 km al este del embalse El Nihuil, lindante con la Ruta Provincial N° 173. San Rafael, Mendoza, Argentina.

**Procedencia estratigráfica.** Sección superior del Miembro Cabecera del Cañón, Formación El Imperial.

**Descripción.** Conchilla pequeña a mediana de contorno subcircular, levemente transverso, perfil fuertemente cóncavo-convexo; con aurículas pequeñas y aplanadas. Dimensiones máximas de 21 mm de ancho y 17,5 mm de largo respectivamente, y relación A/L promedio de 1,3.

Valva ventral de perfil fuertemente convexo a subgloboso con los márgenes laterales rectos, trail (reborde) largo, geniculación (región anterior de la valva comprendida entre el vientre y el trail) fuerte con ángulo aproximado de 50°. Umbón levemente protuberante e incurvado hacia el margen cardinal. Ornamentación de rugae concéntricas débiles en el vientre y más marcadas en la región umbonal, aurículas y trail. Exhibe finas costillas radiales (costellae) con densidad de 3–4/ mm (medido en el vientre, a 5 mm del umbón), se bifurcan anteriormente a una base de espina, siendo los espacios intercostales de aproximadamente el mismo ancho que las costillas. Las bases de espinas son alargadas (longitud promedio de 2 mm), levemente engrosadas y se contabilizan 3–4/ 5 mm<sup>2</sup> (medido a 5 mm del umbón).

La valva dorsal de perfil ligeramente cóncavo, con abrupta geniculación (aproximadamente 70°). Ornamentación de rugae concéntricas marcadas sobre el disco dorsal, costillas radiales finas con densidad de 4–5/ mm (medido en el disco dorsal a 5 mm del margen cardinal), se incrementan por intercalación, aunque ocasionalmente puede presentar bifurcación, y con aproximadamente la mitad del ancho de los espacios intercostales. El espécimen MHNSR-Pi-CN 4.7, exhibe septo medio dorsal simple de aproximadamente un cuarto de la longitud de la valva (4,1 mm) y forma un ángulo de 75° con las crestas cardinales.

**Discusión.** En Argentina, dos especies del género *Coolkilella* han sido reconocidas previamente en diferentes localidades del centro-oeste de Argentina. *Coolkilella keideli* Taboada, 1998, registrada en la Formación Cordón del Jagüel (Sakmariano?–Artinskiano) (Antiguamente parte de la Formación Agua del Jagüel de acuerdo a

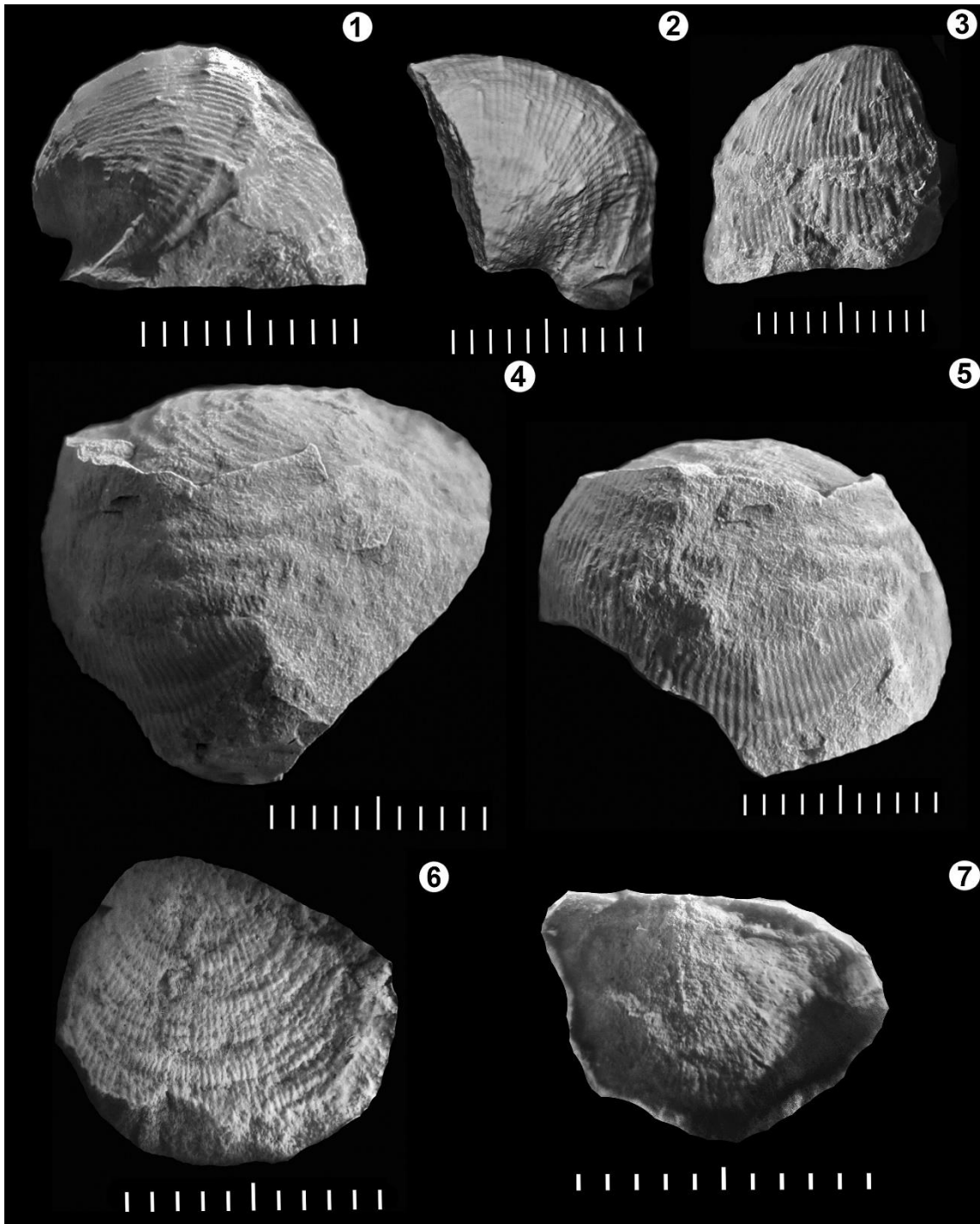


Limarino *et al.*, 2013), y *Coolkilella aredesi* Taboada, 2014 proveniente de las formaciones Agua del Jagüel, Río del Peñón y Del Salto (Moscoviano). Ambas especies son muy similares, pero *C. aredesi* se distingue por ser de mayor tamaño y exhibir contorno más transverso, valva ventral con perfil más convexo, mayor densidad de espinas, bases de espinas más alargadas y gruesas, valva dorsal más cóncava y con geniculación en menor ángulo (Taboada, 2014).

Los especímenes del Cañón del Atuel comparten con *C. aredesi*, la mayoría de los caracteres morfológicos diagnósticos, tales como, la densidad de espinas (3–4 vs 3/ 5 mm<sup>2</sup>), longitud de las bases de espinas (2 vs 2–3 mm), ornamentación de fuertes rugae concéntricas sobre el disco dorsal, pero débiles sobre el vientre, patrón de costillas también con similar densidad (3–4 vs 3–5/ mm), y geniculación cercana a los 60°. Diferencias menores incluyen un contorno menos transverso en los especímenes del Cañón del Atuel (relación A/L de 1,3 vs 1,4, respectivamente), aunque podría deberse a una leve deformación de la muestra.

Por otro lado, al comparar con *C. keideli*, comparte con los especímenes del Cañón del Atuel, similar patrón de ornamentación y densidad de costillas (3–4 vs 3/mm). Sin embargo, *C. keideli* se diferencia por el grosor de las bases de espinas, siendo más finas que en el material del Cañón del Atuel (aproximadamente 0,15 mm vs 0,25 mm), el patrón de crecimiento de las costillas en la valva dorsal, es por intercalación en *C. aredesi*, y por bifurcación en *C. keideli*, y además el genículo de la valva dorsal del material del Atuel posee un ángulo mucho menor que los 90° de la especie pérmica.

Los caracteres descriptos para los especímenes del Cañón del Atuel, sugieren su inclusión en *Coolkilella aredesi*, a su vez, este representa el primer registro en la Cuenca San Rafael, además se convierte en un valioso elemento de biocorrelación regional entre de las cuencas del centro-oeste de Argentina.



**Figura 3.** 1–7, *Coolkilella aredesi* Taboada, 2014, 1–3, MHNSR-Pi-CN 4.8 molde externo de valva ventral; 1, vista lateral; 2, vista postero-ventral; 3, vista antero-ventral; 4–6, MHNSR-Pi-CN 4.12 molde externo de espécimen articulado; 4, vista ventro-lateral; 5, vista anterior-ventral; 6, molde de silicona de exterior de valva dorsal. 7, MHNSR-Pi-CN 4.7 molde de silicona de interior de valva dorsal. Escala gráfica = 10 mm.

Subfamilia MAGNPLICATININAE Waterhouse, 2001

Tribú MAGNPLICATININI Waterhouse, 2001

Subtribú CANCRINELLINAI Waterhouse, 2013

## Género *Calytrixia* Waterhouse, 2010

**Especie tipo.** *Terrakea capillata* Waterhouse (en Foster & Waterhouse, 1988) de la Formación Calytrix (Pérmico inferior), Cuenca Canning, oeste de Australia. Por designación original.

**Observaciones.** *Calytrixia* Waterhouse se registra en niveles estratigráficos del oeste de Australia y centro-oeste de Argentina, desde el Carbonífero tardío al Pérmico temprano (Waterhouse, 2010, Taboada, 2014). *Calytrixia* fue erigido para separarlo de *Costatumulus* Waterhouse al cual se asemeja, pero difiere por su notable pequeño tamaño, bases de espinas más robustas y numerosas espinas en las aurículas no dispuestas en hileras. También es similar a *Coolkilella* Archbold, pero *Calitrixia* posee menor tamaño, corpus más delgado, valva ventral no subglobosa, trail corto, geniculación débil y exhibe más espinas en las aurículas, no dispuestas en dos hileras (Waterhouse, 2010; Taboada, 2014).

### *Calytrixia piersoni* Taboada, 2014

#### Figura 4

1987b *Canocrinella* sp.; Lech & Aceñolaza, p. 108, fig. 2a–c.

1990 *Canocrinella* sp.; Lech, p. 225, pl. 2, fig. 8.

2000 *Costatumulus* sp. B; Cisterna & Simanaukas, p. 141, fig. 5a–d.

2014 *Calytrixia piersoni* Taboada, p. 237–239, fig. 5 9–12.

**Materiales.** Siete especímenes preservados como moldes externos y steinkern. Moldes externos de valvas dorsales MHNSR-Pi-CN 8.3, 8.4. Molde externo de valva ventral MHNSR-Pi-CN 8.5. Steinkern parcialmente preservado MHNSR-Pi-CN 8.6. Otro material fragmentario MHNSR-Pi-CN 8.1, 8.2, 8.7.

**Procedencia geográfica.** Cañón del Atuel, aproximadamente 10 km al este del embalse El Nihuil, lindante con la Ruta Provincial N° 173. San Rafael, Mendoza, Argentina.

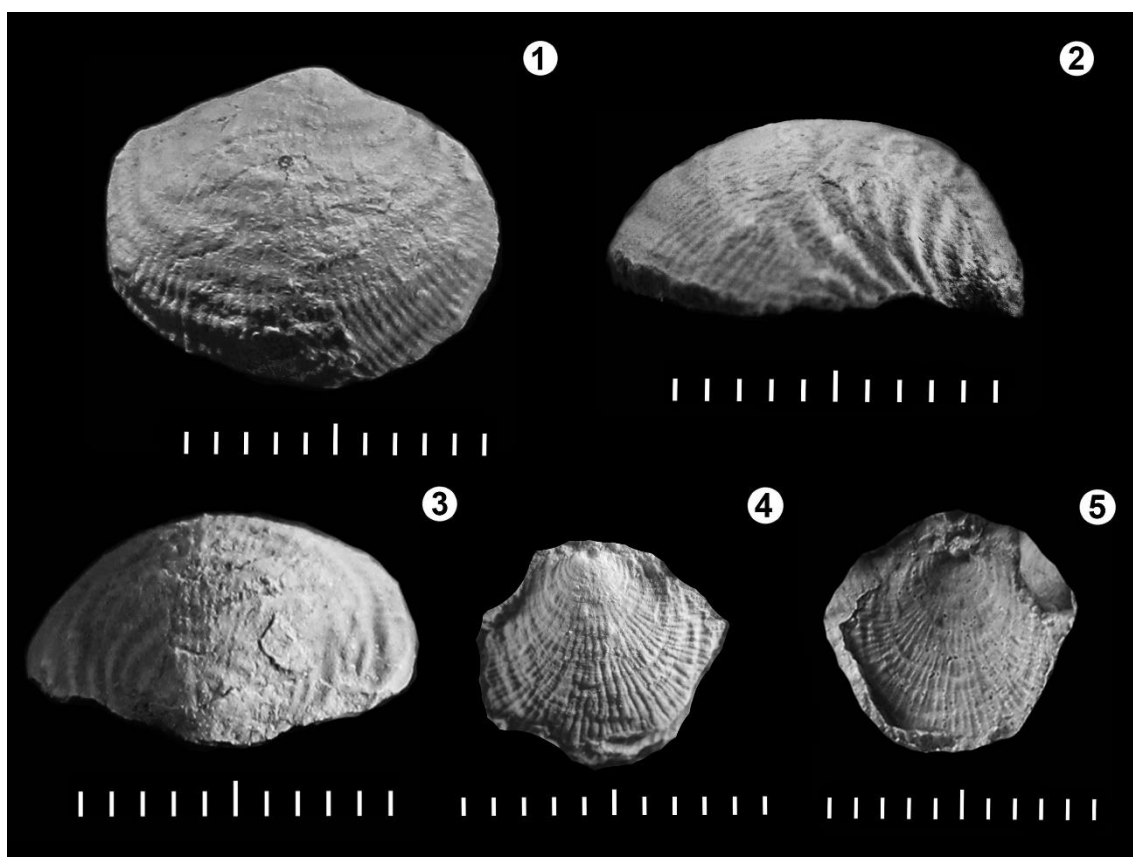
**Procedencia estratigráfica.** Sección superior del Miembro Cabecera del Cañón, Formación El Imperial.

**Descripción.** Conchilla pequeña de perfil moderadamente cóncavo-convexo, corpus somero, contorno subcircular levemente transverso y ancho máximo ubicado en la mitad de la longitud de la valva. Ancho y longitud máxima de 13,6 mm y 13,4 mm y relación A/L promedio de 1,1.

Valva ventral de perfil moderadamente convexo, umbón protuberante y poco incurvado hacia la línea cardinal, línea articular ligeramente menor que el ancho máximo. Ornamentación de finas costillas radiales (costellae), bases de espinas dispuestas subquincunxialmente. Costillas con densidad de 3–4/ mm (medido en el vientre), que se bifurcan anteriormente a una base de espina, esta última engrosada (levemente mayor a una costilla) y corta (aproximadamente 1 mm de longitud). Rugae concéntricas débiles en el vientre, pero más marcadas en la región umbonal, flancos y trail. En el trail los espacios intercostales son levemente más anchos que las costillas y equidistantes en los flancos.

Valva dorsal de perfil levemente cóncavo, ornamentada con costillas radiales finas, continuas y bien definidas, levemente curvadas hacia los flancos (densidad de 3–4/ mm, medido en el disco dorsal). Las costillas se incrementan por bifurcación, aunque ocasionalmente lo hacen también por intercalación. Los espacios intercostales son amplios en la parte central y anterior de la valva, pero se vuelven más angostos hacia los flancos. Rugae concéntricas marcadas, principalmente en el disco dorsal. Septo medio dorsal simple y de aproximadamente un cuarto de la longitud de la valva (3,6 mm).

**Discusión.** El conjunto de caracteres descriptos para las muestras provenientes del Cañón del Atuel, permiten asignarlas a *Calytrixia* (ver Foster & Waterhouse, 1988; Archbold, 1995; Waterhouse, 2010; Taboada, 2014). En Argentina, el primer registro de *Calytrixia piersoni* Taboada, 2014, fue en niveles Pennsylvanianos de las subcuencas Río Blanco y Calingasta-Uspallata. Los especímenes descriptos por Taboada (2014) comparten con los especímenes de la Formación El Imperial, una conchilla de tamaño pequeño (13,6 mm vs 17 mm de ancho máximo), contorno levemente transverso (relación A/L de 1,1 en ambos especímenes), y perfil levemente cóncavo-convexo. Además, la ornamentación de costillas radiales, exhiben el mismo patrón y densidad (3–4/ mm vs 2–4/ mm). Tales similitudes permiten considerar a los especímenes del Cañón del Atuel co-específicos con los descriptos por Taboada (2014). *Calytrixia piersoni* de la Formación El Imperial amplía su distribución geográfica a la Cuenca San Rafael.



**Figura 4.** 1–5, *Calytrix piersoni* Taboada, 2014, 1–3, MHNSR-Pi-CN 8.6 steinkern; 1, vista ventral; 2, vista lateral; 3, vista postero-ventral. 4, MHNSR-Pi-CN 8.3 molde externo de valva dorsal; 4, molde de silicona de exterior de valva dorsal, vista dorsal; 5, vista dorsal. Escala gráfica = 10 mm.

Familia AURICULISPINIDAE Waterhouse, 1986  
 Subfamilia AURICULISPININAE Waterhouse, 1986  
 Género *Costatumulus* Waterhouse, 1983

**Especie tipo.** *Auriculispina tumida* Waterhouse (en Waterhouse *et al.*, 1983), de la Formación Tiverton (Sakmario), Cuenca Bowen, Queensland, Australia. Por designación original.

*Costatumulus* sp.

Figura 5

**Materiales.** 22 especímenes preservados como moldes externos y moldes compuestos. Moldes externos de valvas ventrales MHNSR-Pi-CN 1.5, 1.6, 1.7, 1.10, 1.12, 1.14, 1.15, 1.18. Moldes compuestos de exterior de valva ventral MHNSR-Pi-CN 1.2, 1.21. Moldes

externos de valvas dorsales MHNSR-Pi-CN 1.1, 1.8, 1.11, 1.19; todos los especímenes son fragmentarios y en regular estado de preservación. Otro material fragmentario MHNSR-Pi-CN 1.3, 1.4, 1.9, 1.13, 1.16, 1.17, 1.20, 1.22.

**Procedencia geográfica.** Cañón del Atuel, aproximadamente 10 km al este del embalse El Nihuil, lindante con la Ruta Provincial N° 173. San Rafael, Mendoza, Argentina.

**Procedencia estratigráfica.** Sección superior del Miembro Cabecera del Cañón, Formación El Imperial.

**Descripción.** Conchilla de tamaño mediano, contorno subcircular transverso, corpus moderadamente cóncavo-convexo, ambas valvas ornamentadas con costillas radiales finas y rugae concéntricas bajas e irregulares. Ancho y longitud máxima de 32 mm y 24 mm, respectivamente, y relación A/L promedio de 1,5.

Valva ventral, con perfil moderadamente convexo, contorno subcircular ligeramente transverso, genículación moderada (aproximadamente 50–55°) y trail corto. Región umbonal levemente más inflada que el resto de la valva, con umbón poco prominente y ligeramente incurvado hacia la margen cardinal. Ornamentación de costillas radiales finas, de sección redondeada, levemente flexuosas en el vientre y regulares en el trail. Se dividen por bifurcación anteriormente a una base de espina, aunque también por intercalación en otros sectores de la valva, densidad de 4–5/ mm en el vientre (medido a 10 mm del umbón), densidad en el trail de 3/ mm. Espacios intercostales de ancho similar a las costillas. Rugae concéntricas irregulares y bajas distribuidas en toda la valva, débiles en el vientre y más marcadas en el margen anterior y los flancos. Bases de espinas levemente más anchas que las costillas, con longitud de 1,3–1,5 mm, y distribuidas subquincunxialmente. La densidad de bases de espinas es de 3/ 5 mm<sup>2</sup>.

Valva dorsal, de perfil moderadamente concavo con mayor concavidad en el disco dorsal, contorno subcircular transverso, con ancho máximo aparentemente a mitad de la longitud valvar, y aurículas pequeñas y planas. Exhibe trail corto con genículación en bajo ángulo (aproximadamente 50°). Ornamentación de costillas radiales finas, y espacios intercostales del mismo ancho, por sectores flexuosas con densidad de aproximadamente 4–5/ mm (medido en el disco dorsal a 6 mm del margen cardinal) y se incrementan por bifurcación. Rugae concéntricas bajas y densas en la zona del disco

dorsal, y más prominentes y marcadas en aurículas. Internamente se aprecia un septo medio dorsal simple de aproximadamente la mitad de la longitud de la valva.

**Discusión.** Los caracteres observados en los especímenes del Cañón del Atuel, tales como conchilla de tamaño mediano, contorno transversal, perfil moderadamente cóncavo-convexo con trail corto y débil geniculación, ornamentación de costillas finas y rugae concéntricas bajas e irregulares, indican afinidades con los géneros *Costatumulus* y *Auriculispina* Waterhouse, 1975.

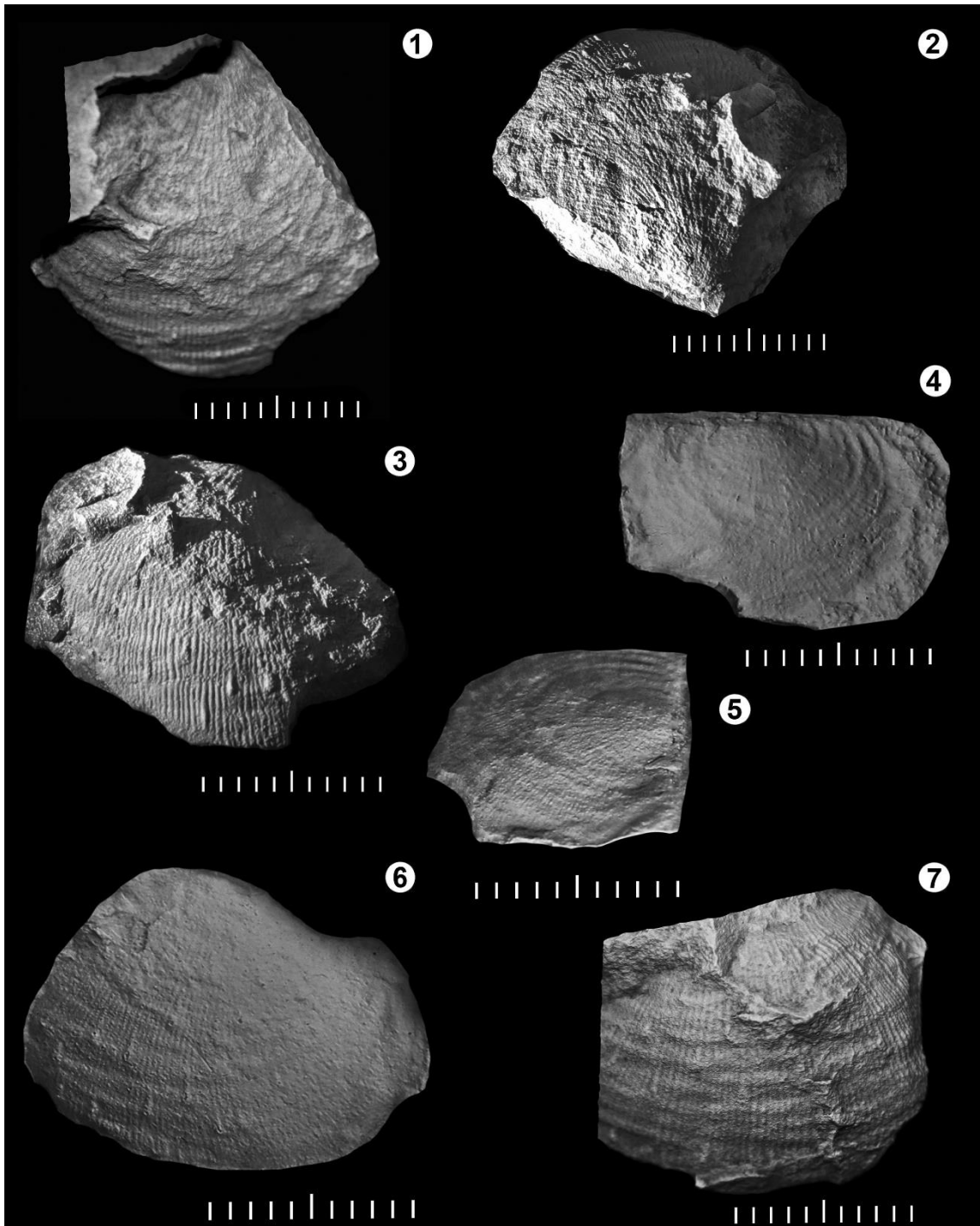
*Costatumulus* posee valva ventral más convexa con la parte media-anterior variablemente arqueada, aurículas pequeñas con una o pocas hileras de espinas cercanas al margen cardinal, y bases de espinas diferenciadas de las costillas, en arreglo de quincunx. Por el contrario, *Auriculispina* exhibe numerosas espinas en las aurículas, carece de bases de espinas distintivas y la ornamentación de costillas y rugae es más marcada (Briggs, 1998; Taboada, 1998; Li *et al.*, 2012; Waterhouse, 2010, 2013). Ambos géneros se diferencian claramente en base a caracteres internos, *Costatumulus* presenta cicatrices musculares de los aductores de forma oval, alargada y dendrítica, mientras que *Auriculispina* presentan cicatrices subrectangulares y lisas (Briggs, 1998, Brunton *et al.*, 2000). El material estudiado no preservó detalles de las cicatrices musculares, las cuales habrían permitido una determinación taxonómica inequívoca. Pero poseen bases de espinas levemente engrosadas y diferenciadas de las costillas, aurículas pequeñas en la valva dorsal, y la valva ventral moderadamente convexa, caracteres que en conjunto sugieren mayores afinidades con *Costatumulus*.

*Costatumulus* es un género ampliamente registrado en el Carbonífero tardío–Pérmico tardío de Gondwana, y en altas paleolatitudes del hemisferio norte (Waterhouse, 2010, 2013). En Argentina, *Costatumulus* posee registros en estratos Pennsylvanianos–Cisuralianos, de las cuencas del centro-oeste argentino y Patagonia (Taboada, 1998, 2010; Cisterna & Simanaukas, 2000; Pagani & Taboada, 2011). Los especímenes de la Formación El Imperial son comparables a *Costatumulus* sp. A Cisterna & Simanaukas, 2000, de la Formación Río del Peñón. Estas especies muestran similar ornamentación y densidad de costillas radiales 2–4 vs 4/ mm en la valva ventral, rugae concéntricas débiles pero fuertes en las aurículas, similar a *Costatumulus* sp. del Cañón de Atuel. Sin embargo, *Costatumulus* sp. A exhibe un tamaño menor (aproximadamente la mitad), y bases de espinas distribuidas de manera irregular. *Costatumulus amosi* de la Formación Cordon del Jagüel se asemeja a *Costatumulus* sp. en la convexidad de la valva ventral, umbón

poco prominente, septo medio dorsal de la mitad de la longitud de la valva y ornamentación de costillas radiales finas. No obstante, *Costatumulus amosi* presenta el ancho máximo de la valva coincidente con el margen cardinal, espacios intercostales más anchos que las costillas y bases de espinas no distribuidas en quincunx. Otra especie comparable es *Costatumulus* sp. 3 Pagani & Taboada, 2011 de las formaciones Mojón de Hierro y Río Genoa. El material de Patagonia es similar en la forma general de la conchilla, ornamentación de costillas radiales y el grosor de las bases de espinas (levemente mayor al de una costilla). Pero se distingue por poseer bases de espinas más largas y rugae concéntricas más marcadas.

*Costatumulus* sp., constituye de este modo el primer registro del género en la Cuenca San Rafael. Sin embargo, el estado fragmentario del material de estudio no permite mayor definición taxonómica, ni una comparación más precisa.





**Figura 5.** 1–7, *Costatumulus* sp., 1–2, MHNSR-Pi-CN 1.10 molde externo de valva ventral; 1, vista ventral; 2, vista postero-ventral. 3, MHNSR-Pi-CN 1.12 molde externo de valva ventral, vista ventro-frontal. 4–5, MHNSR-Pi-CN 1.19 molde externo de valva dorsal; 4, molde de silicona de valva dorsal en vista dorsal; 5, vista oblicua. 6, MHNSR-Pi-CN 1.18 molde de silicona de exterior ventral, vista ventral. 7, MHNSR-Pi-CN 1.5 molde externo de valva ventral, vista antero-ventral. Escala gráfica = 10 mm.

Superfamilia LINOPRODUCTOIDEA Stehli, 1954

Familia LINOPRODUCTIDAE Stehli, 1954

Subfamilia LINOPRODUCTINAE Stehli, 1954

**Observaciones.** La Subfamilia Linoproductinae agrupa un conjunto de taxones que se caracterizan por exhibir conchillas pequeñas a grandes con corpus profundo a somero de contorno oval, transversas o elongadas, umbón prominente, y espinas únicamente en la valva ventral. Particularmente exhibe espinas en el margen cardinal en una a dos hileras (ocasionalmente tres) paralelas al margen cardinal, bases de espinas moderadamente grandes, y al menos alguna espina del vientre es de tamaño similar a las últimas de las aurículas (Waterhouse, 2013). Se diferencia de otras subfamilias, tal como Linispinae Lazarev, 2006 debido a que esta última presenta tres o más hileras de espinas (o inclusive agrupamiento) en las aurículas, que tienen aproximadamente el mismo grosor que las espinas del resto de la valva, además el proceso cardinal parece ser más protuberante que en Linoproductinae. Se diferencia de la Subfamilia Globosoproductinae Waterhouse, 2013, en que esta exhibe valva ventral con finas espinas en las aurículas y gruesas en el resto de la valva, rugae poco marcadas, internamente carece de placas laterales de soporte y de conos braquiales. Finalmente se diferencia de Coopericinae Lazarev, 2004 porque esta incluye conchillas globosas, de gran tamaño y las espinas en las aurículas se disponen en una línea recta, pero en el resto de la valva son raras o están ausentes (Waterhouse, 2013).

En cuanto a la composición genérica, la Subfamilia Linoproductinae incluye a *Linoproductus* Chao, 1927; *Linoproductoides* Lazarev, 2006; *Sublinoproductus* Lazarev, 2008.

### **Linoproductinae indet.**

Figura 6

**Materiales.** Cara y contra de valva ventral MOZ-PI 9051. Moldes externos de valvas ventrales MOZ-PI 9078, 9942 y 9085. Otro material fragmentario MOZ-PI 9105.

**Procedencia geográfica.** Cerro San Pedro, al pie occidental de la Cordillera del viento, Andacollo, Neuquén.

**Procedencia estratigráfica.** Sección media de la Formación Huaraco (Comarca Neuquina), nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Conchilla pequeña a mediana (menos de 20 mm de ancho hasta 50 mm), de contorno subelíptico transverso, perfil cóncavo-convexo. Ornamentación de costillas radiales finas.

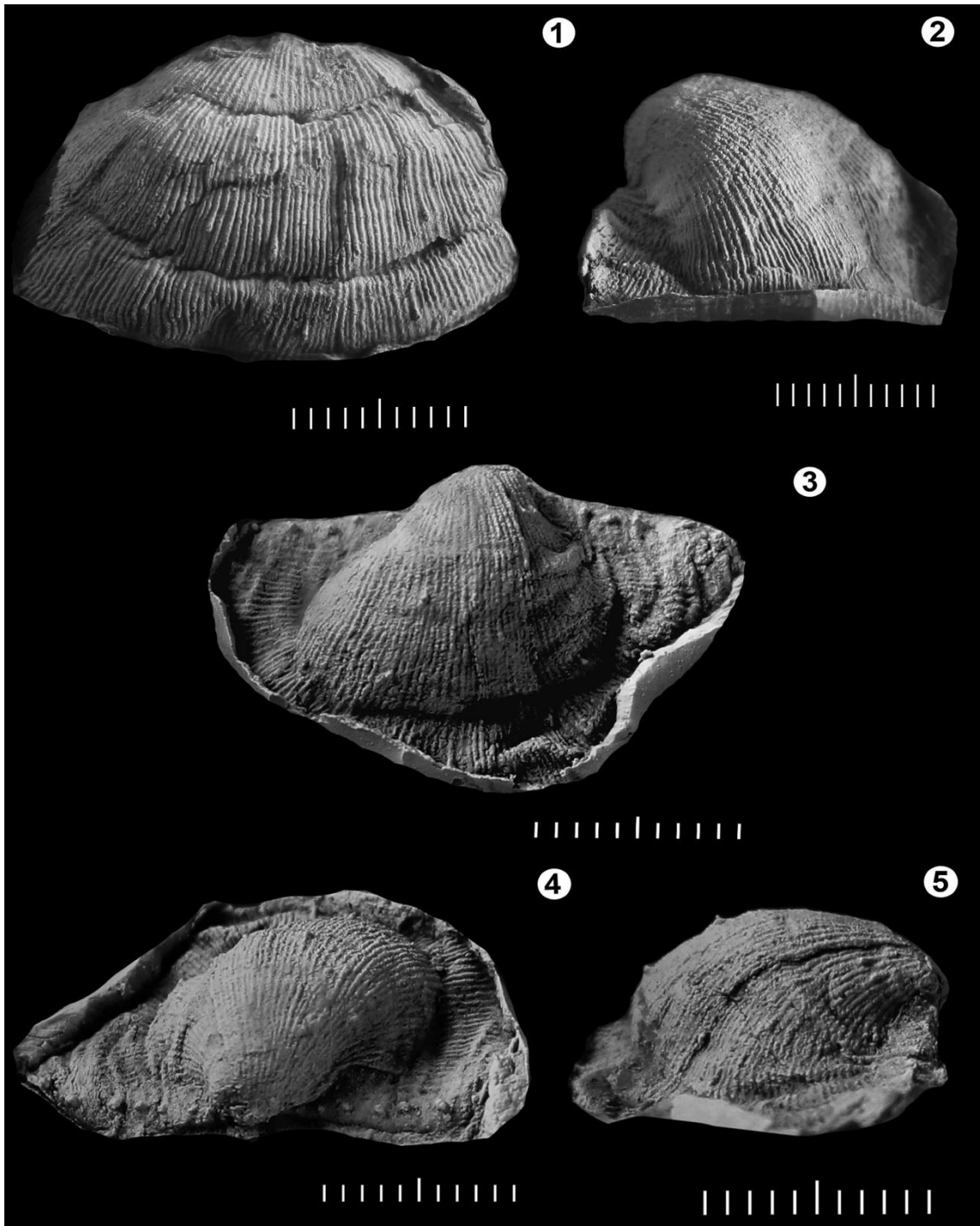
Valva ventral, de contorno transverso, vientre globoso, levemente separado del trail en perfil longitudinal, aurículas bien desarrolladas, aplanadas y extendidas, diferenciadas del vientre. Umbón levemente protuberante, y levemente incurvado sobre el margen cardinal. Región umbonal con márgenes laterales en disposición casi vertical. Aurículas exhiben seis espinas dispuestas en una hilera paralela al margen cardinal (dista aproximadamente 0,8 mm), y las espinas están dirigidas posteriormente. Última espina con diámetro de aproximadamente 0,4 mm y se ubica próxima al margen de la aurícula. Ornamentación de rugae concéntricas levemente marcadas en aurículas y flancos, pero nulas en el vientre. Costillas radiales finas, continuas, y por sectores flexuosas, con densidad de 15/ 5 mm (medido a 10 mm desde el umbón). Las mismas exhiben intercalación y bifurcación. Las costillas se bifurcan anteriormente a una base de espinas las cuales son relativamente numerosas y con grosores de 0,30–0,37 mm. Valva dorsal desconocida.

**Discusión.** Los caracteres exhibidos por los materiales provenientes del primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco, tales como, valva ventral fuertemente convexa con aurículas bien desarrolladas, espinas uniformes en grosor, tanto en aurículas como en el resto de la valva, costillas radiales finas, y rugae débiles, entre otros, permiten incluirlos dentro de la Subfamilia Linoproductinae. Sin embargo, los caracteres como el vientre notoriamente convexo, aurículas muy extendidas y aplanadas portando una hilera de espinas paralela al margen cardinal, y costillas radiales que se bifurcan anteriormente a una base de espinas; no indican afinidades con los géneros pertenecientes a la subfamilia.

Las formas provenientes de la Formación Huaraco no podrían incluirse en Linispinae, debido a que no muestran el típico carácter de espinas en las aurículas agrupadas en tres hileras, ni en cluster, además las muestras son de un tamaño menor a los que exhiben representantes de esta subfamilia. Al compararlas con Coopericinae, comparten caracteres como la posesión de una hilera de espinas en las aurículas de la valva ventral, y el vientre notoriamente convexo (subgloboso), pero las formas de Huaraco muestran numerosas espinas en el resto de la valva, carácter que no se corresponde con las formas de Coopericinae, y nuevamente los especímenes de la Formación Huaraco son de tamaños menores. Al compáralo con los Globosoproductinae,

se asemejan en presentar ornamentación de rugae bajas, pero se diferencian en que las formas de Huaraco son mucho más pequeñas que los representantes de esta última familia.

Por lo descrito anteriormente estos pocos ejemplares de linoprodúctidos son determinados como *Linoproductinae* indet., debido a que exhiben caracteres que no se corresponden inequívocamente con los géneros de esta subfamilia. Al contar con especímenes limitados es difícil establecer si se tratan de un nuevo género, la obtención de mayor cantidad de ejemplares de estudio es necesaria para poder establecer mayor certeza con respecto a la identidad taxonómica de estos ejemplares.



**Figura 6. 1–5, *Linoproductinae* indet. 1, MOZ-PI 9085 molde de silicona de trail de valva ventral, vista anterior. 2, MOZ-PI 9078 molde de silicona de valva ventral, vista oblicua. 3–5, MOZ-PI 9942 molde de silicona de valva ventral; 3, vista ventral; 4, vista postero-ventral; 5, vista lateral. Escala gráfica = 10 mm.**

Género *Marginovatia* Gordon & Henry, 1990

**Especie tipo.** *Productus ovatus* var. *minor* Snider, 1915 de la Formación Moorefield, Oklahoma, Estados Unidos. Por designación original.

**Observaciones.** *Marginovatia* posee un rango desde Viséano medio al Bashkiriano, con registros en Estados Unidos, El Ártico Canadiense y Argentina (Brunton *et al.*, 2000; Gordon & Henry, 1990; Taboada, 1997). Fue propuesto para diferenciarlo de *Ovatia* Muir-Wood & Cooper, 1960 y de *Linoproductus* (Chao, 1927) a quien se asemeja notablemente, pero se diferencia de estos en que internamente presenta crestas marginales muy desarrolladas que bordean a la cavidad visceral en ambas valvas (Gordon & Henry, 1990). Completan el resto de los caracteres diagnósticos de este género, conchilla pequeña, espinas en una o dos hileras sobre el margen cardinal, y escasas sobre la superficie de la valva ventral, rugae concéntricas en las aurículas y menos desarrolladas en el vientre (Brunton *et al.*, 2000).

*Marginovatia peregrina?* (Taboada, 1997)

Figura 7

**Materiales.** 4 ejemplares en regular estado de preservación, entre los que se cuentan, molde interno de valva ventral LIEB-PI 629. Molde externo de valva ventral LIEB-PI 626. Molde externo de valva dorsal LIEB-PI 627. Otro material fragmentario LIEB-PI 628.

**Procedencia geográfica.** Cordillera Frontal, en inmediaciones del Paso Internacional de Agua Negra, San Juan.

**Procedencia estratigráfica.** Sección basal de la Formación Cerro Agua Negra, nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Conchilla de perfil fuertemente cóncavo-convexo, contorno ligeramente subcircular, con ancho máximo coincidente con el margen cardinal, aurículas pequeñas y ornamentación de finas costae radiales y rugae concéntricas más prominentes en las aurículas, dimensiones máximas de 27 mm de ancho y 25 mm de largo, con relación A/L promedio de 1,08.

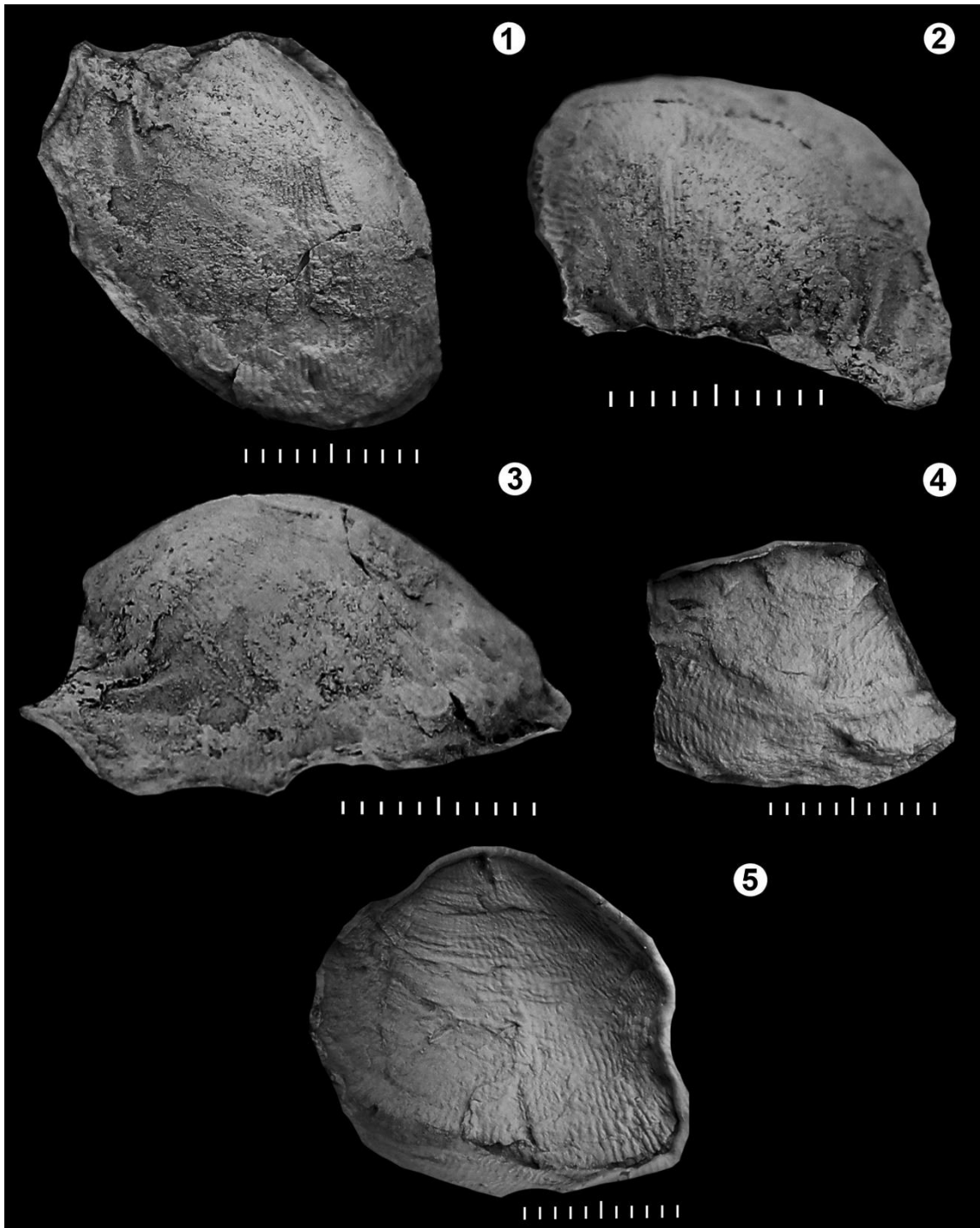
Valva ventral de contorno subelíptico levemente transverso, ancho máximo coincidente con el margen cardinal. Perfil fuertemente convexo, mayor convexidad en la región del vientre (subgloboso), el mismo con flancos en disposición sub-vertical. En perfil la convexidad de la valva decrece hacia el margen anterior. Umbón levemente

protuberante y recurvado sobre el margen cardinal. Aurículas pequeñas, bien diferenciadas del vientre, aplanadas y de ápice agudo. Ornamentación de rugae concéntricas, fuertemente marcadas en las aurículas y débilmente en el vientre y trail. Costae radiales relativamente finas en el vientre y de mayor grosor en el trail (posiblemente debido a la preservación), se incrementan en número por intercalación, y exhiben densidad de 3/ mm, tanto en el trail como en el vientre. Costae no se bifurcan anteriormente a una base de espinas y pueden ser ligeramente flexuosas sobre el trail. Espinas sobre la valva, apenas visibles y se observa una sobre las aurículas (aparentemente en una hilera).

Valva dorsal de perfil cóncavo, con mayor concavidad en la mitad anterior, antes del inicio de la geniculación. Ornamentación de costae radiales que se incrementan por intercalación y con densidad de 3/ mm, medido en el vientre.

**Discusión.** En Argentina se documenta la especie *Marginovatia peregrina* Taboada, 1997 en afloramientos atribuidos a la Formación Pituil en la Sierra de Barreal, San Juan. Al comparar los especímenes provenientes de la FCAN con *M. peregrina*, se destaca similitud en la mayoría de los caracteres diagnósticos de esta última especie, como son tamaño y relación A/L muy similar (1,08 vs 1,05), ancho máximo en coincidencia con el margen cardinal. Vientre subgloboso en ambas muestras, con flancos en disposición subvertical. Tanto el material FCAN como la especie de Taboada, exhiben aurículas relativamente pequeñas y aplanadas, y las rugae concéntricas son marcadas en aurículas, pero no en el vientre. Por otra parte, las costae radiales son finas y poseen pocas bases de espinas en su superficie, se ha visto que las costillas se incrementan en número por bifurcación en ambos especímenes. No obstante, difieren sutilmente en la densidad de costillas, pero éste carácter muestra un amplio rango en la especie *M. peregrina*, entre 10–14/ 5 mm.

Lamentablemente no se pudieron observar los caracteres internos, que habrían permitido una determinación más certera, pero las similitudes en los caracteres externos de los especímenes de la FCAN son casi indistinguibles de los de *M. peregrina* Taboada. Por este motivo se determina a *Marginovatia peregrina*? siendo un valioso elemento de biocorrelación regional; al mismo tiempo se sustenta el registro de Taboada (1999) para linoprodúctidos hallados en la base de la FCAN y asignados a dicha especie.



**Figura 7.** 1–5, *Marginovatia peregrina?* (Taboada, 1997). 1–3, LIEB-PI 629 molde interno de valva ventral; 1, vista ventral; 2, vista posterior; 3, vista lateral. 4, LIEB-PI 628 fragmento de molde interno de valva ventral, vista ventral. 5, LIEB-PI 627 molde de silicona de exterior de valva dorsal. Escala gráfica = 10 mm.

Tribu LINOPRODUCTINI Stehli, 1954

Género *Linoproductoides* Lazarev, 2006

**Especie tipo.** *Linoproductoides aljutovens* Lazarev, 2006, de la Formación Al'yutovo (Bashkiriano superior), Cuenca de Moscú. Por designación original.



**Observaciones.** *Linoproductoides* es un género definido para el Bashkiriano tardío de la Cuenca de Moscú, precedentemente el mismo había sido atribuido a *Linoproductus* Chao, 1927 cuando fue estudiado por Ivanov (1935). Sin embargo, recientemente Lazarev (2006; 2007; 2008; 2009) estudió y describió parte del mismo material y propuso nuevos géneros, entre los que destacan *Linispinella* Lazarev, 2006; *Linispinus* Lazarev, 2006; *Linipalus* Lazarev, 2007; *Sublinoproductus* Lazarev, 2008 y *Linoproductoides*. Estos géneros pueden diferenciarse principalmente en base al patrón de distribución y grosores de las espinas presentes en el trail y las aurículas, también por la variabilidad morfológica del proceso cardinal, exhibiendo lóbulos parcialmente fusionados o un surco medio longitudinal entre ellos, y por las longitudes relativas entre el proceso cardinal y las crestas braquiales, entre otros caracteres (Lazarev, 2006; 2007; 2008). Waterhouse (2013) analizó con mayor detalle la taxonomía y sistemática de la Familia Linoproductidae, e incluye a *Linoproductoides* en la Tribu Linoproductini, destacando los siguientes caracteres diagnósticos; espinas distribuidas uniformemente sobre la valva ventral, espinas en las aurículas en una o hasta tres hileras y bases de espinas de tamaño moderadamente grande. Establece que las últimas espinas sobre las aurículas no siempre son del mismo grosor que las espinas sobre el trail. A la vez que destaca que el rango completo de la tribu es desconocido y posiblemente inició en el Tournaisiano o Viséano hasta el Roadiano.

*Linoproductoides* se caracteriza por exhibir, conchilla de tamaño medio (rango 20–50 mm), perfil cóncavo-convexo, aurículas con doble hilera de espinas, el grosor de las últimas espinas es similar al de las del trail. Externamente se asemeja al género *Linoproductus*, pero difiere en que exhibe un proceso cardinal con lóbulos incompletamente fusionados, base de los lóbulos dividida internamente con un agujero (isométrico), y el lóbulo medio del proceso cardinal no se desarrolla por arriba de los lóbulos laterales. Además, el septo medio dorsal posee la misma longitud que las crestas braquiales (Lazarev, 2006; Waterhouse, 2013). Otro género muy similar es *Linipalus*, definido en la misma cuenca, sin embargo, *Linipalus* exhibe un pequeño y profundo foramen en la base del septo medio dorsal, carácter ausente en *Linoproductoides* (Waterhouse, 2013).

*Linoproductoides* sp. nov.

Figura 8

**Materiales.** Cara y contra de valvas ventrales MOZ-PI 9351a y b, 9084, 8995, 9953. Moldes internos de valvas ventrales MOZ-PI 9357a, b, c, d, 8988b, c, d, e y f, 8999, 9114a, 9112b, 9001b, c, d y e, 9016b, c, d, e, f y g. Moldes externos de valvas ventrales MOZ-PI 9045, 9352, 9355, 9356a, 9101a y b, 9063, 9003 a y b, 9114b, 9904, 9023a y b, 9099a. Cara y contra de valva dorsal MOZ-PI 9082, 9035. Moldes internos de valvas dorsales MOZ-PI 9008, 9040, 9061, 9046a, 9021, 9069a, 10024. Molde externo de valva dorsal MOZ-PI 8988a, 8993, 9075, 9093, 9104, 9353, 9069b, 9001a. Otro material fragmentario MOZ-PI 8994, 9087, 9113, 9052, 9092, 9058, 9080, 8989, 9091, 9106, 9039, 9073, 9046b, 9048.

**Procedencia geográfica.** Cerro San Pedro, al pie occidental de la Cordillera del Viento, Andacollo, Neuquén.

**Procedencia estratigráfica.** Sección media de la Formación Huaraco (Comarca Neuquina), nivel fosilífero inferior.

**Diagnosis.** Linoprodúctido de contorno transverso, con ancho máximo ligeramente anterior al margen cardinal. Perfil de la valva ventral fuertemente convexo, con geniculación en ángulo cercano a 90° y con aurículas aplanadas y bien diferenciadas del vientre. Espinas en las aurículas en dos hileras, ocasionalmente tres, espinas sobre el trail pocas y muy espaciadas. Ornamentación de finas costillas radiales que se incrementan por intercalación y con densidad de 14–18/ 5 mm (medido en el vientre) de la valva ventral.

**Descripción.** Conchilla de tamaño medio, corpus profundo, contorno transverso subelíptico y perfil cóncavo-convexo. Aurículas y trail bien desarrollados. Dimensiones máximas de 38 mm de ancho y 21 mm de largo, con relación A/L promedio de 1.7–1.8.

Valva ventral, con vientre moderadamente convexo y levemente separado del trail (en perfil longitudinal), este último más largo que el vientre, aurículas bien desarrolladas y aplanadas, de contorno redondeado y moderadamente extendidas. Umbón ligeramente protuberante del margen cardinal. Ancho máximo levemente anterior al margen cardinal (el cual mide 80 % del ancho máximo). Vientre con flancos subverticales y divergentes hacia anterior, formando un ángulo de aproximadamente 110° (con el umbón como

vértice). Trail con geniculación abrupta en ángulo de 80–90°; exhibe pocas espinas ampliamente espaciadas, con grosores de aproximadamente 0,8–1 mm (medido en el espécimen MOZ-PI 9045), que se desarrollan sobre las costillas, aparentemente sin alterarlas. Las aurículas exhiben dos hileras de espinas (excepto el espécimen MOZ-PI 9904, que exhibe tres), distribuidas subparalelamente entre sí y con respecto al margen cardinal, las últimas espinas no contactan el margen de las aurículas. La primera hilera dista 0,5 mm del margen cardinal, consta de siete espinas cuyos grosores varían desde 0,54–0,63 mm, siendo las más internas (cerca del umbón) las más pequeñas y viceversa. La segunda hilera comúnmente con dos espinas más grandes, la interna con grosor de 0,65 mm y la externa con 0,73 mm, ésta ubicada próxima al borde de la aurícula (medido en el espécimen MOZ-PI 9351a). Ornamentación de rugae concéntricas moderadamente desarrolladas en aurículas y trail, pocas a nulas en el vientre. Ornamentación de costillas radiales finas, continuas y regulares, que exhiben intercalación y son numerosas. Densidad de costillas radiales de 14–18/ 5 mm (medido en el vientre a 10 mm desde umbón) y de 15/ 5 mm en el trail. Espacios intercostales más amplios en el trail.

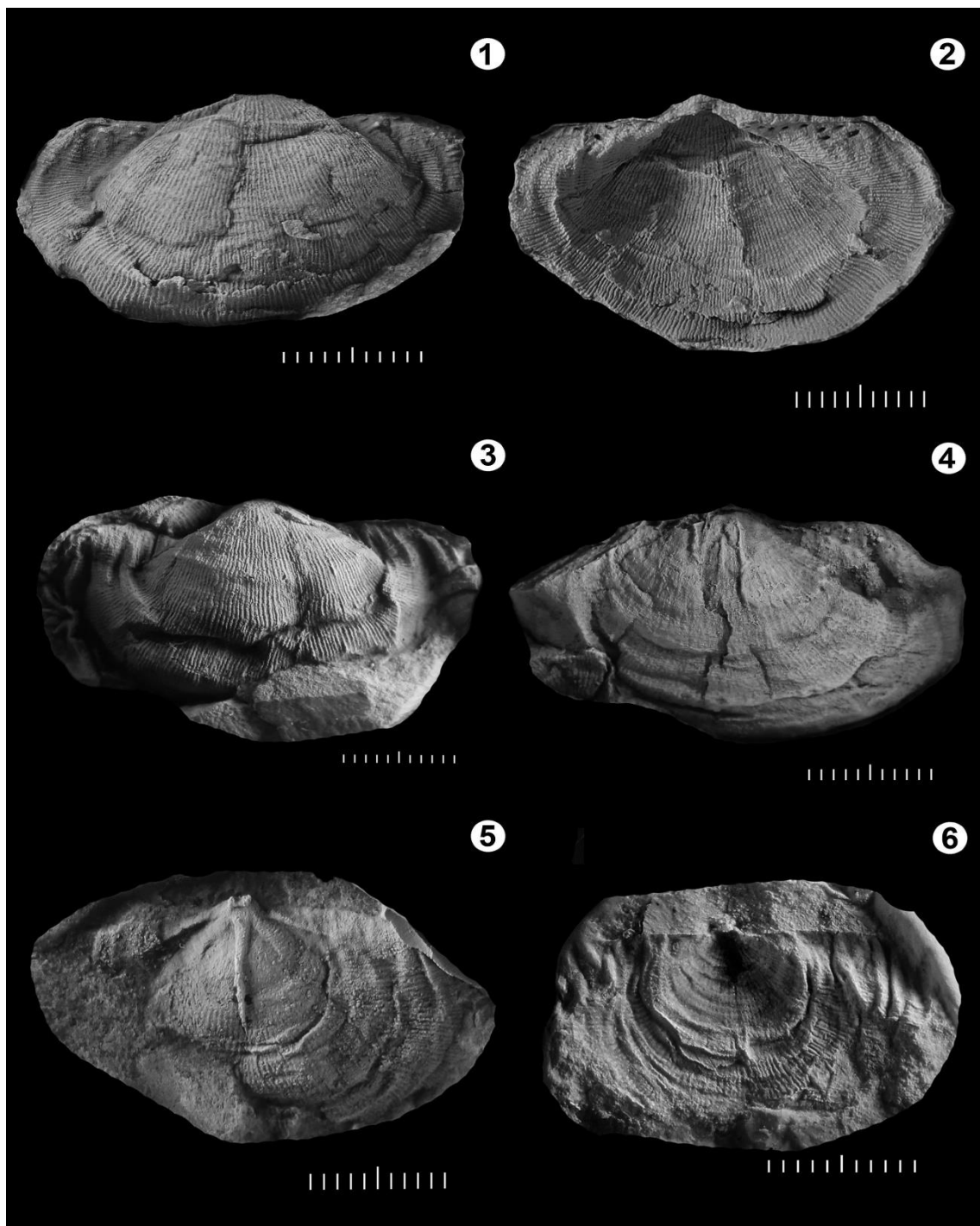
Valva dorsal, de contorno subéptico, perfil ligeramente cóncavo (pronunciado en el disco dorsal) y aurículas planas. Exhibe ornamentación de rugae concéntricas en la valva entera, pero más marcadas en aurículas y margen anterior (por fuera del disco dorsal). Costillas radiales con densidad de 13/ 5 mm (medido a 10 mm desde el margen cardinal) que exhiben bifurcación. Interior, con septo medio dorsal simple, de 9 mm de longitud, y ancho 2 mm en la base y 0,8 mm en el extremo apical. Ésta estructura genera un ángulo de aproximadamente 75° con las crestas laterales y de 85° con las crestas cardinales. Crestas braquiales débilmente impresas, posiblemente de la misma longitud que el septo medio dorsal. Proceso cardinal protuberante con ancho de 1,7 mm, surco central amplio (0,5 mm), y levemente orientado en dirección ventral. Cicatrices de los músculos aductores posteriores aparentemente estriadas y de contorno subrectangular.

**Discusión.** Hasta el momento Lazarev (2006) solo ha reconocido dos especies del género *Linoproductoides*, documentadas en estratos de antigüedad Bashkiriano tardío–Moscoviano temprano de la Cuenca de Moscú. Al comparar *Linoproductoides* sp. nov. de la Formación Huaraco con *Linoproductoides aljutovenssis* de la Formación Al'yutovo, se destaca similitud en que, ambos taxones exhiben un rango de tamaño similar (25–40 mm de ancho), contorno subéptico transverso con ancho máximo de la conchilla ubicado levemente anterior al margen cardinal. Tanto en *Linoproductoides* sp. nov., como en *L.*

*aljutovensis* el vientre es más corto que el trail, y el umbón es levemente protuberante. Ambos poseen dos hileras de espinas en aurículas, y las espinas sobre el trail tienen grosores similares (0,8–1 mm). La ornamentación de rugae concéntricas es marcada solamente en aurículas y márgenes laterales en la valva ventral. Entre los caracteres internos se destaca que, tanto las formas argentinas como las rusas muestran proceso cardinal engrosado en la base, y carecen de alveolo. El septo medio dorsal es largo y aparentemente atraviesa el disco entero, en ambos. No obstante, difieren en la densidad de costillas radiales, siendo 14–18/ 5 mm y 15/ 5 mm en el vientre y trail de las formas argentinas y 10/ 5 mm y 8–9/ 5 mm respectivamente, en las formas rusas. En los especímenes provenientes de la Formación Huaraco las aurículas están diferenciadas del vientre, condición diferente a la exhibida por los especímenes de La Formación Al'yutovo. El proceso cardinal parece ser más ancho en las formas rusas (*e.g.*, 2,2–2,45 mm vs 1,7 mm).

Al comparar *Linoproductoides* sp. nov., con *Linoproductoides aurilongus* Lazarev, 2006 de la Formación Al'yutovo, se destaca que ambas formas exhiben conchillas de contorno transversal, ancho máximo no coincidente con el margen cardinal, vientre más corto que el trail, y las aurículas extendidas con márgenes redondeados. En *Linoproductoides* sp. nov., la primera hilera de espinas se ubica cercana y paralela a la línea cardinal, y la segunda por lo general cuenta con solo dos espinas, condición similar a la exhibida por *L. aurilongus*. Además, en ambas las espinas de la primera hilera son de menor diámetro que las de la segunda hilera. Tanto las formas rusas como las argentinas exhiben el disco dorsal levemente cóncavo. Internamente, el proceso cardinal es ancho en ambas formas (*e.g.*, 1.7–1.8), y el septo medio dorsal es largo y finaliza casi en el margen anterior del disco. No obstante, exhiben diferencias tales como, vientre levemente cóncavo en *L. aurilongus*, condición no observada en los materiales de la Formación Huaraco. En las formas rusas el umbón es fuertemente protuberante del margen cardinal, no así en las argentinas. En los especímenes de Al'yutovo las aurículas están bien desarrolladas pero indiferenciadas del vientre, carácter no presente en las formas de Andacollo. El patrón de densidad de costillas es diferente, 14–18/ 5 mm y 15/ 5 mm en el vientre y trail de *Linoproductoides* sp. nov., y 11–12/ 5 mm y 9–10/ 5 mm en el vientre y trail de *L. aurilongus*. *Linoproductoides* sp. nov., carece del pliegue en el margen anterior de la valva ventral, característico de *L. aurilongus*. También se diferencian en los caracteres internos, ya que *L. aurilongus* exhibe un pequeño foramen en la base del proceso cardinal, condición ausente en *Linoproductoides* sp. nov.

En base a todos los caracteres exhibidos por las formas provenientes del primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco, y las diferencias expuestas con respecto a formas conocidas del género *Linoproductoides*, se propone una nueva especie, denominada por el momento como *Linoproductoides* sp. nov., representando el primer registro de este género en la Comarca Neuquina, a la vez que se convierte en otro valioso elemento que incrementa el conocimiento de los vínculos paleobiogeográficos con el Reino Boreal, durante el Pennsylvaniano.



**Figura 8. 1–6, *Linoproductoides* sp. nov. 1–2, MOZ-PI 9351a molde externo de valva ventral; 1, molde de silicona; 2, vista ventral. 3, MOZ-PI 9045 molde de silicona de valva ventral. 4, MOZ-PI 9993 molde interno de valva ventral. 5, MOZ-PI 10024 molde de silicona de interior de valva dorsal. 6, MOZ-PI 9075 molde de silicona de exterior de valva dorsal. Escala gráfica = 10 mm.**

#### Subfamilia LINISPININAE Lazarev, 2006

**Observaciones.** La subfamilia Linispininae agrupa formas que exhiben mayormente los caracteres generales de la familia Linoproductidae Stehli, 1954 tales como, forma y contorno de la conchilla, grosores de costillas radiales, presencia o ausencia de tenue seno ventral, entre otros (Lazarev, 2007). Waterhouse (2013) realizó un análisis más profundo de la taxonomía de los Linoproductidae, y resalta la importancia en Linispininae del proceso cardinal, siendo este ligeramente más protuberante en esta familia, que en Linoproductinae Stehli, 1954. Adicionalmente los representantes de Linispininae carecen de un montículo en el piso (del frente) del proceso cardinal. Por otra parte, entre sus caracteres externos diagnósticos exhiben espinas en el margen cardinal y las aurículas, distribuidas en tres hileras o más, inclusive un agrupamiento de espinas (cluster), y las espinas de la valva ventral no serían mayormente más gruesas que las del margen cardinal, carácter en el que se reconoce cierto rango de variación, levemente más grandes o más pequeñas (Waterhouse, 2013).

#### **Linispininae indet.**

Figura 9.1–9.5

**Materiales.** Cara y contra de valva ventral MOZ-PI 9927. Moldes internos de valvas ventrales MOZ-PI 8985, 9112a. Moldes externos de valvas ventrales MOZ-PI 9867, 9880, 9081, 9086. Otro material fragmentario MOZ-PI 9060.

**Procedencia geográfica.** Cerro San Pedro, al pie occidental de la Cordillera del viento, Andacollo, Neuquén.

**Procedencia estratigráfica.** Sección media de la Formación Huaraco (Comarca Neuquina), nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Conchilla mediana de contorno subcircular ligeramente transverso, aurículas y trail bien desarrollados, dimensiones máximas de 30 mm de ancho y 23 mm de largo, relación promedio A/L de 1,2–1,3.

Valva ventral, de perfil levemente convexo, contorno subcircular transverso, aurículas extendidas y aplanadas bien diferenciadas del vientre. Región umbonal levemente más globosa que el resto de la valva y umbón notablemente acuminado, con ángulo de 70° en promedio (tomando el umbón como vértice), ligeramente protuberante y no incurvado sobre el margen cardinal, los flancos del vientre en disposición vertical. Trail largo y aparentemente con geniculación en ángulo cercano al recto. Margen cardinal de menor longitud que el ancho máximo de la valva. Aurículas con tres hileras de espinas (algunos especímenes exhiben hileras poco discernibles). Primera hilera con hasta tres espinas, con grosores de 0,43–0,52 mm. Segunda hilera con hasta seis espinas, con grosores de 0,39–0,68 mm. Tercera hilera con dos espinas, con grosores de 0,41–0,51 mm. Las hileras no se distribuyen paralelamente al margen cardinal, y la espina externa, de la última hilera, forma un ángulo de 25–30° con el margen cardinal (tomando el umbón como vértice). Ornamentación de rugae concéntricas levemente desarrolladas en aurículas y flancos, pero pocas a nulas en el vientre. Costillas radiales continuas, parcialmente regulares y en parte flexuosas, con densidad de 12–14/ 5 mm (medido a 10 mm desde el umbón), exhiben intercalación. Espinas sobre el trail con grosores de aproximadamente 0,55 mm, se desarrollan sobre las costillas, aparentemente sin alterarlas.

**Discusión.** Los especímenes provenientes del primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco, exhiben caracteres que sugieren incluirlos dentro de la Familia Linispinae. Desafortunadamente no pudieron observarse caracteres internos, tanto como valvas dorsales, lo cual hubiera permitido una comparación más precisa con los géneros reconocidos de Linispinae. De momento se opta por designar a estas formas como Linispinae indet.

Género *Linispinus* Lazarev, 2006

**Especie tipo.** *Linispinus riparius* (Trautschold, 1867), de la Formación Lopasnya (Moscoviano), Cuenca de Moscú. Designación original.

**Observaciones.** *Linispinus* fue propuesto por Lazarev (2006) al redescibir especímenes que anteriormente Ivanov (1935) había asignado a *Linoproductus* Chao, 1927. Para la distinción de este género (así como de otros afines), este autor propuso una nueva estructura taxonómica basada en; la distribución de las espinas en las aurículas de la valva ventral, en dos o más hileras, o inclusive agrupamiento de espinas; la diferencia de grosores entre las espinas del trail y las aurículas; las estructuras del proceso cardinal, además de las longitudes relativas entre el septo medio dorsal y las crestas braquiales. *Linispinus* posee como caracteres diagnósticos una conchilla de tamaño medio (*i.e.*, 20–50 mm), vientre con ancho menor a 35–40 mm, espinas en las aurículas distribuidas en más de dos hileras o agrupamiento de espinas, espinas sobre el trail (diámetro mínimo usualmente de 0,8 mm) ampliamente espaciadas, de igual grosor que las últimas espinas en las aurículas, y proceso cardinal que exhibe un lóbulo medio dividido internamente por un surco longitudinal (Lazarev, 2006; Waterhouse, 2013).

*Linispinus cf. crassus* Lazarev, 2008

Figura 9.6

**Material.** MOZ-PI 9992, Molde interno de valva dorsal.

**Procedencia geográfica.** Cerro San Pedro, al pie occidental de la Cordillera del viento, Andacollo, Neuquén.

**Procedencia estratigráfica.** Sección media de la Formación Huaraco (Comarca Neuquina), nivel fosilífero inferior.

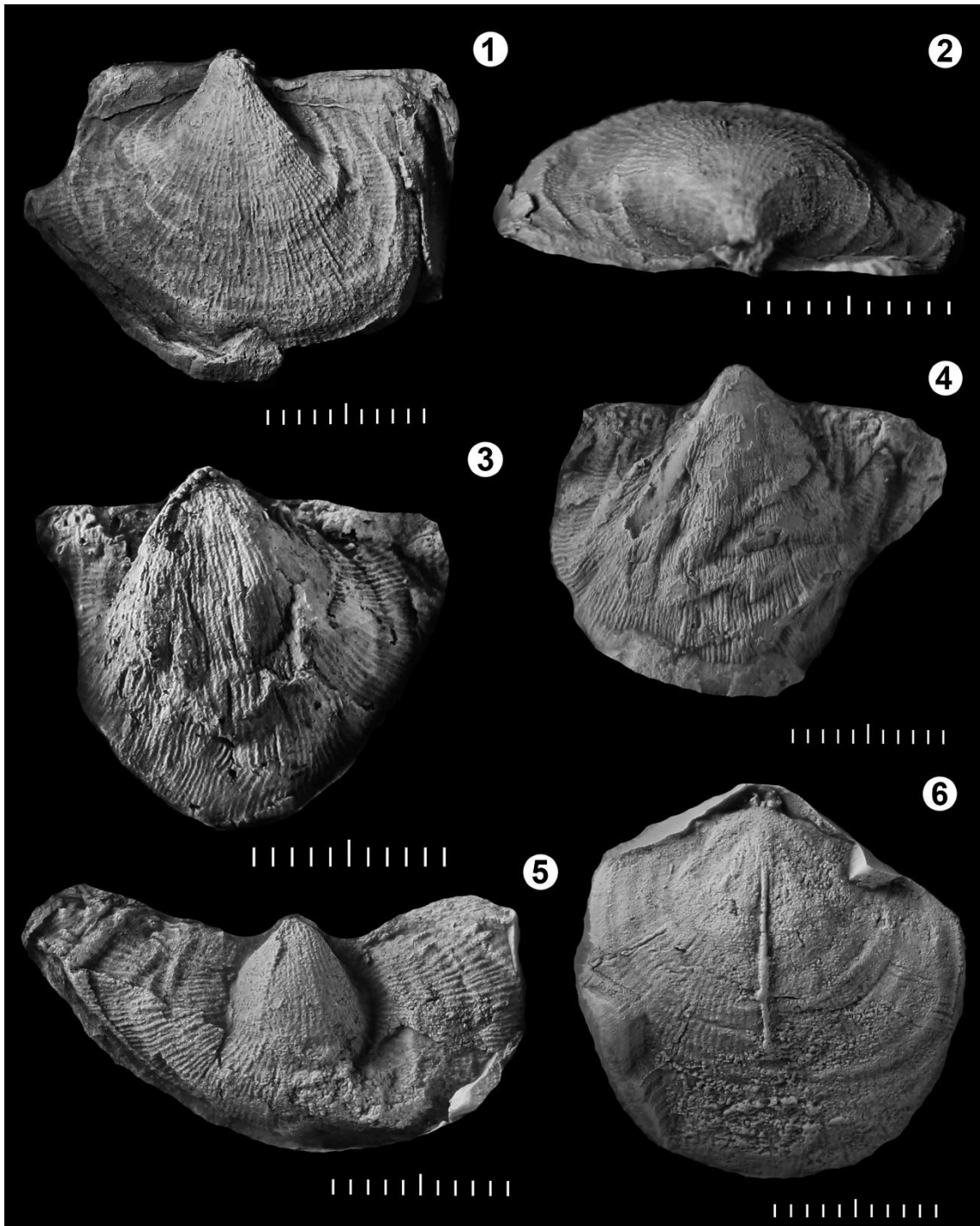
**Descripción.** Valva dorsal, de contorno subcircular a ligeramente transversa, perfil levemente cóncavo. Ornamentación de rugae concéntricas moderadamente desarrolladas, aparentemente en toda la valva. Costillas radiales con densidad de 11/ 5 mm (medido a 10 mm desde el margen cardinal), las mismas no parecen exhibir un claro patrón de bifurcación o intercalación. Entre los caracteres internos se destacan, septo medio dorsal simple de 16 mm longitud, y 0,6 mm de grosor (en toda su extensión), se extiende completamente por el disco dorsal, y por fuera del campo muscular. El proceso cardinal mide 2,8 mm de ancho y 1,2 mm de alto (estimado por lo fragmentario del material), bilobulado con un notable surco central de aproximadamente 0,8 mm de ancho.



**Discusión.** El espécimen de linoprodúctido MOZ-PI 9992 proveniente del primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco, exhibe el proceso cardinal dividido internamente por un surco longitudinal, dicho carácter permite incluirlo en el género *Linispinus*, no obstante Lazarev (2006) establece que este carácter es poco conocido aún en los representantes bashkirianos del género.

El espécimen de Andacollo posee gran similitud de las estructuras internas de la valva dorsal con la especie *Linispinis crassus* Lazarev, 2008, de la Formación Ratmirovo (Kasimoviano). Ambos especímenes exhiben septo medio dorsal simple, de gran longitud y de pequeño grosor (ver placa 6, fig. 13, Lazarev, 2008), El proceso cardinal exhibe, en vista dorsal, un notable surco central que delimita dos lóbulos. Por otra parte, las dimensiones del proceso cardinal son similares en ambos, 3 mm en la especie rusa y 2,8 mm en la especie argentina. Sin embargo, la altura del proceso cardinal es de 2–2,5 mm en *L. crassus* y 1,2 mm en la especie de la Formación Huaraco. Con respecto a los caracteres externos, se asemejan en que ambos poseen ornamentación de rugae concéntricas débiles en el disco dorsal, además las costillas radiales carecen de intercalación.

Por lo expuesto anteriormente y debido a no poder contar, hasta el momento, con la valva ventral, que permitiría mayor definición taxonómica, se determina al material de la Formación Huaraco como *Linispinus* cf. *crassus*. Dicho registro del género es el primero en la Comarca Neuquina. Además se convierte en un valioso elemento que incrementa el conocimiento de los vínculos paleobiogeográficos con el Reino Boreal.



**Figura 9.** 1–5, *Linispinae* indet. 1–2, MOZ-PI 8985 molde interno de valva ventral; 1, vista ventral; 2, vista postero-ventral. 3, MOZ-PI 9880 molde de silicona de valva ventral. 4, MOZ-PI 9867 molde de silicona de valva ventral. 5, MOZ-PI 9927 molde de silicona de valva ventral. 6, *Linispinus* cf. *crassus* Lazarev, 2008, MOZ-PI 9992 molde de silicona de interior de valva dorsal. Escala gráfica = 10 mm.

Suborden PRODUCTIDINA Waagen, 1883  
 Superfamilia ECHINOCONCHOIDEA Stheli, 1954  
 Familia ECHINOCONCHIDAE Stheli, 1954  
 Subfamilia BUXTONIINAE Muir-Wood & Cooper, 1960

Tribú BUXTONIINI Muir-Wood & Cooper, 1960

Género *Buxtonia* Thomas, 1914

**Especie tipo.** *Productus scabriculus* Sowerby, 1814, Viseano tardío de Derbyshire, Inglaterra. Por designación subsecuente (Muir-Wood, 1951; opinión 420 ICZN).

**Discusión.** *Buxtonia* fue tradicionalmente incluido dentro de las jerarquías taxonómicas Buxtoniidae/Buxtoniinae Muir-Wood & Cooper, 1960 (Muir-Wood & Williams, 1965; Cooper & Grant, 1975, Lazarev, 1990) y posteriormente en Productidae Gray, 1840 Buxtoniinae/Buxtoniini (=Kochiproductiini Lazarev, 1985) (Brunton *et al.*, 1995, 2000; Waterhouse, 2013). Recientemente, el género fue asignado a Echinoconchidae/Buxtoniinae (Leighton & Maples, 2002). Este último ordenamiento propuesto por Leighton & Maples (2002) se fundamentó en la revisión de las asignaciones previas y la definición de sinapomorfías, tales como la presencia de un proceso cardinal proyectado (shafted) y la posición antero-mediana del campo muscular de la valva dorsal, posición que aquí es seguida.

*Buxtonia* es cosmopolita con un rango que no sobrepasaría el Pennsylvaniano Inferior (Brunton *et al.*, 2000; Leighton & Maples, 2002). Exhibe características externas en gran parte similares a las presentes en *Kochiproductus* Dunbar, 1955 y *Buxtonioides* Mendes, 1959 (= *Gemmulicosta* Waterhouse, 1971, *sensu* Brunton *et al.*, 2000). Comparado con *Buxtonia*, *Kochiproductus* es de gran tamaño, posee un contorno más elongado, con ornamentación concéntrica o rugae más marcados, este carácter desarrolla un aspecto reticulado especialmente en su valva dorsal. *Kochiproductus* también exhibe abundantes espinas en las aurículas, y las costillas radiales están bien definidas en toda su longitud. Además, se registra en estratos pérmicos (Dunbar, 1955; Waterhouse, 2013). *Buxtonioides* es de mayor tamaño que *Buxtonia*, exhibe un contorno elongado con costae radiales moderadamente gruesas, bases de espinas elongadas y marcada ornamentación reticulada en la valva dorsal y región umbonal, y su ocurrencia acotada al Pennsylvaniano (Mendes, 1959). No obstante, todos ellos se diferencian con claridad en base a los caracteres internos de la valva dorsal. El cardinalio de *Kochiproductus* puede exhibir antron en el extremo posterior del septo medio dorsal y proceso cardinal recto y proyectado (shafted), mientras *Buxtonia* también posee antron, pero se diferencia en la presencia de un septo medio bífido y proceso cardinal curvado 90° en dirección dorsal (Dunbar, 1955; Muir-Wood & Cooper, 1960; Brunton *et al.*, 2000; Leighton & Maples,

2002). Por su parte *Buxtonioides* se distingue internamente de *Buxtonia* por no poseer antron, exhibir septo medio dorsal simple, proceso cardinal “trilobado” y ausencia de placas de soporte (buttress plates) en estadios adultos (Mendes, 1959; Muir-Wood & Williams, 1965; Brunton *et al.*, 2000).

***Buxtonia cf. riojana*** (Leanza, 1948)

Figura 10

1948 *Productus riojanus* Leanza, p. 240–242, Pl. 1, fig. 1, 2, 5.

1972 *Buxtonia riojana* (Leanza); Antelo, p. 167–168, Pl. 1, fig. 3, 4, 7, 8.

1979 *Buxtonia riojana* (Leanza); Amos, p. 76, fig. a, b, c (copiado de Leanza, 1948 Pl. 1, fig. 1, 2, 5).

v.? 2000 *Kochiproductus riojanus* (Leanza); Cisterna & Simanauskas, p. 138–140, fig. 4 g–l, n.

?2010 *Kochiproductus riojanus* (Leanza); Cisterna, fig. 2, i, l (copiado de Cisterna & Simanauskas, 2000 fig. 4, k, l).

2010 *Kochiproductus riojanus* (Leanza); Taboada, fig. 14, E–H.

?2011 *Kochiproductus riojanus* (Leanza); Cisterna, Sterren & Gutiérrez, fig. 5, 12, 15 (copiado de Cisterna & Simanauskas, 2000 fig. 4, k, l–n).

**Observaciones.** Antelo (1972) reasignó *Productus riojanus* Leanza, 1948, descrito para la Formación Río del Peñón (de Rincón Blanco, La Rioja) a *Buxtonia* (especimen articulado-MPL 5900). Además, Antelo (1972) describió una valva ventral parcialmente decorticada (MLP 11496) proveniente de la Formación Quebrada Larga (San Juan), y un espécimen articulado (PIL 10502, cedido por el Dr. F. G. Aceñolaza) con el interior dorsal parcialmente preservado, y aunque de procedencia incierta en el texto, consignado como proveniente del Miembro Medio de la Formación Río del Peñón, según Cisterna & Simanauskas (2000). Antelo (1972) fundamentó la reasignación a *Buxtonia* en base a la presencia de un septo medio dorsal bífido con antron. La validez diagnóstica de esta característica en *Buxtonia* ha sido cuestionada por Shi & Waterhouse (1996) quienes prefieren enfatizar la diagnosis genérica en los caracteres externos, posición a la que adhieren Cisterna & Simanauskas (2000) y en la que basan la reasignación de *Buxtonia riojana* (Leanza) al género *Kochiproductus* Dunbar, 1955. No obstante, los ejemplares argentinos indicados exhiben una ornamentación concéntrica débil comparada con el

acentuado aspecto reticulado exhibido por la especie tipo *Productus porrectus* Kutorga, 1844. Consecuentemente si analizamos el conjunto de caracteres, tales como, débil ornamentación concéntrica sumado a un septo medio dorsal bífido con antron y un tamaño medio, estos caracteres sugieren mantener la reasignación previamente propuesta por Antelo. Por esta razón seguimos la opinión de Antelo (1972) y reasignamos los especímenes a *Buxtonia riojana* (Leanza). *Buxtonia riojana* ha sido registrada en las formaciones Tupe (Sabattini *et al.*, 1990; Cisterna *et al.*, 2006) y Del Salto (Taboada, 2010, ver tabla 1). Cisterna *et al.* (2006) registraron *Buxtonia* sp. (= *Kochiproductus* sp. *sensu* Cisterna *et al.*, 2006) en Quebrada La Delfina, Formación Tupe, aunque no se realizaron descripciones.

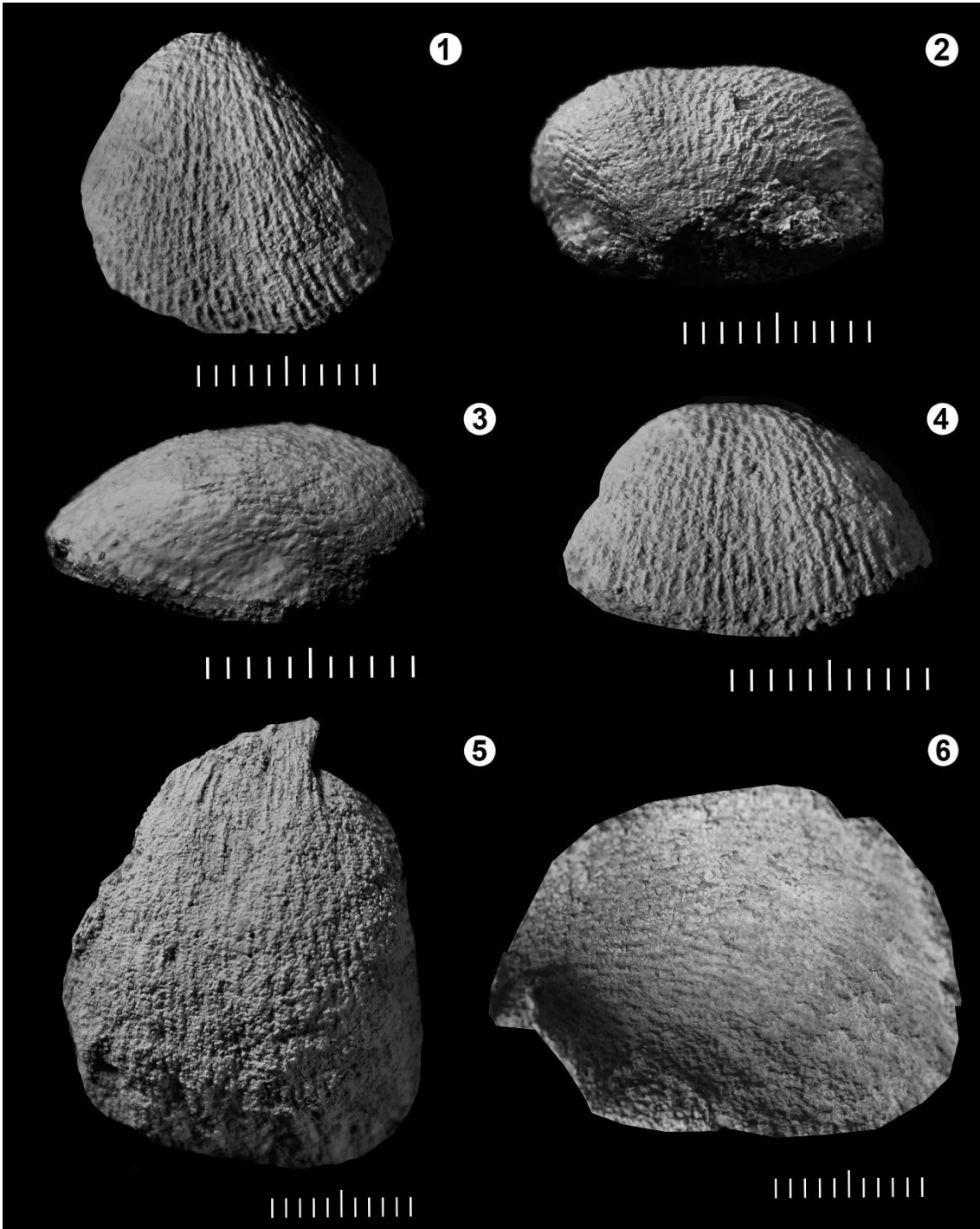
**Materiales.** Dos especímenes fragmentarios. Molde compuesto de valva ventral CPBA 24605 y CPBA 24615. Molde interno de valva ventral CPBA 24637.

**Procedencia geográfica.** CPBA 24605 y CPBA 24615, provenientes de Quebrada de La Horqueta, aproximadamente 8 km al sur del Río Diamante. CPBA 24637 proveniente de Arroyo del Imperial, aproximadamente 7 km al norte del Río Diamante, San Rafael, Mendoza, Argentina.

**Procedencia estratigráfica.** Sección Inferior del Miembro Inferior de la Formación El Imperial.

**Descripción.** Conchilla de tamaño medio, valva ventral de perfil moderadamente convexo y contorno subelíptico a subcuadrangular, con ancho máximo a mitad de la longitud valvar. Dimensiones de 28 mm de ancho y 32 mm de largo, con relación A/L de 0,87. Seno ventral somero, pobremente diferenciado de los flancos, visible a partir de los dos tercios anteriores de la valva. Flancos en disposición subvertical. Umbón aparentemente incurvado sobre el margen cardinal y ángulo umbonal cercano a los 80°. Ornamentación de costillas radiales con densidad de 6–8/ 5 mm (medido sobre el vientre) comúnmente exhiben intercalación anteriormente, y ocasionalmente presentan anastomosis. Las costillas exhiben bases de espinas expandidas o “rampas” alineadas en sentido antero-posterior. Rugae concéntricas débilmente marcadas. Vestigios de cicatrices de los músculos diductores aparentemente estriados y subrectangulares. Otros caracteres no se encuentran preservados.

**Discusión.** Los especímenes de la Formación El Imperial son estrechamente comparables a los materiales de *Buxtonia riojana* (Leanza), provenientes de las formaciones Río del Peñón (Leanza, 1948; Cisterna & Simanaukas, 2000) y Quebrada Larga (Antelo, 1972). Se asemejan en el contorno elongado a subcuadrado, perfil convexo, umbón incurvado sobre el margen cardinal, flancos en disposición subvertical, seno somero, y ornamentación de costae con rampas elongadas. No obstante, los ejemplares analizados son más pequeñas que las formas de las formaciones Río del Peñón y Quebrada Larga, con una ligera mayor densidad de costillas radiales (6–8 vs 5–6/ 5 mm en el vientre), y rugae concéntricas poco marcadas. Los caracteres morfológicos descritos para los especímenes de la Formación El Imperial, sugieren grandes afinidades con *Buxtonia riojana*, sin embargo, la mala preservación y condición fragmentaria de las muestras impiden una determinación específica. La especie *Buxtonia riojana* fue previamente reportada para la Formación El Imperial en la localidad Arroyo del Imperial por Polanski (1970). Además, *Buxtonia* sp. de la Formación Tupe en Quebrada de La Herradura (= *Kochiproductus* sp. Cisterna *et al.*, 2002b), se distinguen de los especímenes de la Formación El Imperial por su menor densidad de costillas y porque presentan un seno bien definido.



**Figura 10.** 1–6, *Buxtonia cf. riojana* (Leanza, 1948), 1–4, CPBA 24637 molde externo de valva ventral; 1, vista ventral; 2, vista postero-ventral; 3, vista lateral; 4, vista antero-ventral. 5–6, CPBA 24605 molde compuesto de interior de valva ventral; 5, vista ventral; 6, contra molde. Escala gráfica = 10 mm.

Superfamilia PRODUCTOIDEA Gray, 1840

Familia PRODUCTELLIDAE Schuchert, 1929

Subfamilia PRODUCTININAE Muir-Wood & Cooper, 1960

Tribu LETHAMIINI Waterhouse, 2001

Género *Tuberculatella* Waterhouse, 1982

**Especie tipo.** *Tuberculatella tubertella* Waterhouse, 1982 Carbonífero superior (Kasimoviano–Gzheliano), Huai Bun Nak, Loei, norte de Tailandia. Por designación original.

**Observaciones.** *Tuberculatella* se ha registrado en niveles del Carbonífero Superior al Pérmico inferior (Moscoviano–Asseliano) del este de Europa, Asia, Canadá, España y Argentina (Brunton, 2007; Waterhouse, 2013; Taboada *et al.*, 2019). Entre sus caracteres diagnósticos se citan, conchilla pequeña, perfil cóncavo-convexo, débil seno medio ventral y estrecho pliegue dorsal. Escasas espinas en arreglo de quincunx en la valva ventral que surgen de elongadas bases (redondeadas posteriormente) y anteriormente delimitan costae radiales cortas. Valva dorsal con espinas finas y agujeros grandes bien espaciados. Internamente, se destacan cicatrices ventrales de músculos aductores elongadas y elevadas, y marcadas por finas estrías. Proceso cardinal con un amplio septo en el frente, estrecho y alto anteriormente. Cicatrices dorsales de músculos aductores subredondeadas y lisas, crestas marginales posteriores elevadas, numerosas pústulas bien definidas anteriormente (Waterhouse, 1982; Brunton, 2007). Waterhouse (2013) destaca la ornamentación de lamelas concéntricas moderadamente desarrolladas, crestas radiales anteriores o costae irregulares, interior dorsal densamente cubierto de pústulas agudas, de dos órdenes, proceso cardinal corto, bífido en vista ventral y trifido externamente. Además incluye a *Tuberculatella* en otra clasificación sistemática; Familia Avoniidae Sarytcheva, 1960, y Subfamilia Semicostellinae Nalivkin, 1979.

*Tuberculatella* es externamente muy similar a *Maemia* Lazarev (en Brunton & Lazarev, 1997), del Bashkiriano–Moscoviano, del Reino Boreal. Pero se diferencian en que *Maemia* posee costae anteriores regulares, y las cicatrices de los aductores están elevadas por crestas (rims), además de que carece de seno ventral (Waterhouse, 2013; Taboada *et al.*, 2019).

*Tuberculatella?* sp.

Figura 11

1998 *Productella* sp. Lech, Milana & Banchig, p. 406–409, fig. 3e–c.



**Materiales.** 9 especímenes en regular estado de preservación. Moldes internos de valvas ventrales LIEB-PI 604a, 612a, 609a. Molde externo de valva ventral LIEB-PI 605. Molde interno de valva dorsal LIEB-PI 606. Molde externo de valva dorsal LIEB-PI 607. Otro material fragmentario LIEB-PI 608, 610, 611.

**Procedencia geográfica.** Cordillera Frontal, en inmediaciones del Paso Internacional de Agua Negra, San Juan.

**Procedencia estratigráfica.** Sección basal de la Formación Cerro Agua Negra, nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Conchilla mediana a grande, de contorno transverso subelíptico a subrectangular, perfil moderadamente cóncavo-convexo, aurículas y trail bien desarrollados. Ornamentada con rugae irregulares y líneas concéntricas, y espinas distribuidas por toda la valva, dimensiones máximas de 20 mm de largo y 32 mm de ancho con relación promedio A/L de 1,53.

Valva ventral de contorno transverso subelíptico, ancho máximo a mitad de la longitud valvar, perfil moderadamente convexo, aparentemente la mayor convexidad en el vientre, y geniculación cercana a 90°, aurículas bien diferenciadas del vientre, levemente convexas con espinas tubulares subrectas y dispuestas en 1–3 hileras (*i.e.*, LIEB-PI 605), con grosores de 0,6–0,7 mm. Márgenes cardinales obtusos, umbón ligeramente protuberante y levemente incurvado hacia el margen cardinal. Ornamentación de rugae concéntricas débiles en vientre pero fuertemente marcadas en aurículas, flancos y margen anterior, por sectores de mayor grosor e irregulares, y hacia el margen anterior parecen delimitar lamelas concéntricas. El espacio entre las rugae, exhibe líneas concéntricas finas, regulares en el vientre e irregulares en el margen anterior, con densidad de 3/ mm (medido en el margen anterior). Bases de espinas levemente engrosadas y distribuidas quincunxialmente en el margen anterior de la valva. Espinas aparentemente orientadas de manera subrecumbente en el vientre y subrectas en el margen anterior. Longitud de aproximadamente 1,5 mm.

Valva dorsal de contorno transverso subelíptico, con ancho máximo a mitad de la longitud valvar, perfil moderadamente cóncavo con la mayor concavidad en el disco visceral, ornamentación de rugae y líneas concéntricas, similar a la valva ventral, aunque menos marcadas. Interior con septo medio dorsal fino, se extiende aproximadamente 1/3

de la longitud valvar (7,5 mm en el ejemplar LIEB-PI 606). Proceso cardinal corto, aparentemente bífido en vista ventral y trifido en vista dorsal, crestas cardinales robustas, se extienden y ensanchan hacia las aurículas, divergen aproximadamente 15° del margen cardinal. Por fuera del cardinalio exhibe pústulas de dos tipos, unas subcirculares y otras elongadas, brindando apariencia de finas costillas radiales (aunque también podría deberse a que el material está levemente deformado). Las pústulas se encuentran densamente distribuidos en el margen anterior.

**Discusión.** Los caracteres exhibidos por las muestras analizadas, tales como, contorno transversal subelíptico a subrectangular, perfil cóncavo-convexo, bases de espinas engrosadas distribuidas quincunxialmente, interior de la valva dorsal con numerosas pústulas en el margen anterior, además de la ornamentación de rugae y líneas concéntricas, sugieren similitudes y afinidades con los géneros *Maemia* y *Tuberculatella*. Los especímenes provenientes de la Formación Cerro Agua Negra, exhiben crestas cardinales que se extienden y expanden hacia las aurículas, carácter afín con el género *Maemia*. No obstante, las bases de espinas poco numerosas y distribuidas quincunxialmente, y proceso cardinal que es externamente trifido e internamente bífido, son caracteres cercanos a *Tuberculatella*, considerando que este último carácter es más conservativo, los especímenes analizados serían una forma afín a *Tuberculatella*, aunque con resguardos, debido a que el estado de preservación de las muestras impide ver otros caracteres diagnósticos (*i.e.*, costae anteriores definidos por las bases de espinas).

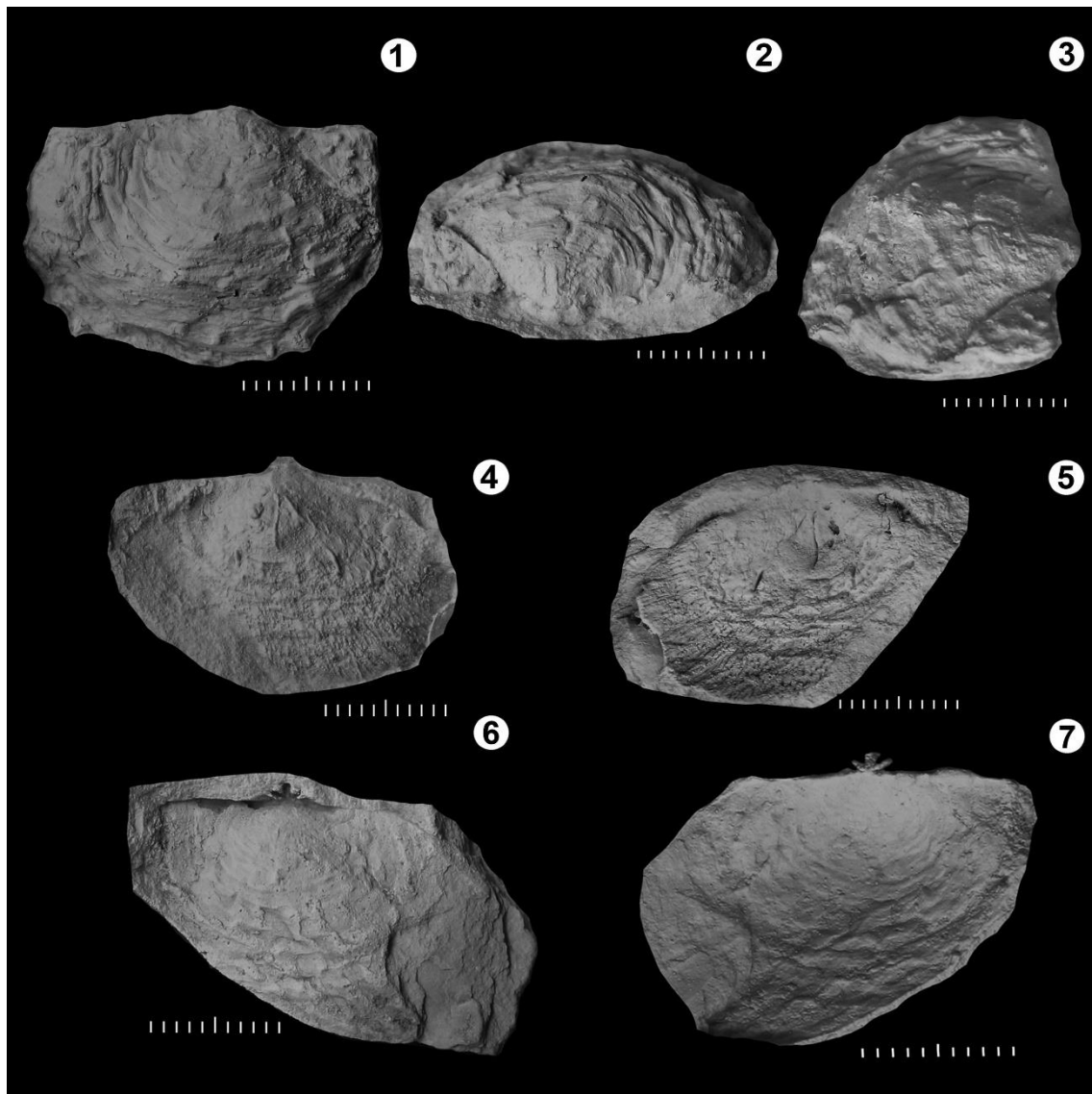
En Argentina se ha citado la ocurrencia de taxones similares a los analizados aquí, tanto en la región del centro-oeste como en Patagonia (Ver Amos, 1961a; Simanaukas, 1996c; Lech *et al.*, 1998; Simanaukas & Cisterna, 2001, Taboada *et al.*, 2019). La última revisión taxonómica de estos Productida, fue brindada por Taboada *et al.* (2019) para especímenes provenientes de la Cuenca Tepuel-Genoa. No obstante, los especímenes provenientes de la Cordillera Frontal de San Juan, muestran gran similitud con las formas documentadas por Lech *et al.*, (1998) en la Precordillera, en el primer nivel fosilífero de la Formación Ciénaga Larga del Tontal. Ambas formas comparten, contorno y perfil similar, además el tamaño es comparable (34 mm vs 32 mm de ancho máximo). Las extremidades cardinales son obtusas, y las rugae concéntricas están bien desarrolladas en las aurículas y flancos, y no en el vientre. Lamentablemente el material de Lech era fragmentario y no permite una comparación más precisa. Posteriormente Simanaukas & Cisterna (2001), incluyen el material de Lech *et al.* (1998) en la especie *Tuberculatella*

*peregrina* (Reed), compartiendo los caracteres arriba descritos. Sin embargo, el material de la FCAN no exhibe seno en la valva ventral, y no pudo observarse el patrón de costae radiales en el margen anterior. Además, estos autores destacan que las espinas en la valva dorsal son pequeñas y difíciles de observar. Por este motivo estos materiales requerirían una nueva revisión taxonómica a la luz de los conocimientos modernos en la sistemática del grupo (ver Waterhouse, 2013).

Especímenes asignados a *Tuberculatella* fueron dados a conocer por Taboada *et al.* (2019) para la parte superior de la Formación Mojón de Hierro (Cuenca Tepuel-Genoa), representado por la especie *Tuberculatella waterhousei* Taboada *et al.* 2019. Al comparar los materiales provenientes del primer nivel fosilífero de la Formación Cerro Agua Negra con *T. waterhousei* de la Formación Mojón de Hierro, se destaca similitud en el contorno transversal, con el ancho máximo ubicado a mitad de la longitud valvar. Las líneas concéntricas de crecimiento son regulares en el vientre e irregulares en el trail, en ambos especímenes. También exhiben bases de espinas levemente engrosadas y distribuidas quincunxialmente, y las espinas subrectas en el margen anterior y aurículas, mientras que en el vientre son subrecumbentes. Sin embargo, se aprecian diferencias tales como, un contorno más transversal en el material de la Cordillera Frontal 1,53 vs 1,25, además de ser estas menos convexas que los ejemplares de Patagonia. La ornamentación de rugae concéntricas está fuertemente marcadas en aurículas y trail en el material de FCAN, mientras que en el material de FMH son débiles. El disco dorsal de los especímenes de San Juan es moderadamente cóncavo, y levemente cóncavo en el material de Chubut, además las pústulas internas parecen ser más grandes y más espaciadas en el material de Patagonia. Finalmente, las constricciones radiales anteriores (costae), presentes en el material de la FMH, parecen estar ausente o son menos conspicuas en el material de FCAN.

Al comparar con la especie tipo *T. tubertella* de Tailandia, se destaca similitud en contorno, ancho máximo no coincidente con el margen cardinal, distribución de las bases de espinas, umbón amplio y redondeado, disco dorsal fuertemente cóncavo, espinas en 3 hileras en las aurículas y subrectas en el trail. Sin embargo muestran diferencias sustanciales como el tamaño, siendo más grandes las muestras de la FCAN, el seno y pliegue no están desarrollados en el material de la Cordillera Frontal. Entre los caracteres internos se destaca que el material de San Juan muestra pústulas anteriores de la valva dorsal mucho más pequeñas y densas que *T. tubertella*.

En base a las similitudes y diferencias expuestas respecto de las formas conocidas del género *Tuberculatella*, se puede concluir que los especímenes de la FCAN serían una entidad taxonómica similar o muy afín a dicho género. Es así que, los ejemplares analizados se determinan como *Tuberculatella?* sp., y la obtención de nuevo material de estudio permitirá establecer con certeza la identidad taxonómica de estas formas. Este registro amplía la distribución geográfica de estas formas hacia la Cordillera Frontal de San Juan.



**Figura 11.** 1–10, *Tuberculatella?* sp. 1–3, LIEB-PI 605 molde de silicona de valva ventral. 1, vista ventral; 2, vista postero-ventral; 3, vista oblicua. 4–5, LIEB-PI 606 molde interno de valva dorsal. 4, molde de silicona del interior; 5, vista ventral. 6–7, LIEB-PI 607 molde externo de valva dorsal. 6, vista dorsal. 7, molde de silicona. Escala gráfica = 10 mm.

Tribu PLICATIFERINI Muir-Wood & Cooper, 1960

Género *Aseptella* Martínez Chacón & Winkler Prins, 1977

**Especie tipo.** *Aseptella asturica* Martínez Chacón & Winkler Prins, 1977, de la Formación Ricacabiello (Bashkiriano inferior), Oviedo, España. Por designación original.

**Observaciones.** El género *Aseptella* posee un rango que abarcaría desde el Viséano al Kasimoviano tardío?–Gzheliano, y con registros en España, Tailandia y Argentina (tanto en el centro-oeste como en Patagonia) (Martínez Chacón & Winkler Prins, 1977; Simanaukas, 1996b; Cisterna & Simanaukas, 1999, Taboada *et al.*, 2019).

Martínez Chacón & Winkler Prins (1998), propusieron un linaje evolutivo para *Aseptella*, en el cual la especie basal correspondería a *Aseptella beetsi* Winkler Prins & Martínez Chacón, 1998, registrada en el Viséano de la región de la Cordillera Cantábrica, le sucede *A. asturica*, incluida en una fauna de afinidades Tetianas o Paleoecuatoriales, y relacionada con las faunas de Estados Unidos (Martínez Chacón & Winkler Prins, 1977). Finalmente, las especies registradas en Argentina, serían las más derivadas y las últimas en ocurrir en el registro estratigráfico, primero con *Aseptella* aff. *patriciae* Cisterna & Simanaukas, 1999, documentada en la Sierra de Barreal en estratos atribuidos al Carbonífero superior (Simanaukas & Cisterna, 2001), aunque una antigüedad Viséano tardío también es sugerida (Taboada, 1989, 2010). Finalmente el último registro en Argentina corresponde a *Aseptella patriciae* Simanaukas, 1996b documentada en la Sierra de Languiño, provincia del Chubut, en estratos de antigüedad Kasimoviano tardío?–Gzheliano, incluida en la Biozona de *Languigneotus laevicaudatum* (Amos, 1961a) (Simanaukas & Sabbatini, 1997; Taboada *et al.*, 2019). La polaridad evolutiva reflejada en el registro estratigráfico, muestra la tendencia a la desaparición del septo medio dorsal, el cual está presente en *A. beetsi* y ausente en *A. patriciae* (Martínez Chacón & Winkler Prins, 1998). No obstante, también se ha indicado que en los especímenes adultos el septo medio está ausente o está poco desarrollado (Brunton *et al.*, 2000; Martínez Chacón & Winkler Prins, 1977, 1998).

*Aseptella* sp. nov.

Figura 12

**Materiales.** 14 especímenes entre los que se cuentan, moldes externos de valvas ventrales LIEB-PI 622, 623a, 624, 625, 615, 619. Molde interno de valva ventral LIEB-PI 616, Moldes internos de valvas dorsales LIEB-PI 618, 620. Moldes externos de valvas dorsales LIEB-PI 614a y b, 617. Otro material fragmentario LIEB-PI 613, 621.

**Procedencia geográfica.** Cordillera Frontal, en inmediaciones del Paso Internacional de Agua Negra, San Juan.

**Procedencia estratigráfica.** Sección basal de la Formación Cerro Agua Negra, nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Conchilla de tamaño pequeño, de contorno transversal subrectangular con ancho máximo ubicado a mitad de la longitud valvar, extremidades cardinales redondeadas, perfil cóncavo-convexo, ornamentación de rugae concéntricas, espinas alteroides distribuidas únicamente en la valva ventral. Dimensiones máximas de 13,8 mm de ancho y 9,2 mm de largo, con relación A/L promedio de 1,5.

Valva ventral de contorno transversal subrectangular, perfil convexo, mayor convexidad en la región del vientre, umbón inflado y protuberante, ápice umbonal incurvado hacia el margen cardinal. Aurículas aplanadas y ligeramente diferenciadas del vientre. Ornamentación de tenues lamelas concéntricas, orientadas sub-paralelamente al contorno de la valva. Posee espinas con dos grosores, las más gruesas distribuidas en el margen cardinal y anterior, y las más finas en el resto de la superficie valvar. En el margen cardinal se contabilizan hasta tres por flanco, la más próxima al umbón pequeña y las distales (en aurículas) más grandes. Las espinas de la superficie de la valva (levemente recumbentes) se orientan en tres hileras radiales, por flanco, la proximal al margen cardinal con tres espinas, y las otras con dos. Internamente la valva se aprecia pustulosa.

Valva dorsal de contorno transversal subrectangular, con margen cardinal recto, perfil ligeramente cóncavo, mayor concavidad en la mitad anterior y la región del disco dorsal más aplanada. Exhibe ornamentación de fuertes rugae concéntricas que brindan apariencia de lamelas, con densidad de aproximadamente 2/ mm, medido en el margen anterior. Las rugae son irregulares en su curso, pero se orientan de manera subparalela al contorno de la valva, excepto en la región anterior central que presenta una deflexión en sentido posterior. Internamente se aprecian fuertes crestas marginales que divergen desde el margen cardinal, en ángulo aproximado a 45° (medido solo en LIEB-PI 618), se

arquean separando las aurículas del disco dorsal, y convergen anteriormente delimitando una región densamente pustulosa, especialmente en la mitad anterior. En el interior de esta región y hacia los lados se evidencian las cicatrices de los músculos diductores, de forma subcircular. Otros caracteres no son observables.

**Discusión.** Los caracteres exhibidos por los especímenes de la FCAN, tales como, tamaño pequeño, contorno transversal subrectangular con ancho máximo a mitad de la longitud valvar, ornamentación de lamelas concéntricas, espinas gruesas en el margen cardinal y anterior, e interior con crestas marginales que rodean la región del vientre, sugieren incluir a las mismas en *Aseptella*; sin embargo, la presencia de tres hileras de espinas en los flancos, indicarían una condición genérica distinta, ya que *Aseptella* posee dos, pero tal vez esto represente una condición específica distintiva.

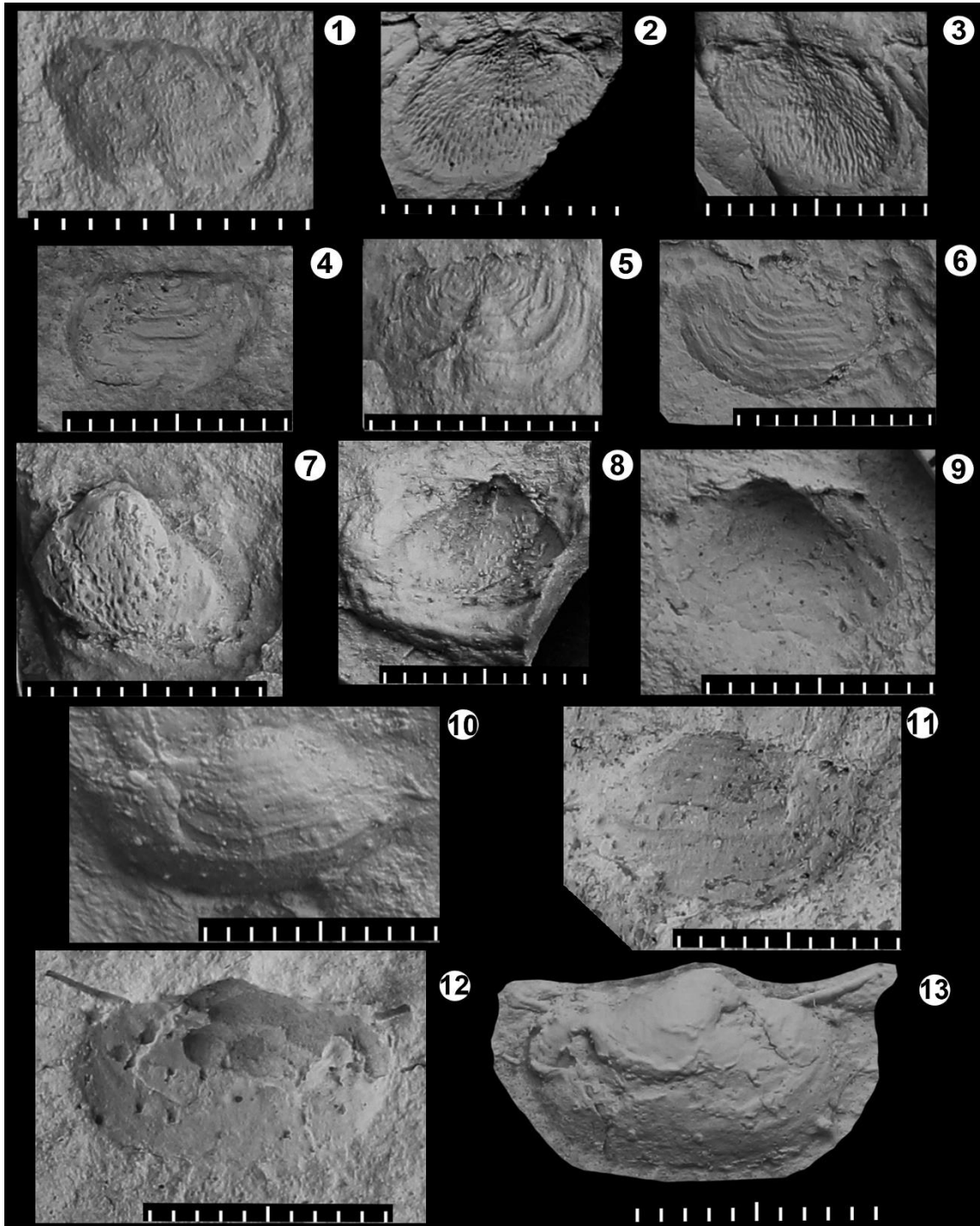
Hasta el momento se reconocen las especies, *A. asturica* y *A. beetsi* para la región de la Cordillera Cantábrica en España. En Argentina se tiene registro de *A. patriciae* y *A. aff. patriciae*. No obstante, Lech *et al.* (1998) documentan *Aseptella?* sp., en la Sierra del Tontal, Provincia de San Juan, en el primer nivel fosilífero de la Formación Ciénaga Larga del Tontal. Los especímenes aquí estudiados, exhiben similitudes muy marcadas con los especímenes asignados a *A. aff. patriciae* por Cisterna & Simanuskas (1999), registrados en la Sierra de Barreal (Miembro El Paso, Formación San Eduardo). Ambos exhiben tamaño mediano, 14 mm de ancho máximo el cual se ubica cercano a la mitad de la longitud valvar; el contorno y perfil son los mismos. Con el vientre de la valva ventral notablemente más convexo y las aurículas aplanadas. El patrón de ornamentación concéntrica de *A. aff. patriciae* no se diferencia de los especímenes de la FCAN. El patrón de distribución de las espinas y la presencia de dos tipos de grosores, son caracteres similares en ambos especímenes. Los interiores de valvas ventrales y dorsales muestran los mismos caracteres en ambos, con crestas marginales notablemente desarrolladas y arqueadas en la valva dorsal y con el disco visceral dorsal y el vientre densamente pustulosos. No obstante, se diferencian sustancialmente en que los especímenes de la FCAN presentan una tercera hilera de espinas en ambos flancos de la valva ventral, carácter no observado en los especímenes del Miembro El Paso.

Cuando se comparan los especímenes de la FCAN con *Aseptella patriciae* de Patagonia, exhiben gran similitud en la mayoría de los caracteres, excepto que *A. patriciae* posee margen cardinal con extremidades agudas, mientras que en el material de San Juan son romas, y al parecer *A. patriciae* es menos robusta, condición que podría

estar influenciada por las condiciones paleoambientales (Cisterna & Simanauskas, 1999). Finalmente, los ejemplares de la FCAN no exhiben el margen anterior con reborde o pestaña (flange), aunque este último carácter podría estar en función de la preservación o de estadios ontogenéticos (Martínez Chacón & Winkler Prins, 1977; Cisterna & Simanauskas, 1999).

Al comparar los especímenes de la FCAN con los de la especie tipo, *Aseptella asturica* se destaca similitud a nivel de los caracteres genéricos, pero se diferencian en que los especímenes de la FCAN exhiben una tercera hilera de espinas en los flancos, además de un tamaño mayor, casi del doble de la especie de Meré (España). En base al conjunto de caracteres examinados y puntualmente la tercera hilera de espinas en los flancos, se propone a *Aseptella* sp. nov. Este registro es el primero para la Cordillera Frontal de San Juan, incrementando la distribución geográfica del género.





**Figura 12.** 1–13, *Aseptella* sp. nov. 1, LIEB-PI 620 molde interno de valva dorsal, vista ventral. 2–3, LIEB-PI 618 molde interno de valva dorsal; 2, vista ventral; 3, molde de silicona. 4, LIEB-PI 617 molde externo de valva dorsal, vista ventral. 5, LIEB-PI 614b molde externo de valva dorsal, vista ventral. 6, LIEB-PI 614a molde externo de valva dorsal, vista ventral. 7–8, LIEB-PI 616 molde interno de valva ventral; 7, vista ventral; 8, molde de silicona. 9, LIEB-PI 624 molde externo de valva ventral, vista dorsal. 10–11, LIEB-PI 623a molde externo de valva ventral; 10, molde de silicona; 11, vista dorsal. 12–13, LIEB-PI 622 molde externo de valva ventral; 12, vista dorsal; 13, molde de silicona. Escala gráfica = 10 mm.

Tribu LEVIPUSTULINI Lazarev, 1985

### Género *Lanipustula* Klets, 1983

**Especie tipo.** *Pustula baicalensis* Maslennikov, 1960, de la Formación Gutay (Carbonífero inferior a medio) región de Transbaikal, Rusia. Por designación original.

**Observaciones.** *Lanipustula*, fue propuesto por Klets (1983) para ordenar y unificar un conjunto de especímenes registrados en la región de Transbaikal (este de Rusia) que exhibían grandes similitudes morfológicas entre sí, y eran asignados a géneros tales como, *Avonia* Thomas, 1914, *Pustula* Thomas, 1914 y *Levipustula* Maxwell, 1951. *Lanipustula* se registra en Rusia, Argentina y Mongolia, aunque posiblemente especies de Europa occidental atribuidas a *Levipustula* podrían corresponder a *Lanipustula* (Taboada & Shi, 2011). Su biocrón abarca desde el Carbonífero temprano (Viseano tardío) al Pérmico temprano (Asseliano) (Taboada & Shi, 2011; Brunton *et al.*, 2000).

*Lanipustula* exhibe similitudes muy marcadas con *Levipustula* con quién puede ser confundido fácilmente; sin embargo, *Lanipustula* muestra ornamentación de espinas dorsales densas, carácter no presente (o poco conspicuo) en el segundo, además *Lanipustula* posee placas de soporte, y crestas cardinales más desarrolladas y paralelas al margen cardinal, siendo levemente divergentes en *Levipustula* (Brunton *et al.*, 2000). No obstante, Taboada & Shi (2011) observaron que los caracteres internos mencionados se presentan de igual manera en ambos géneros, atribuyéndolos a diferencias intraespecíficas, más que a caracteres genéricos autapomórficos, por lo que no serían útiles para diferenciarlos. Estos autores, establecen que los caracteres externos son más importantes para diferenciar entre ambos; *Lanipustula* exhibe ornamentación de espinas densas en valva dorsal, y rugae y láminas concéntricas más fuertes en ambas valvas, condiciones diferentes a las mostradas por *Levipustula*. Actualmente, y en base a los últimos estudios taxonómicos de detalle, *Lanipustula* es considerado filogenéticamente derivado de *Absenticosta* Lazarev, 1991 documentado en el Viséano tardío de la Sierra de Barreal (Miembro El Paso, Formación San Eduardo), el cual se especula migró desde el sur de Siberia, mediante el corredor transpangea Austro-Panthalásico-Rheico sugerido por Taboada & Shi (2009), siendo la especie ancestral del linaje monofilético de los Levipustulini Lazarev, 1985 en Argentina y posiblemente también en Rusia. De esta manera *Lanipustula* sería el primer taxón de este linaje, presente en Patagonia, bajo condiciones subpolar y en ambientes de aguas frías (Taboada & Shi, 2011; Shi & Taboada, 2011).

Recientemente, Waterhouse (2013) propone una clasificación alternativa, reasignando las especies argentinas del género *Lanipustula* al nuevo género *Austroboreas* Waterhouse, 2013, y éste a su vez incluido junto con *Levipustula* y *Piatnitzkia* Taboada, 1993 en la tribu Levipustulini. Mientras que *Lanipustula*, *Impiacus* Lazarev y Suur'suren en Afanasjeva *et. al.*, 1988, *Verchojania* Abramov, 1970 y *Jakutuproductus* Kaschirtzev, 1959 son incluidos en la nueva tribu Lanipustulini Waterhouse, 2013. Dicho autor argumenta la separación en dos tribus, en base a la presencia o ausencia de placas laterales de soporte en la valva dorsal, las mismas están presentes en los Levipustulini y ausentes en los Lanipustulini. La instauración del género *Austroboreas*, se fundamentó en que tales estructuras están presentes en las especies de Argentina, y no así en la especie tipo de *Lanipustula* (*Pustula baicalensis*). Es así que *L. kletsi* fue propuesta como especie tipo de *Austroboreas*. No obstante, y como mencionaran Taboada & Shi (2011) los caracteres internos pueden ser variables dentro de los Levipustulini, razón por la cual estas diferencias tomadas en conjunto podrían no ser tan significativas a la hora de crear nuevos grupos dentro de la tribu Levipustulini. Posiblemente se necesiten más estudios de detalle para poder establecer una separación más confiable. De momento en este trabajo se opta por seguir la sistemática establecida en Brunton *et. al.* (2000) y Taboada & Shi (2011).

***Lanipustula patagoniensis* Simanauskas, 1996a**

Figura 13

**Materiales.** Cara y contra de valvas ventrales MOZ-PI 9328, 9228; moldes externos de valvas ventrales MOZ-PI 9339, 9809, 9316, 9230, 9329; moldes internos de valvas dorsales MOZ-PI 9337, 9340, 9350, 9276; molde externo de valva dorsal MOZ-PI 9338. Otro material fragmentario MOZ-PI 9264, 9246, 9200.

**Procedencia geográfica.** Cerro Minas al pie occidental de la Cordillera del Viento, Andacollo, Neuquén.

**Procedencia estratigráfica.** Sección media de la Formación Huaraco (Comarca Neuquina), segundo nivel fosilífero.

**Descripción.** Conchilla mediana, de contorno transverso, subcircular a subelíptico, perfil suave a moderadamente cóncavo-convexo, con valva dorsal aplanada, genículo débil y

trail corto, y ancho máximo ubicado a mitad de la longitud valvar. Exhibe ornamentación de rugae concéntricas marcadas y bases de espinas pustulosas y alargadas. Dimensiones máximas de 26 mm de ancho y 18 mm de largo, con relación promedio A/L de 1,4.

Valva ventral de contorno transverso, perfil moderadamente convexo, región del vientre y umbonal notablemente más convexa y la mitad anterior aplanada. Trail corto y geniculación débil. Umbón acuminado y levemente protuberante del margen cardinal, aurículas aplanadas y extremidades cardinales obtusas. Margen cardinal recto. Ancho máximo ubicado a mitad de la longitud valvar. Ornamentación de rugae concéntricas moderadamente marcadas, estas delimitan láminas concéntricas, y dentro se observan líneas concéntricas. Bases de espinas relativamente largas y anchas, que se disponen quincunxialmente, y atraviesan las láminas (perpendicularmente) en toda su extensión. Espinas pequeñas distribuidas cerca del margen cardinal y vientre.

Valva dorsal de contorno transverso, subelíptico, con perfil débilmente cóncavo a plano, región del disco visceral más cóncava y margen cardinal recto. Exhibe geniculación débil. Ornamentación de rugae concéntricas fuertemente marcadas, delimitando láminas concéntricas. Espinas dorsales pequeñas pero distribuidas quincunxialmente. Internamente, el cardinalio exhibe septo medio dorsal simple y largo de aproximadamente 8 mm (en promedio), en la base presenta una concavidad ensanchada. Proceso cardinal protuberante y bilobado. Crestas cardinales largas y paralelas al margen cardinal. No se observan otros caracteres internos.

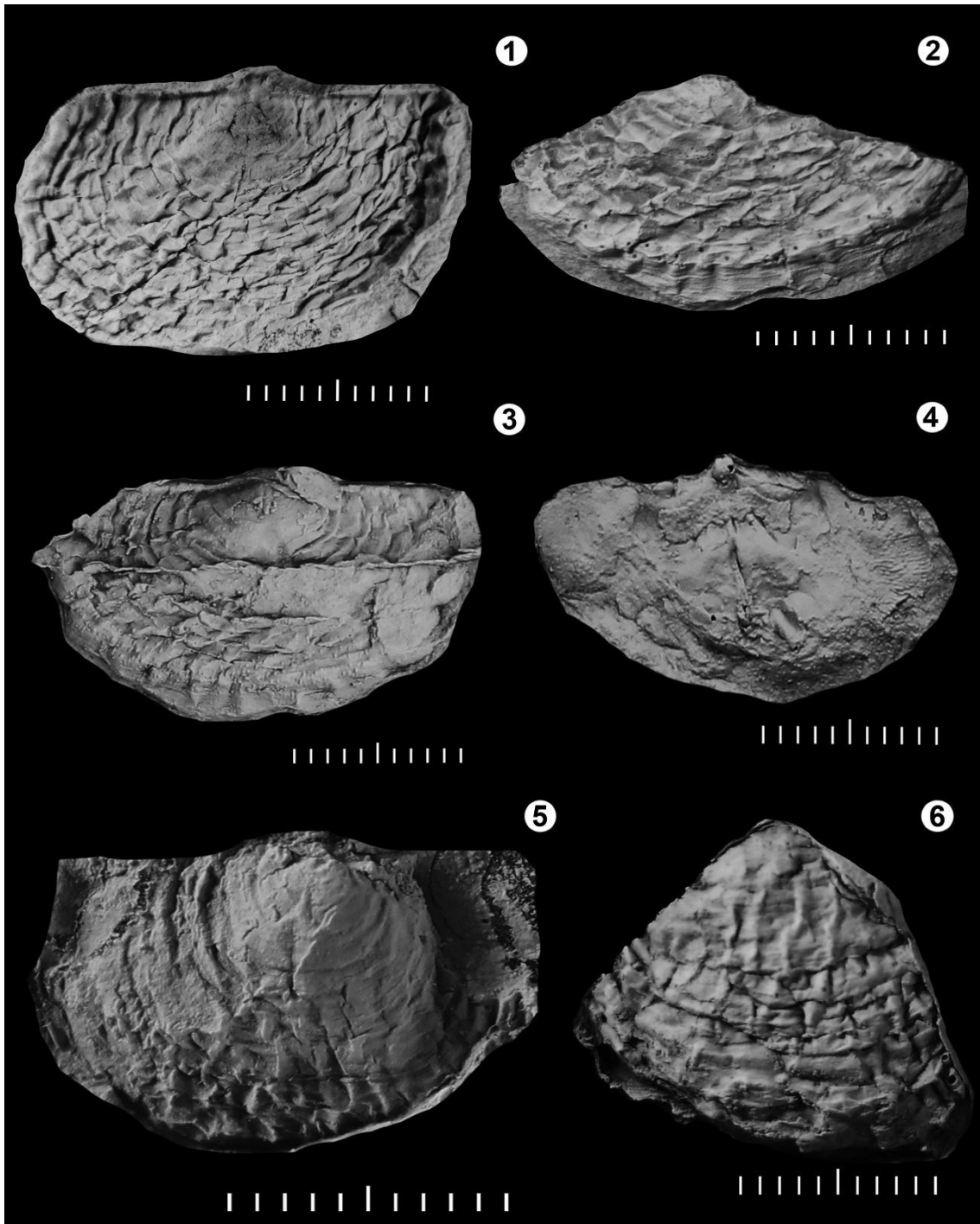
**Discusión.** En Argentina, este género se registra exclusivamente en la provincia del Chubut (Patagonia), con dos especies, *Lanipustula patagoniensis* Simanaukas, 1996a y *Lanipustula kletsi* Taboada & Shi, 2011. *Lanipustula patagoniensis*, fue propuesta por Simanaukas (1996a) al reasignar material determinado como *Levipustula levis* por Amos (1961a), y posee implicancias bioestratigráficas sustanciales ya que es un fósil guía que nombra y delimita la biozona de *L. patagoniensis* en la Formación Pampa de Tepuel, con un rango Serpukhoviano tardío–Moscoviano (Pagani & Taboada, 2010). Mientras que, *L. kletsi* fue propuesta por Taboada & Shi (2011) para especímenes anteriormente atribuidos a *Levipustula levis* por Amos (1961a), y posee registros en la Formación Las Salinas, una sección parcialmente equivalente a La Formación Pampa de Tepuel (Taboada & Shi, 2011).

Al comparar el material de la Formación Huaraco con *L. patagoniensis* se destaca que ambas presentan, tamaños similares, con similar perfil de la valva ventral, con el

tercio posterior más convexo, y la mitad anterior aplanada. Ambos ejemplares exhiben el ancho máximo ubicado a mitad de la longitud valvar. Tanto el material de la Formación Huaraco como el de Pampa de Tepuel, exhiben rugae de la valva dorsal mucho más marcados que los de la valva ventral, además las bases de espinas pustulosas atraviesan las placas concéntricas completamente.

Con respecto a *L. kletsi*, los especímenes de Huaraco se asemejan en perfil, contorno y la presencia de bases de espinas pustulosas. Pero difieren notablemente en que *Lanipustula kletsi* exhibe el ancho máximo en el tercio posterior, mientras en el material de Huaraco se ubica a mitad de la longitud valvar. En el material de la Formación Las Salinas, las rugae son fuertes en la valva ventral, y en el material de Andacollo las rugae ventrales están menos marcadas, y son mucho más fuertes en la valva dorsal. Además, *L. kletsi* exhibe relativamente numerosas bases de espinas pustulosas en la valva ventral, carácter no exhibido por el material de Andacollo.

El material procedente de la Formación Huaraco es casi indistinguible de *L. patagoniensis*, razón por la cual se asigna a dicha especie. La ocurrencia de *L. patagoniensis* en el Cuenca Neuquén (o Comarca Neuquina) representa un hecho sustancial desde el punto de vista paleobiogeográfico, ya que evidencia el nexo entre la Cuenca Tepuel-Genoa con el extremo sur de las cuencas del centro-oeste argentino. Posicionando a la Cuenca Neuquén en una configuración paleolatitudinal intermedia (Taboada *et al.*, 2014). La ocurrencia de *Lanipustula patagoniensis* en la Cuenca Neuquén amplía su distribución geográfica, y al hallarse junto a otro fósil guía como *Tivertonia jachalensis*, reafirma su antigüedad Serpukhoviano tardío–Moscoviano, debido a que este último tiene restringido el piso de su biozona en el Moscoviano (Gulbranson *et al.*, 2011; Taboada, 2014).



**Figura 13.** 1–6, *Lanipustula patagoniensis* Simanauskas, 1996a, 1, MOZ-PI 9337 molde de silicona de interior de valva dorsal, vista ventral. 2, MOZ-PI 9276 fragmento de molde interno de valva dorsal. 3, MOZ-PI 9338 molde de silicona de interior de valva dorsal, vista ventral. 4, MOZ-PI 9340 molde de silicona de interior de valva dorsal, vista ventral. 5, MOZ-PI 9809 molde de silicona de valva ventral, vista ventral. 6, MOZ-PI 9339 molde de silicona de fragmento de valva ventral. Escala gráfica = 10 mm.

Suborden CHONETIDINA Muir-Wood, 1955

Superfamilia CHONETOIDEA Bronn, 1862

Familia RUGOSOCHONETIDAE Muir-Wood, 1962

Subfamilia RUGOSOCHONETINAE Muir-Wood, 1962

Género *Neochonetes* Muir-Wood, 1962

Subgénero *Neochonetes* (*Neochonetes*) Muir-Wood, 1962

**Especie tipo.** *Chonetes dominus* King, 1938 de las Calizas Marble Falls (Pennsylvaniano), al sur de San Saba, Texas, EEUU. Por designación original.

**Observaciones.** *Neochonetes* es un género cosmopolita, con amplia distribución paleogeográfica durante el Neopaleozoico, y un biocrón que comprende desde el Carbonífero tardío–Pérmico tardío. Durante el Pennsylvaniano se ha registrado en, Estados Unidos, México, Sur de China, Argentina y Rusia (Jacobs, 1976; Taboada, 1997; Sour Tovar & Martínez Chacón, 2004; Wu *et al.*, 2016). Se estima que se originó en mares cálidos del paleoecuador durante el Mississippiano, y luego se dispersó globalmente, debido a que se vincula con el mejoramiento climático global ocurrido en el Cisuraliano (Wu *et al.*, 2016). Morfológicamente se caracteriza por exhibir, tamaño pequeño a mediano (5–20 mm de longitud, *sensu* Racheboeuf, 2000), contorno transversal, perfil moderadamente cóncavo-convexo, espinas cardinales con bajo a moderado ángulo, a veces exhibe débil seno ventral, y ornamentación de capilas radiales. El cardinalio exhibe; proceso cardinal bilobado internamente y trilobado externamente, con alveolo en su base, septo medio dorsal largo y elevado anteriormente, anderidio, crestas braquiales marcadas y crestas fosetales internas bien desarrolladas, las externas pueden estar presente o no. Por su parte, el apicalio exhibe un miofragma o septo medio ventral prominente, y crestas vasculares bien desarrolladas (marcas de los troncos vasculares) y paralelas entre sí (Muir-Wood, 1962; Racheboeuf, 2000).

*Neochonetes* posee seis subgéneros; *Neochonetes* (*Neochonetes*) Muir-Wood, 1962, caracterizado por un perfil levemente cóncavo-convexo, carente de seno ventral o débilmente desarrollado, la costulación se atenúa hacia el margen anterior y el septo medio dorsal es anteriormente elevado; esta forma fue la más generalizada durante el Carbonífero medio a tardío (Archbold, 1981; Racheboeuf, 2000). *Neochonetes* (*Sommeriella*) Archbold, 1982, exhibe perfil fuertemente cóncavo-convexo, valva ventral con seno conspicuamente desarrollado, leve pliegue en la valva dorsal, espinas cardinales en ángulo de 40–45°, el ancho máximo de la conchilla se ubica levemente anterior al margen cardinal. Dicho taxón se documenta en el Cisuraliano del oeste de Australia (Archbold, 1981; Racheboeuf, 2000). *Neochonetes* (*Nongtaia*) Archbold, 1999 similar a

*N.* (*Neochonetes*) pero más pequeño, con seno ventral distintivo y relativamente estrecho, pliegue dorsal también estrecho, distintiva ornamentación de capilas gruesas que se incrementan por bifurcación. Por otra parte, *Neochonetes* (*Zechiella*) Archbold, 1999 es también de tamaño pequeño, conchilla delgada con capilas radiales obsoletas, carece de seno ventral y estructuras internas pobremente desarrolladas. Estos dos subgéneros fueron documentados y definidos en estratos de antigüedad Roadiano, en la región norte de la península de Tailandia (Archbold, 1999; Racheboeuf, 2007). Finalmente, *Neochonetes* (*Zhongyingia*) Shen & Archbold, 2002 se caracteriza por poseer un contorno trapezoidal y aurículas acuminadas, el ancho máximo siempre coincidente con el margen cardinal, extremidades cardinales extendidas, espinas cardinales en ángulo de 45°, valva ventral levemente convexa con seno somero y amplio, ornamentación de capilas radiales finas y el interior dorsal exhibe crestas laterales largas y paralelas al margen cardinal. *Neochonetes* (*Huangichonetes*) Shen & Archbold, 2002 exhibe tamaño pequeño, el reverso de la conchilla de contorno trapezoidal, aurículas pequeñas pero prominentes y acuminadas, disco visceral fuertemente convexo, y seno conspicuo y ancho, cuatro pares de espinas cardinales en ángulo de 30°, ornamentación de capilas finas, e interior ventral con miofragma corto. Estas dos formas se registran en niveles de antigüedad Lopingiana del sur de China (Shen & Archbold, 2002; Racheboeuf, 2007).

Archbold (1981) estudió detalladamente al género, y en base a especímenes del Pérmico inferior del oeste de Australia propuso el subgénero *N.* (*S.*). Además infirió posibles linajes de *Neochonetes*, destacando tres stocks o grupos, que se sucedieron en el tiempo. *N.* (*N.*) *carboniferus* (Keyserling, 1846) del Carbonífero medio (Bashkiriano), comprende formas que se caracterizan por presentar, espinas cardinales en bajo ángulo, baja convexidad de la conchilla, contorno moderadamente transverso, con aurículas pequeñas, ancho máximo coincidente con el margen cardinal, y carente de seno ventral. Se los registra principalmente en Rusia, China y España. *N.* (*N.*) *granulifer* (Owen, 1852) del Pennsylvaniano, son formas caracterizadas por exhibir espinas cardinales en bajo ángulo, moderada a baja convexidad de la conchilla y un seno amplio y somero. Se documentan principalmente en Estados Unidos, Inglaterra, Escocia, Alemania, Bolivia y Perú. Finalmente, *N.* (*S.*) del Pérmico, muestra conchillas de gran tamaño, espinas ventrales en ángulos de 40–45°, un seno bien desarrollado y el ancho máximo anterior al margen cardinal. Aparece documentada en el oeste de Australia, Omán, Afganistán, Rusia, Canadá, entre otros.



*Neochonetes (Neochonetes) granulifer* (Owen, 1852)

Figuras 14 y 15

1927 *Neochonetes (Neochonetes) granulifer* (Owen); Reed, p. 134-135, lám. 13, fig. 6.

1997 *Neochonetes (Neochonetes) granulifer* (Owen); Taboada, p. 233-234, lám. 2, figs. 1-7.

? 2004 *Neochonetes (Neochonetes) granulifer* (Owen); Sour Tovar & Martínez Chacón, p. 131-133, figs. 6, 7a-r, 8b, ñ-p.

**Materiales.** Cara y contra de valvas ventrales MOZ-PI 9009b, 9044a y b, LIEB-PI 637a. Moldes internos de valvas ventrales MOZ-PI 9016a, 9022, 9070, 9114, 9098, 9103, 9122, 9125a y b, 9136, 9138, 9847, 9879, 9903, 9923b, 9972, LIEB-PI 630, 633, 634a, 635, 636, 638, 642. Moldes externos de valvas ventrales MOZ-PI 8983, 8990, 9100b, 9114, 9135a, 10023, 10029, LIEB-PI 640. Moldes internos de valvas dorsales MOZ-PI 9009a, 9095, 9128, 9134, 9135b y c, 9848, 9856, 10004b, LIEB-PI 641. Molde externo de valva dorsal MOZ-PI 9018. Otro material fragmentario MOZ-PI 9012b, 9016 b y c, 9143, 9868, 9832, 10011, LIEB-PI 631a, 632, 639, 643.

**Procedencia geográfica.** MOZ-PI, Cerro San Pedro, al pie occidental de la Cordillera del Viento, Andacollo, Neuquén. LIEB-PI, Cordillera Frontal, en inmediaciones del Paso Internacional de Agua Negra, San Juan.

**Procedencia estratigráfica.** MOZ-PI, Sección media de la Formación Huaraco (Engolfamiento Neuquino), nivel fosilífero inferior. LIEB-PI, Sección basal de la Formación Cerro Agua Negra, nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Conchilla mediana, de contorno transverso, perfil moderadamente cóncavo-convexo, ornamentada con capilas radiales y tenues líneas concéntricas, y dimensiones máximas de 28 mm de ancho y 18 mm de largo, relación A/L promedio de 1,5-1,6.

Valva ventral, de contorno transverso (hemielíptico), con ancho máximo ligeramente anterior al margen cardinal, perfil moderadamente convexo (vientre de mayor convexidad), margen anterior con seno somero (solo en algunos ejemplares). Umbón levemente protuberante. Interárea baja. Ornamentación de capilas radiales con densidad de 5-6/ mm (medido en el margen anterior), mostrando intercalación. Líneas

concéntricas regulares y levemente marcadas. Interior ventral, con miofragma de 3,5–4 mm de longitud (aproximadamente 1/3 del largo de la valva) desarrollándose desde la interárea. Crestas vasculares desarrolladas anteriormente al miofragma, extendidas por todo el vientre, y paralelas entre sí. Cicatrices de los músculos aductores pequeñas, subélicas, ubicadas en la región umbonal y a los lados del miofragma. Cicatrices de los músculos diductores, grandes y subtriangulares. Numerosos pseudopuntos con taleolas dispuestos de manera regular y radial, concordantemente con las capilas, desarrollados por fuera del campo muscular.

Valva dorsal, de perfil ligeramente cóncavo, contorno transversal, ornamentada con capilas radiales, con densidad de 5–6/ mm, y escasas y tenues líneas concéntricas. Interior, con septo medio dorsal fino, 7–8 mm de longitud (aproximadamente la mitad de la longitud valvar). Crestas del anteridio divergen desde la base y forman un ángulo de 50–54°. Crestas fosetales internas robustas (1–1,2 mm de grosor). Base del proceso cardinal con alveolo. Crestas braquiales moderadamente impresas. Se destacan abundantes pseudopuntos con taleolas, dispuestos de manera regular y radial.

**Discusión.** Los caracteres exhibidos por los especímenes provenientes del primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco, y de la Formación Cerro Agua Negra, indican afinidades con el subgénero *Neochonetes* (*Neochonetes*). En Argentina se reconocen dos especies de este subgénero, por un lado, *N. (N.) granulifer* (Owen), registrado en la Sierra de Barreal, Formación Pituil (Reed, 1927; Taboada, 1997). El mismo se asocia a la Fauna de *Marginovatia-Maemia* Taboada, 1997 de acotada distribución geográfica y vinculada al mejoramiento climático posterior al pulso glaciario en la región, con un rango Bashkiriano tardío–Moscoviano (Taboada, 2010, 2014). Por otro lado, *Neochonetes pegnonensis* Cisterna & Simanaukas, 2000, registrado en el sinclinal de Rincón Blanco, Formación Río del Peñón, se vincula a la fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus* Sabattini *et al.* 1990 más diversa que la fauna precedente y ampliamente documentada en las cuencas del centro-oeste de Argentina (Cisterna & Simanaukas, 2000; Taboada, 2014).

La especie de Owen, *N. (N.) granulifer* proveniente de Missouri (Estados Unidos), y su caracterización sistemática ha sido dudosa desde su designación original, a causa de su pobre descripción e ilustraciones (Muir-Wood, 1962). Sin embargo, se ha establecido que, aunque posee cierto rango de variación, su contorno es típicamente subcuadrado, con conchilla fuertemente mucronada (pseudopuctos), crestas fosetales internas engrosadas y sus dimensiones promedio son, 28 mm de ancho y 15 mm de largo, con relación A/L de

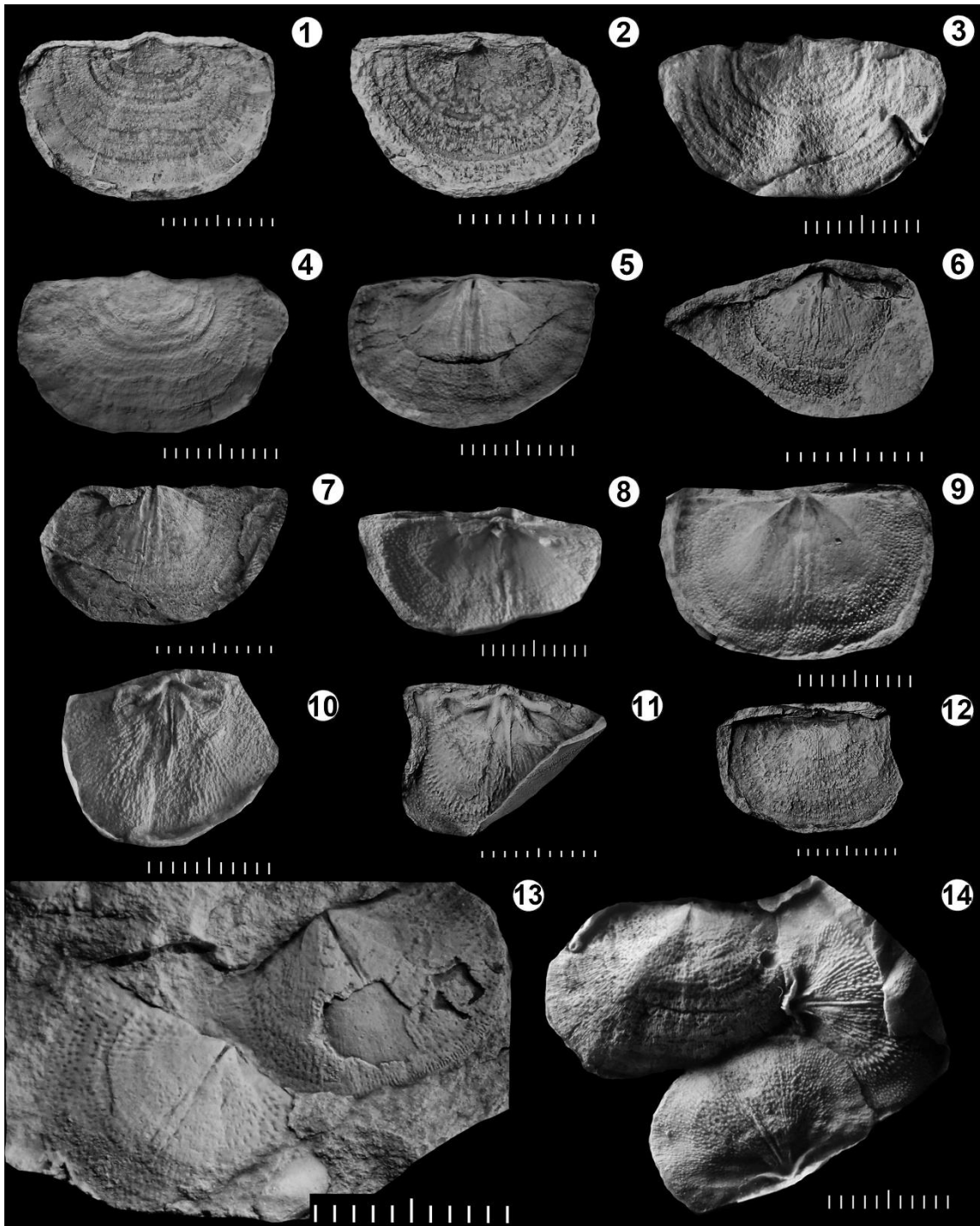
1,86. Comprendería un rango Pennsylvaniano–Pérmico (Muir-Wood, 1962). Los especímenes aquí analizados son estrechamente comparables con los identificados como *Neochonetes (Neochonetes) granulifer* en la Formación Pituil. Se asemejan en el contorno transversal con el ancho máximo cercano al margen cardinal y perfil moderadamente cóncavo convexo. La relación A/L promedio es muy similar en ambos, 1,5 en *N. (N.) granulifer* y 1,5–1,6 en el material de Andacollo y Agua Negra. Tanto los especímenes de Pituil como los aquí analizados, exhiben ornamentación de capilas radiales con la misma densidad (5–6/ mm), y líneas concéntricas tenues. En ambos, el miofragma posee, aproximadamente, 1/3 del largo total, y las crestas vasculares son prominentes. En los especímenes de la Formación Huaraco, las cicatrices ventrales de los músculos aductores son muy similares a las descritas por Taboada (1997) para los ejemplares de la Formación Pituil, ovaladas y relativamente grandes en comparación con el miofragma.

No se han descrito interiores dorsales en los ejemplares provenientes de la Sierra de Barreal. Sin embargo, al comparar nuestros especímenes con la especie original de Owen, *N. (N.) granulifer* (ver placa 10, fig. 15, en Muir-Wood, 1962), se destaca una similitud en caracteres sustanciales, tales como, crestas fosetales internas fuertes, y las externas estrechas, las crestas del anderidio están moderadamente desarrolladas y con un ángulo de divergencia de aproximadamente 60°, similares al rango de los especímenes de la Formación Huaraco (50–54°). No obstante, difieren en que el septo medio dorsal del material de Muir-Wood (1962) posee una longitud de aproximadamente 1/3 de la longitud valvar y es moderadamente robusto en comparación con los ejemplares de Andacollo, en los cuales el septo medio dorsal es más fino y largo. Aunque, no podemos asegurar que el ejemplar figurado en Muir-Wood (1962), sea totalmente representativo de la especie. Por otra parte, Sour Tovar & Martínez Chacón (2004), documentan y describen *N. (N.) granulifer* en el sureste de México, Formación Ixtaltepec (Pennsylvaniano). Al comparar las valvas dorsales de nuestros especímenes con los de Ixtaltepec, se destaca la similitud en la forma y longitud del septo medio dorsal, pero el ángulo de divergencia de las crestas del anderidio es de 70° en las formas de Ixtaltepec y de 50–54° en las de Huaraco. De esta manera, es necesario evaluar cuál es el rango de variación de esta especie, con respecto a los caracteres internos de la valva dorsal, sin olvidar las relaciones morfométricas (*i.e.*, Relación A/L).

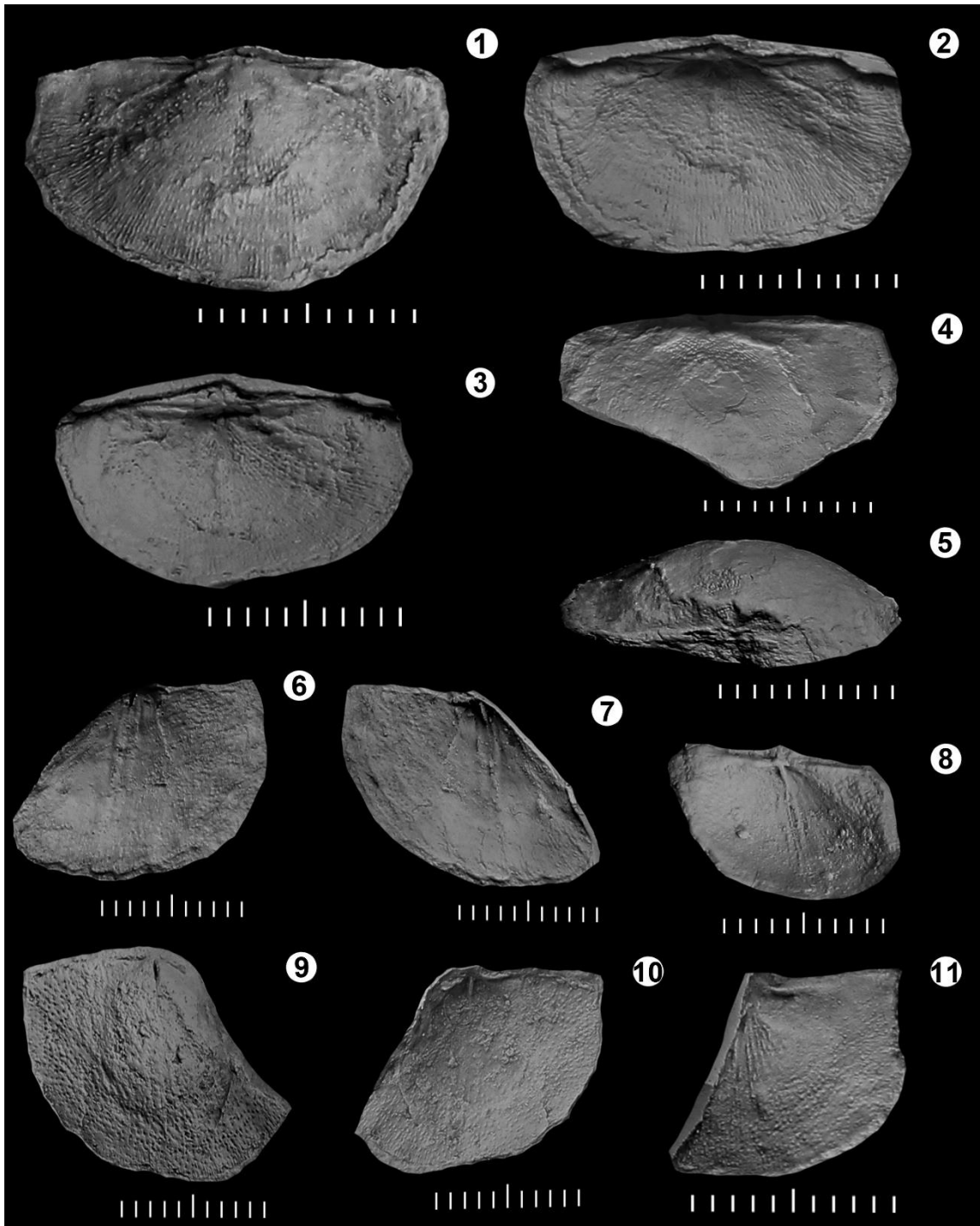
Comparando con *Neochonetes pegnonensis* de la Formación Río del Peñón, se asemejan en el perfil ligeramente cóncavo-convexo. Solo algunos especímenes de Río del Peñón exhiben el ancho máximo cercano a la línea cardinal, tal como el material aquí

descrito. Sin embargo, se diferencian en que *N. pegnonensis* es menos transverso que los especímenes de las FH y FCAN; la relación A/L es 1,1–1,3 vs 1,5–1,6, respectivamente. Además *N. pegnonensis* es de menor tamaño y carece de seno ventral. El miofragma es más corto en la especie de Río del Peñón siendo de aproximadamente 1/7 de la longitud de la valva, diferente a 1/3 del material de FH y FCAN. La ornamentación de capilas posee distinta densidad, siendo 4–5/ mm en *N. pegnonensis* y de 5–6/ mm en las formas aquí estudiadas.

Las muestras provenientes del primer nivel fosilífero de la FH y del primer nivel fosilífero de la FCAN, exhiben marcadas similitudes con las formas documentadas en la Sierra de Barreal y atribuidas a *N. (N.) granulifer*. Por este motivo se asigna el material de estudio a esta especie, aunque tomando cierto resguardo de los caracteres; septo medio dorsal, ángulo de divergencia de las crestas del anderidio, y además la variabilidad observada en el desarrollo del seno ventral, no obstante este último carácter es variable dentro de los representantes del género. De esta manera, *Neochonetes (Neochonetes) granulifer* podría considerarse un elemento calve para biocorrelaciones regionales, ya que permitiría asimilar las faunas del primer nivel fosilífero de la FH, tanto como de la FCAN en la Fauna de *Marginovatia-Maemia*, documentada en la sierra de Barreal. A su vez ésta ocurrencia representa el primer registro formal de *N. (N.) granulifer* en la Comarca Neuquina. Por otra parte taxón reafirma la ocurrencia de esta especie en la Cordillera Frontal de San Juan, donde había sido citada previamente por Taboada (1999).



**Figura 14.** 1–14, *Neochonetes (Neochonetes) granulifer* (Owen, 1852), 1 y 4, MOZ-PI 8990 molde externo de valva ventral y molde de silicona de exterior de valva ventral, en vista ventral. 2, MOZ-PI 8983 molde externo de valva ventral. 3, MOZ-PI 9014 molde de silicona de exterior de valva ventral en vista ventral. 5, MOZ-PI 9114 molde interno de valva ventral, vista ventral. 6, MOZ-PI 9009b molde interno de valva ventral, vista ventral. 7, MOZ-PI 9923b molde interno de valva ventral, vista ventral. 8, MOZ-PI 9044b molde de silicona de interior de valva ventral, vista dorsal. 9, MOZ-PI 9016a molde de silicona de interior de valva ventral, vista dorsal. 10, MOZ-PI 9095 molde de silicona de interior de valva dorsal, vista ventral. 11, MOZ-PI 9009a molde de silicona de interior de valva dorsal, vista ventral. 12, MOZ-PI 9018 molde externo de valva dorsal. 13, MOZ-PI 9125 moldes internos de valvas ventrales. 14, MOZ-PI 9135a, b, y c moldes de siliconas de valva ventral e interiores dorsales, respectivamente. Escala gráfica = 10 mm.



**Figura 15.** 1–11, *Neochonetes (Neochonetes) granulifer* (Owen, 1852). 1–3, LIEB-PI 638 cara y contracara de valva ventral; 1, vista ventral; 2, molde de silicona; 3, detalle del interárea. 4–5, LIEB-PI 636 molde interno de valva ventral; 4, vista ventral; 5, vista postero-ventral. 6–7, LIEB-PI 634a molde interno de valva ventral; 6, vista ventral; 7, molde de silicona. 8, LIEB-PI 633 molde de silicona de interior de valva ventral, vista ventral. 9–10, LIEB-PI 631a molde interno de valva ventral; 9, vista ventral; 10, molde de silicona. 11, LIEB-PI 641 molde de silicona de interior de valva dorsal. Escala gráfica = 10 mm.

Subfamilia SVALBARDIINAE Archbold, 1982

## Género *Tivertonia* Archbold, 1983

**Especie tipo.** *Lissochonetes yarrolensis* Maxwell, 1954a, de la Formación Yarrol (Sakmariano), Queensland, este de Australia. Por designación original.

**Observaciones.** *Tivertonia* es un género típicamente gondwánico de acotada distribución estratigráfica y geográfica, registrado en Argentina, este de Australia, Nueva Zelanda y noroeste del Himalaya, su rango comprendería desde el Moscoviano–Artinskiano temprano, y Argentina sería el sitio donde posee su rango más completo (Cisterna & Simanaukas, 2000; Cisterna *et al.*, 2002b; Taboada, 2006, 2010; Limarino *et al.*, 2013; Cesari *et al.*, 2011). Desde el punto de vista bioestratigráfico este género es relevante debido a que una especie asignada al mismo integra la biozona de *Tivertonia jachalensis*–*Streptorhynchus inaequiornatus* (Sabattini *et al.*, 1990) ampliamente documentada en el centro-oeste argentino durante el Pennsylvaniano.

*Tivertonia* se caracteriza por exhibir una conchilla lisa, de contorno subelíptico con el ancho máximo ubicado a mitad de la longitud valvar, perfil levemente cóncavo-convexo, espinas cardinales finas y cortas, en bajo ángulo. El cardinalio exhibe proceso cardinal ligeramente protuberante, alveolo distintivo, septo medio dorsal largo, septos accesorios, crestas fosetales prominentes y subparalelas al margen cardinal, y crestas braquiales indistintas. Apicalio con miofragma corto de aproximadamente 1/5 de la longitud valvar, cresta baja que se extiende hasta la mitad de la valva, dientes robustos y endospinas en arreglo de hileras radiales (Archbold, 1983; Racheboeuf, 2000).

*Tivertonia* se asemeja a *Lissochonetes* Dunbar & Condra, 1932 debido a que son lisos externamente, pero se diferencian en que *Lissochonetes* exhibe espinas cardinales largas (casi de la mitad de la longitud de la valva), un amplio seno ventral y su correspondiente pliegue dorsal, el ancho máximo de la conchilla se ubica en el margen cardinal y el septo medio dorsal tiene desarrollo variable. Por otro, lado también se asemeja a *Komiellanetes* Correa *et al.*, 2022, y *Svalbardia*, Barchatova, 1970, pero se diferencia debido a que estos últimos poseen perfil de la valva dorsal plano, conchillas sólidas y un septo medio dorsal fuertemente desarrollado (Archbold, 1983; Correa *et al.*, 2022).

### *Tivertonia jachalensis* (Amos, 1961a)

Figuras 16 y 17.1–17.9

**Materiales.** Cara y contra de valvas dorsales MOZ-PI 9220, 9327b. Moldes internos de valvas ventrales MOZ-PI 9224, 9229, 9231, 9234, 9236c, 9240b, 9259, 9274a, 9279, 9281b, 9294, 9300, 9313, 9341, 9342, 9343, 9284a y b, 9298, LIEB-PI 689, 691a, b, 692, 702a, b, 703a. Moldes externos de valvas ventrales MOZ-PI 9236b, 9344, 9284b, 9291. Cara y contra de valva dorsal MOZ-PI 9211. Interior de valva ventral MOZ-PI 9251. Moldes internos de valvas dorsales MOZ-PI 9216, 9236a, 9240a, 9256, 9245, 9271, 9285, 9290, 9299, LIEB-PI 690, 693a, 701. Moldes externos de valvas dorsales MOZ-PI 9223a y b, 9281c, 9345. Otro material fragmentario MOZ-PI 9238b, 9253, 9275, 9270, 9282 a, b y c, 9162, LIEB-PI 688, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 704, 705.

**Procedencia geográfica.** MOZ-PI, Cerro Minas al pie occidental de la Cordillera del Viento, Andacollo, Neuquén. LIEB-PI, Quebrada de las Tranquitas de Abajo, tributario del arroyo de Agua Negra en inmediaciones del Puesto de gendarmería nacional Guardia Vieja, quebrada de Agua Negra, San Juan.

**Procedencia estratigráfica.** MOZ-PI, Sección media de la Formación Huaraco (Comarca Neuquina), segundo nivel fosilífero. LIEB-PI, Sección basal de la Formación Cerro Agua Negra, segundo nivel fosilífero, Formación Cerro Agua Negra.

**Descripción.** Conétido de conchilla mediana, contorno transverso, perfil moderadamente cóncavo-convexo, externamente liso, aunque exhibe líneas concéntricas levemente marcadas, dimensiones máximas de 22 mm de ancho y 15,5 mm de largo, con relación A/L promedio de 1,58.

Valva ventral de contorno transverso (subelíptico), ancho máximo a mitad de la longitud valvar, márgenes laterales y el anterior de contorno redondeado. Perfil moderadamente convexo, con la mitad anterior fuertemente incurvada, y el margen anterior ligeramente plano. Vientre bien definido, umbón poco acuminado y levemente protuberante. Interárea baja. Valva lisa externamente, aunque exhibe tenues líneas concéntricas. Apicalio con septo medio ventral o miofragma que se extiende hasta la mitad de la longitud valvar, robusto posteriormente, y fuertemente estrecho anteriormente. Cicatrices de músculos aductores pequeñas y ovaladas, próximas a la base del miofragma. Cicatrices de músculos diductores grandes y aparentemente de contorno



subtriangular, se extienden aproximadamente hasta la mitad de la longitud valvar. Pseudopuntos con taleolas, dispuestos de manera radial.

Valva dorsal de contorno transverso, subéptico, perfil moderadamente cóncavo, con el tercio anterior fuertemente arqueado. Cardinalio con septo medio dorsal simple, se prolonga hasta la mitad de la longitud valvar, finos septos accesorios, divergen en ángulo de aproximadamente 10° con respecto al septo medio dorsal. Crestas del anderidio (o crurales) moderadamente robustas, divergen respecto del septo medio dorsal en ángulo de 30–35°. Crestas fosetales relativamente robustas y subparalelas al margen cardinal. Alveolo bien desarrollado. Crestas braquiales regularmente impresas, se desarrollan cerca de las crestas del anderidio. Pseudopuntos con taleolas distribuidos en hileras regulares y radiales, abundantes por fuera del campo muscular.

**Discusión.** El conjunto de caracteres exhibidos por los especímenes provenientes del segundo nivel fosilífero de la FH y de la FCAN, permiten incluirlos en el género *Tivertonia* Archbold, ampliamente documentado en las cuencas Neopaleozoicas de Argentina. Dicho género está presente mediante la especie *Tivertonia jachalensis* (Amos, 1961a), fósil guía que se documenta en las formaciones Río del Peñón y Quebrada Larga (Subcuenca Río Blanco) (Antelo, 1972; Cisterna & Simanaukas, 2000); formaciones Agua del Jagüel, Santa Elena y Del Salto (Subcuenca Calingasta-Uspallata) (Taboada, 1998, 2006, 2014); Formación Tupe (Cuenca Paganzo) (Leanza, 1945; Cisterna *et al.*, 2002b). También en afloramientos cisuralianos (tanto del centro-oeste como del este argentino) con *Tivertonia leanzai* Taboada, 2006 proveniente de la Formación Cerdón del Jagüel (Taboada, 2006; Limarino *et al.*, 2013), y *Tivertonia pillahuincensis* (Harrington, 1955) de la Formación Bonete (Sakmariano), Cuenca Sauce Grande Colorado o Claromecó (Harrington, 1955; Taboada, 2006). Por otra parte, se ha citado la ocurrencia de *Tivertonia* sp., en Patagonia en las Formaciones Mojón de Hierro y Río Genoa, Cuenca Tepuel-Genoa (Pagani & Taboada, 2011).

Nuestros especímenes asignados a *T. jachalensis*, comparten con los ejemplares tipo (Leanza, 1945; Cisterna *et al.*, 2002b) similitud en contorno subelíptico con ancho máximo a mitad de la longitud valvar, contornos laterales y anterior redondeados, perfil moderadamente cóncavo-convexo que se arquea drásticamente en la mitad anterior, y el umbón poco protuberante. Internamente, los materiales analizados, así como los del centro-oeste argentino, presentan crestas braquiales moderadamente impresas con los márgenes internos rectos. El miofragma exhibido por los especímenes de la Formación

Huaraco, es similar a los descriptos por Cisterna *et al.* (2002b), para especímenes provenientes de la Formación Tupe, tanto en forma como en longitud. Por otro lado, en ambos taxones las crestas del anderidio divergen en ángulo de 25–35°. Diferencias sutiles se observan en la relación promedio A/L y los tamaños relativos, siendo de 1,4–1,5 en *T. jachalensis*, y de 1,58 en los ejemplares de la Formación Huaraco. Respecto al tamaño, los ejemplares descriptos por Leanza (1945) y Taboada (2006) son más pequeños que los de Andacollo, no obstante Cisterna *et al.* (2002b) describe especímenes de tamaños comparables a estos últimos (*e.g.*, 21 mm de ancho y 15 mm de longitud). Lamentablemente, las espinas cardinales no se preservaron, lo cual habría permitido una comparación más precisa.

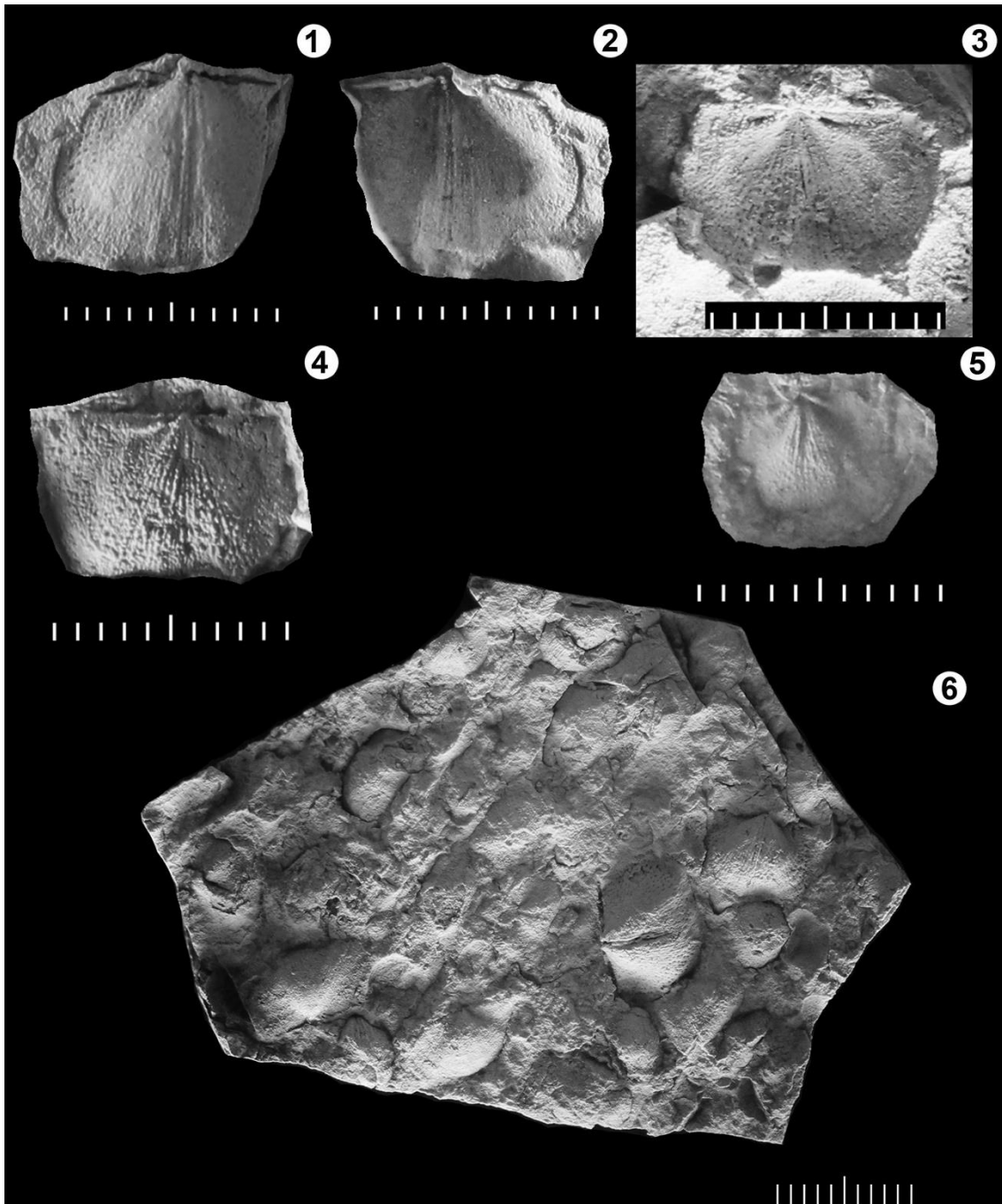
*T. leanzai* de la Formación Cordón del Jagüel, descrita por Taboada (2006), posee contorno subelíptico, perfil cóncavo-convexo y tamaño similar a los ejemplares aquí estudiados. Internamente tanto el material de Huaraco como el de Cordón del Jagüel poseen crestas fosetales subparalelas al margen cardinal y foramen bien definido. Sin embargo, *T. leanzai* exhibe perfil de la valva dorsal menos cóncavo, cardinalio con crestas braquiales débilmente impresas, y septo medio dorsal relativamente más largo, caracteres distintos a los exhibidos por los ejemplares de Andacollo.

*T. pillahuincensis* de la Formación Bonete, descrita por Harrington (1955), se asemeja a las muestras de FH y FCAN en, contorno subelítico con ancho máximo ubicado a mitad de la longitud valvar, contornos laterales y anterior redondeados y umbón levemente protuberante. Pero, *T. pillahuincensis* exhibe perfil levemente plano-convexo de la conchilla, y un tamaño relativo menor (relación A/L 1,3 vs 1,5–1,6) condición diferente a la observada en el material de Huaraco y Agua Negra. Respecto a caracteres internos, *T. pillahuincensis* exhibe apicalio con miofragma robusto y conspicuo, con una longitud relativa de dos tercios la longitud de la valva, mientras que en los especímenes de Andacollo no supera la mitad de la longitud valvar. Además, *T. pillahuincensis* posee proceso cardinal robusto y bien desarrollado, septo medio dorsal tan largo como el ventral, y crestas braquiales pobremente impresas, caracteres diferentes a los exhibidos por los especímenes de Andacollo.

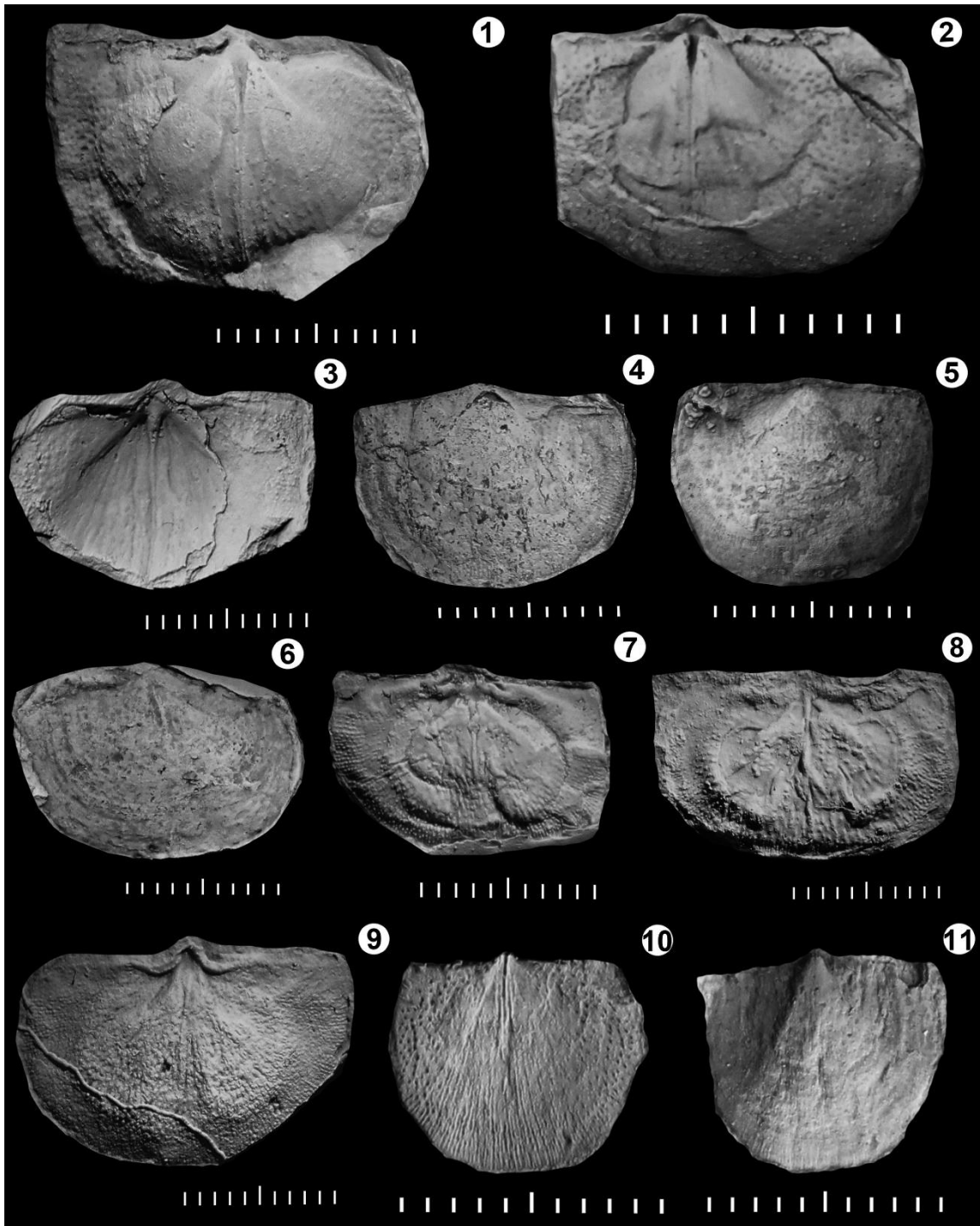
Los materiales provenientes del segundo nivel fosilífero de la FH y de la FCAN, son asignados a la especie *T. jachalensis*, en base a las similitudes expuestas. La ocurrencia de este taxón en la Cuenca Neuquén, expande su distribución geográfica hasta estas latitudes, a la vez que permite el reconocimiento de la Biozona *Tivertonia jachalensis-Streptorhynchus inaequiornatus*. Consecuentemente se incluye la fauna del

segundo nivel fosilífero, en la mencionada biozona. La determinación taxonómica de *T. jachalensis* corrobora formalmente la ocurrencia de esta especie en las Formación Huaraco, cuya identidad preliminar, fue dada a conocer por Taboada *et al.*, (2014). Autores pioneros tales como Leanza (1945) y Zöllner & Amos (1955) ya habían dado a conocer la ocurrencia de un taxón afín a *T. jachalensis*, con la antigua denominación *Chonetes* sp.

Por otra parte, el presente trabajo también corrobora la ocurrencia de *Tivertonia jachalensis* en la capa coquinoide correspondiente al segundo nivel fosilífero de la Formación Cerro Agua Negra, que aflora en la quebrada de las Tranquitas de Abajo, tal como había sido mencionado por otros autores (Costas, 1964; Polanski, 1970; Gutiérrez *et al.*, 1994; Taboada, 1999, entre otros).



**Figura 16.** 1–6, *Tivertonia jachalensis* (Amos, 1961a). 1–2, LIEB-PI 689, molde interno de valva ventral, 1, vista ventral, 2, molde de silicona en vista dorsal. 3–4, LIEB-PI 690, molde interno de valva dorsal, 1, vista dorsal, 2, molde de silicona. 5, LIEB-PI 693a, molde interno de valva dorsal, molde de silicona. 6, LIEB-PI 703a, molde interno de valva dorsal en muestra de coquina. Escala gráfica = 10 mm.



**Figura 17.** 1–9, *Tivertonia jachalensis* (Amos, 1961a), 1, MOZ-PI 9251, molde interno de valva ventral, vista ventral. 2, MOZ-PI 9234 molde interno de valva ventral, vista ventral. 3, MOZ-PI 9300 interior de valva ventral, vista dorsal. 4, MOZ-PI 9284 exterior de valva ventral decorticada, vista ventral. 5, MOZ-PI 9298 exterior de valva ventral decorticada, vista ventral. 6, MOZ-PI 9344 molde de silicona de exterior de valva ventral, vista ventral. 7, MOZ-PI 9285 molde de silicona de interior de valva dorsal, vista ventral. 8, MOZ-PI 9327 molde de silicona de interior de valva dorsal, vista ventral. 9, MOZ-PI 9216, molde de silicona de interior de valva dorsal, vista ventral. 10–11, *Gonzalezius naranjoensis*? Taboada, 2004, 10, MOZ-PI 9867 molde interno de valva ventral, vista ventral. 11, MOZ-PI 9855 molde de silicona de exterior de valva ventral, vista ventral. Escala gráfica = 10 mm.

Familia ANOPLIIDAE Muir-Wood, 1962

Subfamilia CAENANOPLIINAE Archbold, 1980

Género *Gonzalezius* Taboada, 2004

**Especie tipo:** *Gonzalezius naranjoensis* Taboada, 2004 de la Formación San Eduardo (Carbonífero medio a superior), Subcuenca Calingasta-Uspallata, Cordón del Naranjo, provincia de San Juan, Argentina. Por designación original.

**Observaciones.** *Gonzalezius* fue definido en estratos carboníferos del centro-oeste de Argentina. Dicho taxón se incluye en la Subfamilia Caenanopliinae que agrupa conétidos con tamaños variables, desde pequeños a medianos (*i.e.*, 5–20 mm de longitud, *sensu* Racheboeuf, 2000), ocasionalmente tan anchos como largos, y comúnmente de perfil fuertemente cóncavo-convexo, y ornamentación de costillas radiales o capilas. Asimismo, se caracterizan por poseer proceso cardinal con alveolo, uno o varios pares de septos accesorios (Bladelike), a veces reemplazados por crestas irregulares, y ocasionalmente brevis septo dorsal (más pequeño que los septos accesorios). *Gonzalezius* se caracteriza por exhibir conchilla de contorno subcircular y perfil plano-convexo o débilmente cóncavo-convexo, ornamentación fisicostulada y líneas concéntricas de crecimiento. Espinas cardinales ortomorfas oblicuas dispuestas simétricamente. Apicalio, con fino miofragma y dientes paralelos al área cardinal. Cardinalio con alveolo, y dos o más finos septos accesorios moderadamente divergentes; sin septo medio y sin anderidio. Hasta el momento solo posee registros en la localidad y formación donde fue definido originalmente (Taboada, 2004; Racheboeuf, 2007), aunque Taboada (2010) lo menciona (sin una descripción detallada) en Quebrada del Barrancón, en estratos atribuidos a la sección basal de la Formación Pituil

*Gonzalezius naranjoensis* Taboada, 2004

Figura 18

2004 *Gonzalezius naranjoensis* Taboada, p. 413–415, lám 5. Figs. A–I.

**Materiales.** 13 ejemplares, algunos en buen estado de preservación. Valvas articuladas LIEB-PI 646. Moldes internos de valvas ventrales LIEB-PI 645, 647, 648, 649, 652, 653, 654. Moldes externos de valvas ventrales LIEB-PI 656, 644, 651. Molde externo de valva dorsal LIEB-PI 650. Otro material fragmentario LIEB-PI 655.

**Procedencia geográfica.** Cordillera Frontal, en inmediaciones del Paso Internacional de Agua Negra, San Juan.

**Procedencia estratigráfica.** Sección basal de la Formación Cerro Agua Negra, nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Conchilla pequeña a mediana de contorno semicircular, perfil levemente cóncavo-convexo, con umbón acuminado y levemente protuberante, ornamentada con capilas radiales y líneas concéntricas débiles, dimensiones máximas de 12,9 mm de ancho y 11 mm de largo, con relación A/L promedio de 1,14. Espinas ortomorfas oblicuas distribuidas simétricamente.

Valva ventral de contorno semicircular, levemente extendida en sentido antero-posterior, y ancho máximo coincidente con el margen cardinal. Perfil moderadamente convexo, mayor convexidad en la región visceral, y aplanándose levemente hacia anterior. Umbón acuminado y levemente protuberante, aurículas extendidas, aplanadas y diferenciadas del vientre. Espinas cardinales ortomorfas oblicuas con ángulo de inclinación de 60–65° respecto del margen cardinal. Con longitudes de 2–2,9 mm, distribuidas simétricamente respecto del plano sagital, contabilizándose hasta 5 en cada lado (*e.g.*, LIEB-PI 647; Fig. 18.5). Interárea pequeña, altura máxima de 1 mm (medido en LIEB-PI 650). Ornamentación de capilas radiales con densidad de 5–6/ mm (medido en el margen anterior). Líneas concéntricas regulares, levemente marcadas, con densidad de 2/ mm (medido en el margen posterolateral). Apicalio, con miofragma fino, engrosado en su quinto posterior, extendiéndose aproximadamente 1/2 (o hasta 2/3) de la longitud valvar (*e.g.*, 7,5 mm en LIEB-PI 645; Fig. 18.1). Dientes pequeños, de aproximadamente 1 mm de longitud, orientados subparalelamente al margen cardinal. Endopuntos densamente distribuidos en aurículas y bordes laterales. La ornamentación externa se hace visible en el margen anterior.

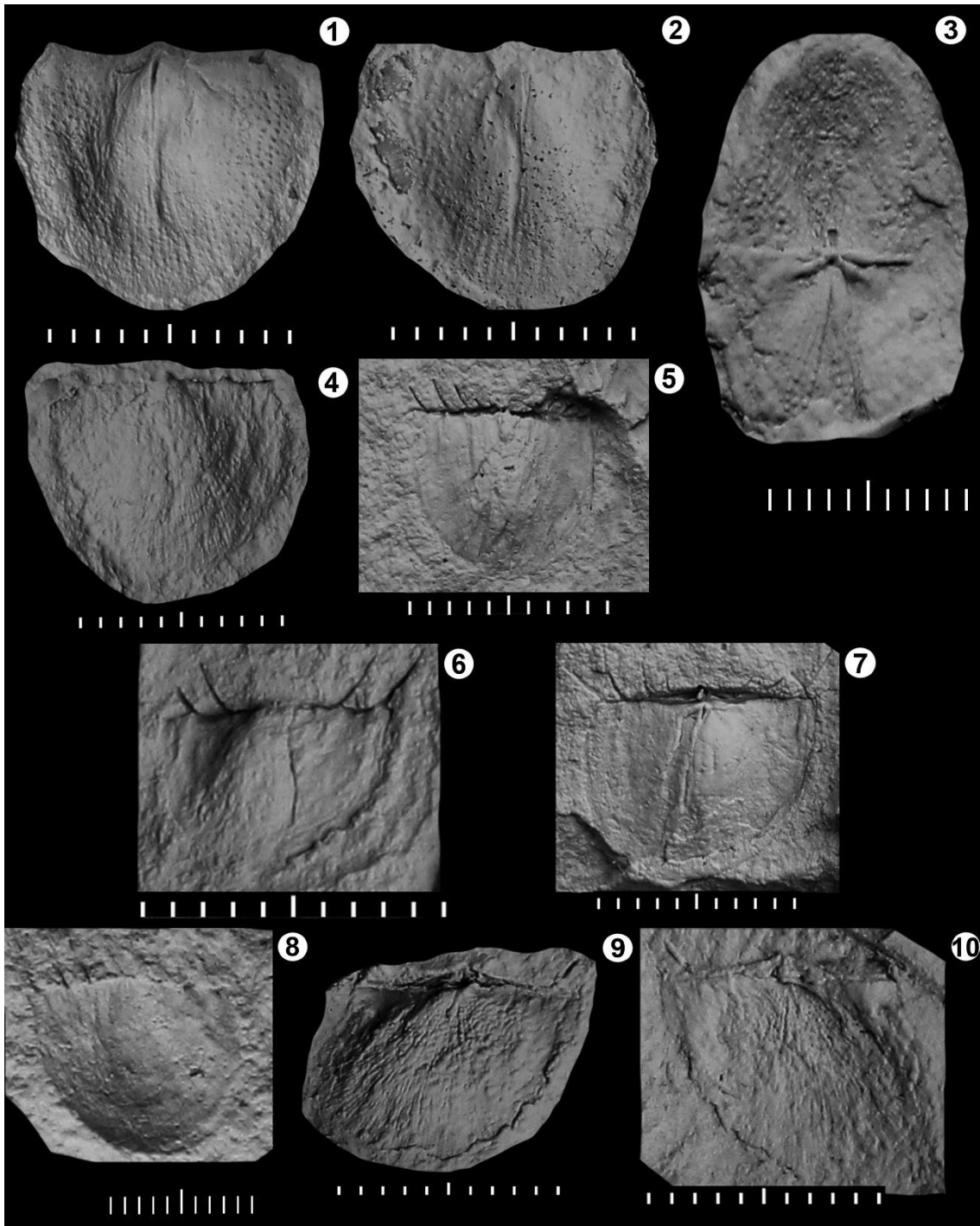
Valva dorsal de contorno semicircular y ancho máximo en el margen cardinal, perfil plano a ligeramente cóncavo, interárea pequeña de aproximadamente 0,6 mm de alto (medido en LIEB-PI 652). Cardinalio, con crestas fosetales internas robustas y ligeramente curvadas, aunque el extremo apical coincidente con el margen cardinal. Crestas fosetales externas más cortas y subparalelas al margen cardinal. Proceso cardinal con alveolo. Septos accesorios finos, divergentes entre sí, aproximadamente 20° y 35°,

respectivamente (con el proceso cardinal como vértice). La región que comprende a los septos accesorios delimita un área triangular (con el alveolo como vértice) que se encuentra sobrelevada del resto de la superficie valvar. No pudieron observarse otros caracteres.

**Discusión.** Las muestras provenientes del primer nivel fosilífero de la Formación Cerro Agua Negra, exhiben un conjunto de caracteres morfológicos que permiten incluirlos en el género *Gonzalezius*, reconocido en los términos superiores de la sección III de Taboada (2004) para la Formación San Eduardo. Los especímenes analizados son estrechamente comparables con los especímenes tipo de *Gonzalezius naranjoensis*, exhibiendo similitudes en contorno y perfil, además el rango de tamaños es comparable (desde pequeños a medianos), y el ancho máximo de la conchilla se ubica en el margen cardinal. También exhiben similitud en las espinas cardinales, siendo ortomorfas oblicuas, simétricas y estimándose hasta 10, con ángulo de inclinación de 60–65°. Internamente se asemejan en que, las valvas dorsales exhiben crestas fosetales robustas, con alveolo conspicuo, septos accesorios ubicados dentro de un área sobrelevada de forma subtriangular. En la valva ventral, tanto el material del Cordón del Naranjo como el de Cerro Agua Negra exhiben un miofragma delgado y largo, que en su quinto posterior es más robusto, los dientes tienen similares características, alargados y subparalelos al margen cardinal. Finalmente, poseen la misma densidad de líneas concéntricas (2/ mm). No obstante, la densidad de capilas radiales difiere entre ambos, siendo 7–8/ mm en los anteriales de la Formación San Eduardo y de 5–6/ mm en las muestras de la FCAN, aunque este carácter podría estar sesgado por el estado de preservación de estos últimos, y además solo se midió en 2 especímenes.

La imposibilidad de apreciar con mayor detalle la densidad de capilas radiales en otras muestras, y en vista de las grandes similitudes observadas en el resto de los caracteres, nos permite incluir los materiales del primer nivel fosilífero de la FCAN en la especie *Gonzalezius naranjoensis*. De esta manera se amplía el rango de distribución geográfica para esta especie hasta la Cordillera Frontal, a la vez que constituye el primer registro formal en la Formación Cerro Agua Negra.





**Figura 18.** 1–10, *Gonzalezius naranjoensis* Taboada, 2004. 1–2, LIEB-PI 645 molde interno de valva ventral; 1, vista ventral; 2, molde de silicona. 3, LIEB-PI 646 molde de silicona de valvas articuladas. 4, LIEB-PI 653 molde de silicona de exterior de valva ventral. 5, LIEB-PI 647 molde interno de valva ventral, vista ventral. 6, LIEB-PI 654 molde interno de valva ventral, vista ventral. 7, LIEB-PI 652 molde interno de valva ventral, vista ventral. 8, LIEB-PI 644 molde interno de valva ventral, vista ventral. 9–10, LIEB-PI 650 molde externo de valva dorsal; 9, vista ventral; 10, molde de silicona. Escala gráfica = 10 mm, excepto 3 y 8, escala gráfica = 5 mm.

*Gonzalezius naranjoensis?* Taboada, 2004

Figura 17.10–17.11

**Materiales.** Dos especímenes, molde interno de valva ventral, MOZ-PI 9867. Molde externo de valva ventral, MOZ-PI 9855.

**Procedencia geográfica.** Cerro San Pedro, al pie occidental de la Cordillera del viento, Andacollo, Neuquén.

**Procedencia estratigráfica.** Sección media de la Formación Huaraco (Engolfamiento Neuquino), nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Valva ventral, de tamaño pequeño a mediano, contorno semicircular a ligeramente subcuadrangular, perfil ligeramente convexo, con mayor convexidad en la región visceral, y dimensiones máximas de 10 mm de ancho y 8,2 mm de largo, con relación A/L promedio de 1,2. Ancho máximo coincidente con el margen cardinal. Umbón acuminado y levemente protuberante. Aurículas aplanadas y diferenciadas del vientre, ligeramente extendidas. Exhibe ornamentación de capilas radiales con densidad de 5–6/ mm (medido en el margen anterior). Líneas concéntricas uniformes y levemente marcadas. Apicalio con miofragma fino, levemente más engrosado en su tercio posterior, longitud de aproximadamente la mitad del largo total de la valva (*e.g.*, 3,9 mm, en el ejemplar MOZ-PI 9867). La valva exhibe endopuntos densamente distribuidos en las aurículas y bordes laterales. La ornamentación externa (capilas), es visible internamente, pero solo en el margen anterior.

**Discusión.** Los especímenes analizados, exhiben caracteres morfológicos con grandes afinidades con *Gonzalezius*, reconocido en los términos superiores de la sección III de Taboada (2004) de la Formación San Eduardo. Al comparar con los ejemplares de *Gonzalezius naranjoensis* provenientes de la localidad tipo, se destaca que, ambos exhiben contorno ventral semicircular, el mismo rango de tamaños (pequeños a medianos), y el ancho máximo es coincidente con el margen cardinal. Tanto el material de Andacollo como el del Cordón del Naranja, exhiben un miofragma delgado y largo, que alcanza una longitud de un medio de la longitud valvar, y es levemente más engrosado en su parte posterior. La densidad de capilas es ligeramente diferente, 7–8/ mm en *G. naranjoensis* y 5–6/ mm en las muestras de la Formación Huaraco. No obstante, este carácter puede estar influenciado por el estado de preservación de las muestras, además

pudo medirse solamente en dos ejemplares. La imposibilidad de contar con especímenes articulados, impide una comparación de mayor detalle con la especie *G. naranjoensis*. Es por ello que, se determina a los especímenes del primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco como *Gonzalezius naranjoensis*?. Este representa el primer registro de este taxón en la Comarca Neuquina, ampliando la distribución geográfica del mismo. La obtención de nuevo material de estudio, permitirá definir con mayor precisión dicha asignación taxonómica.

Orden ORTHOTETIDA Waagen, 1884

Suborden ORTHOTETIDINA Waagen, 1884

Superfamilia ORTHOTETOIDEA Waagen, 1884

Familia SCHUCHERTELLIDAE Williams, 1953

Subfamilia STREPTORHYNCHINAE Stheli, 1954

Género *Streptorhynchus* King, 1850

**Especie tipo.** *Terebratulites pelargonatus* Schlotheim, 1816 de la Formación Zechstein (Pérmico), Gera, Alemania. Por designación original.

**Observaciones.** *Streptorhynchus* es un género cosmopolita, registrado en niveles carboníferos a pérmicos (Muir-Wood & Williams, 1965). En Argentina este género está representado por la especie *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza, 1945, ampliamente registrada en las cuencas del centro-oeste de Argentina durante el Pennsylvaniano, y además nomina la biozona de *Tivertonia-Streptorhynchus*.

*Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza, 1945

Figura 19

1945 *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza, p. 286–291, Pl. 3, fig. 1–6, Pl. 4, fig. 19, Pl. 5, fig. 6.

1972 *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza; Antelo, p. 164, Pl. 1, fig. 2.

v. 2002 *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza; Cisterna, Simanaukas & Archbold, p. 182–186, fig. 3 A–J, fig. 4 A–J.

2010 *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza; Cisterna, p. 487–491, fig. 3 N.

2014 *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza; Taboada, p. 226–242, fig. 3.3–7.

**Materiales.** Cuatro especímenes fragmentarios. Molde interno de dorsal ventral CPBA 24627. Molde interno de valva ventral CPBA 24628. Otro material fragmentario CPBA 24612b y 24622.

**Procedencia geográfica.** CPBA 24612b y CPBA 24622, proveniente de Quebrada de La Horqueta, aproximadamente 8 km al sur del Río Diamante. CPBA 24627 y CPBA 24628 proveniente de Arroyo del Imperial, aproximadamente 7 km al norte del Río Diamante, San Rafael, Mendoza, Argentina.

**Procedencia estratigráfica.** Sección Inferior del Miembro Inferior de la Formación El Imperial.

**Descripción.** Conchilla de contorno subelíptico, perfil biconvexo, ornamentada con finas costillas radiales y líneas concéntricas. Dimensiones máximas de 38 mm de ancho y 24 mm de largo, y relación promedio A/L de 1,58.

Valva ventral de perfil ligeramente convexo a aplanada, contorno subelíptico, ornamentación de costillas radiales finas, y líneas concéntricas débiles. El umbón es protuberante y no incurvado hacia el margen cardinal. Interárea aparentemente apsaclina.

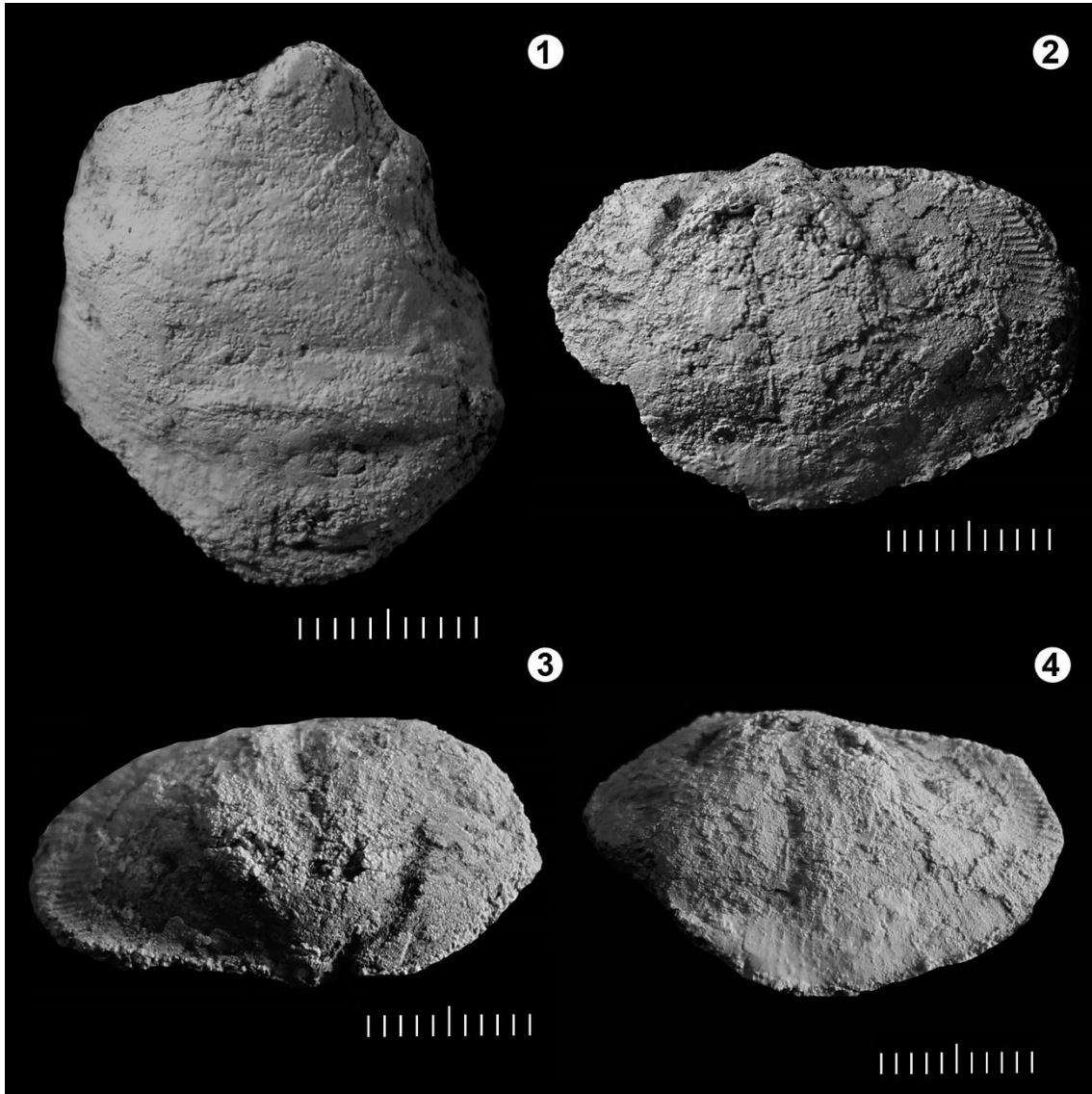
Valva dorsal de contorno transversal y subelíptico, con el ancho máximo ubicado a mitad de la longitud valvar, línea articular menor que el ancho máximo. Perfil convexo, siendo la valva fuertemente convexa en la mitad posterior, y levemente convexa en la mitad anterior. Exhibe ornamentación de costillas radiales finas, y otras levemente más gruesas, la densidad de las mismas es 10/ 5 mm medido en el flanco derecho. El umbón es poco protuberante y está incurvado hacia el margen cardinal.

**Discusión.** El conjunto de caracteres presentes en los especímenes de la Formación El Imperial, permiten su asignación al género *Streptorhynchus* (Muir-Wood & Williams, 1965; Williams *et al.*, 2000). Los especímenes de la Formación El Imperial, aunque mal preservados, comparten caracteres específicos, tales como, patrón y densidad de costillas, contorno y perfil, los que permiten asignarle una condición co-específica con los ejemplares tipo de *S. inaequioratus*. Esta especie fue mencionada por Polanski (1970) para la Formación El Imperial en la localidad Arroyo del Imperial (ver también, Sabattini *et al.*, 1990).

Los especímenes de *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza provenientes de Quebrada de La Herradura (Leanza, 1945; Cisterna *et al.*, 2002b) son similares a los especímenes de la Formación El Imperial debido a que exhiben contorno subelíptico y transversal, perfil convexo de la valva dorsal, y levemente convexo a aplanado de la valva ventral. La ornamentación es similar en ambos, costillas radiales, equidimensionales y finas, con similar densidad 10 vs 10–12/ 5 mm.

Los especímenes de *Streptorhynchus inaequiornatus*, provenientes de la Formación Agua del Jagüel (Taboada, 2014) comparten con los especímenes de la Formación El Imperial, contorno subelíptico, perfil biconvexo y similar tamaño. La ornamentación es similar con delgadas costillas radiales equidimensionales, con similar densidad 10 vs 12/ 5 mm.

*Streptorhynchus?* sp., proveniente de la Formación Río del Peñón (Cisterna & Simanaukas, 2000), se distingue de los especímenes de la Formación El Imperial por exhibir un tamaño más pequeño, contorno menos transversal, y costillas levemente más gruesas.



**Figura 19.** 1–4, *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza, 1945, 1, CPBA 24628 molde interno de valva ventral, vista ventral. 2–4, CPBA 24627 molde interno de valva dorsal; 2, vista ventral; 3, vista postero-dorsal; 4, vista anterior. Escala gráfica = 10 mm.

*Streptorhynchus* sp.

Figura 20

**Materiales.** Cuatro ejemplares entre los que se cuentan, un molde interno de valva ventral LIEB-PI 585a, y tres moldes internos de valva dorsal LIEB-PI 584a, 586, 587a.

**Procedencia geográfica.** Inmediaciones de Quebrada Redonda, 20 km al este de Hilario, Sierra del Tontal, San Juan.

**Procedencia estratigráfica:** entre el segundo y tercer nivel de conglomerados, aproximadamente 10 metros por encima del segundo nivel de conglomerados, Miembro de Conglomerados (III), Formación Ciénaga Larga del Tontal.

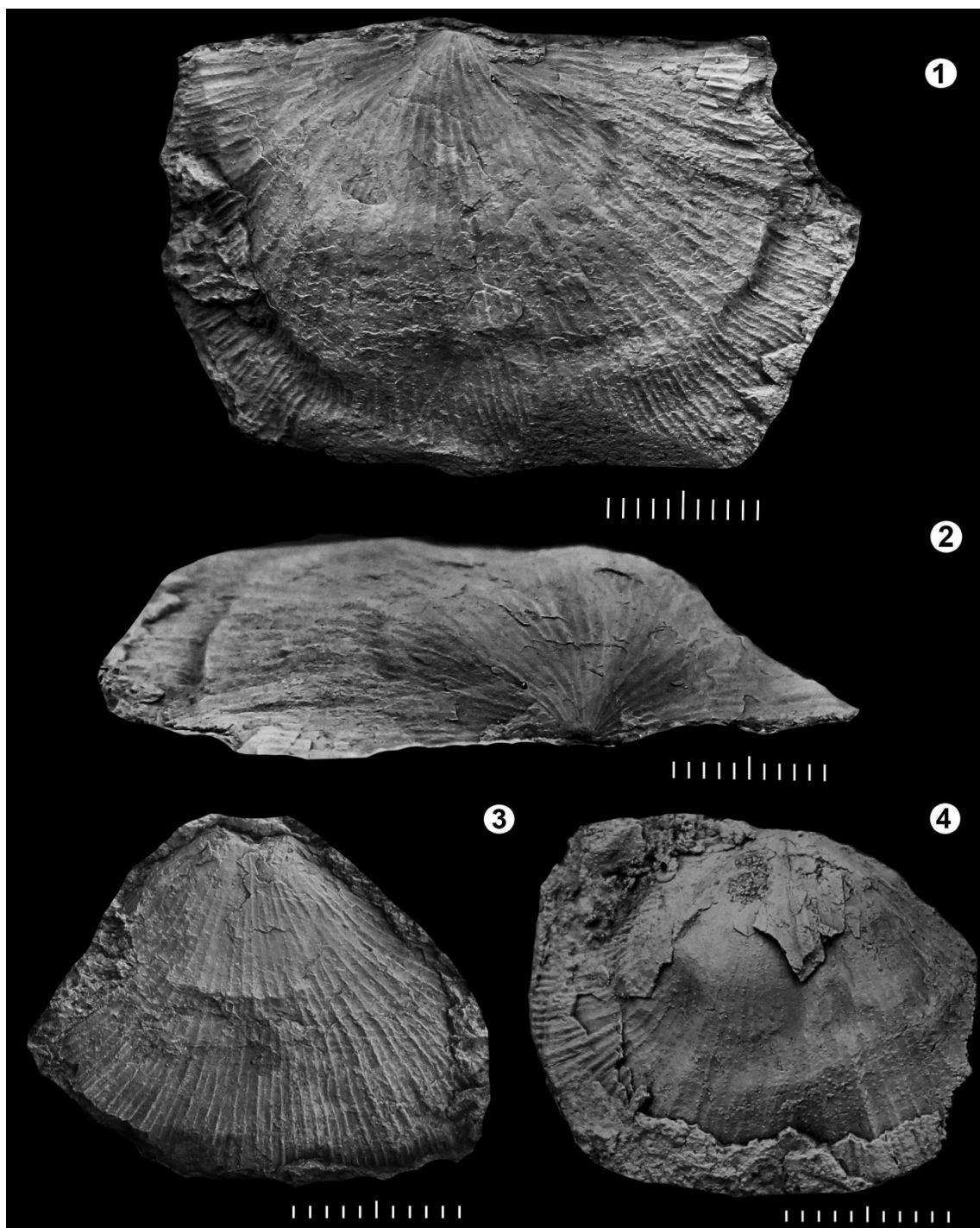
**Descripción.** Conchilla grande, transversa de contorno subelíptico, perfil dorsibiconvexo, ornamentada con finas costillas radiales. Dimensiones máximas de 54 mm de ancho y 34 mm de largo con relación A/L promedio de 1,46.

Valva ventral de contorno subcircular, levemente transversa (aunque el material es parcial), perfil ligeramente convexo a plano, umbón protuberante y recto, no incurvado hacia el margen cardinal. Ornamentación de costillas radiales finas, que se incrementan en número por bifurcación y por intercalación. Densidad de costillas radiales en el umbón 3/ mm (medido a 5 mm desde el umbón). Interespacios del doble de tamaño que las costillas.

Valva dorsal, de contorno transverso subelíptico a subrectangular (aunque el material es parcial), ancho máximo a mitad de la longitud valvar, perfil moderadamente convexo, con mayor convexidad en la mitad anterior. Aurículas desarrolladas y aplanadas, aparentemente exhibe tenue seno, evidente a partir del tercio posterior hasta la comisura. Umbón agudo y ligeramente protuberante. Ornamentación de costillas radiales finas, en la región umbonal se incrementan principalmente por bifurcación, y en el margen anterior por bifurcación e intercalación. Densidad de costillas en la región umbonal de 2/ mm (medido a 5 mm del umbón), mientras que en el margen anterior de 3/ mm. Exhibe costillas de dos grosores, de sección angulosa. En el espacio entre las costillas más gruesas, se cuentan 2–5 costillas más finas. Interespacios anchos, doble de tamaño que las costillas. La valva también exhibe estrías o arrugas concéntricas que dan aspecto imbricado o perfil escalonado, cada arruga está separada de otra por una distancia de 10 mm. No se pueden observar otros caracteres.

**Discusión.** Los materiales de la FCLT exhiben un conjunto de caracteres con grandes afinidades con *Streptorhynchus*. Este género posee registros en Argentina y es un elemento conspicuo en las faunas del centro-oeste argentino. Los especímenes aquí descritos comparten con la especie conspicua *S. inaequiornatus*, documentada por Cisterna *et al.* (2002b) para la Formación Tupe, el gran tamaño (50 mm vs 54 mm, respectivamente), el patrón de costillas de dos órdenes (o grosores) de tamaño en el margen anterior (5 costillas en *S. inaequiornatus*, y 2–5 en los ejemplares de la FCLT).

Sin embargo, exhiben diferencias, tales como, perfil de la valva dorsal menos subgloboso en los materiales de la FCLT, aunque esto podría deberse a la preservación de las muestras. La imposibilidad de observar caracteres internos impiden una determinación taxonómica más precisa, por este motivo se determinan a los materiales procedentes de la FCLT como *Streptorhynchus* sp., dicho registro constituye el primero para el género en la FCLT.





**Figura 20.** 1–4, *Streptorhynchus* sp. 1–2, LIEB-PI 584a molde interno de valva dorsal; 1, visa dorsal; 2, vista postero-dorsal. 3, LIEB-PI 585a molde interno de valva ventral, vista ventral. 4, LIEB-PI 586 molde interno de valva dorsal. 4, vista dorsal. Escala gráfica = 10 mm.

Clase RHYNCHONELLATA Williams, Howard, Brunton & Cocks, 1996

Orden SPIRIFERINIDA Ivanova, 1972

Suborden SPIRIFERINIDINA Ivanova, 1972

Superfamilia SYRINGOTHYRIDOIDEA Frederiks, 1926

Familia SYRINGOTHYRIDIDAE Frederiks, 1926

**Observaciones.** La familia Syringothyrididae agrupa una serie de morfotaxones caracterizados por presentar conchillas puntuadas, estróficadas, transversas, ventribiconvexas, con interáreas bien desarrollada, comisuras uniplegadas, con pliegue dorsal y seno ventral. Los flancos están ornamentados con costillas simples y bien definidas. Su biocrón abarca desde el Devónico Tardío–Pérmico. Los syringotiridos fueron muy diversos y abundantes durante el Neopaleozoico, llegando a tener incluso distribución cosmopolita. Durante el Periodo Carbonífero los géneros más representativos de esta familia fueron, *Syringothyris* Winchell, 1863; *Septosyringothyris* Vandercammen, 1955; *Histosyrinx* Termier & Termier, 1974; *Permasyrinx* Waterhouse, 1983; *Asyrinxia* Campbell, 1957; *Pseudosyrinx* Weller, 1914; *Subansiria* Sahni & Srivastava, 1956; *Verkhotomia* Sokolskaya, 1963 (Carter & Johnson, 2006). En Argentina, y particularmente en la región centro-oeste, la familia Syringothyridae está representada por los géneros *Septosyringothyris* y *Syringothyris*, documentados en las cuencas Calingasta-Uspallata, Río Blanco, Paganzo y San Rafael (Leanza, 1945, 1948; Amos, 1957; Lech, 1986, Lech & Aceñolaza, 1987a; Cisterna & Simanaukas, 2000; Taboada, 2004, 2014).

### **Syringothyrididae indet.**

Figura 21

**Materiales.** Moldes internos de valvas dorsales MOZ-PI 9705a, 9706, 9709. Moldes externos de valvas dorsales MOZ-PI 9711, 9712. Otro material fragmentario MOZ-PI 9707, 9708, 9710.

**Procedencia geográfica.** Quebrada del arroyo Huaraco, Cerro San Pedro al pie occidental de la Cordillera del Viento, Andacollo, Neuquén.

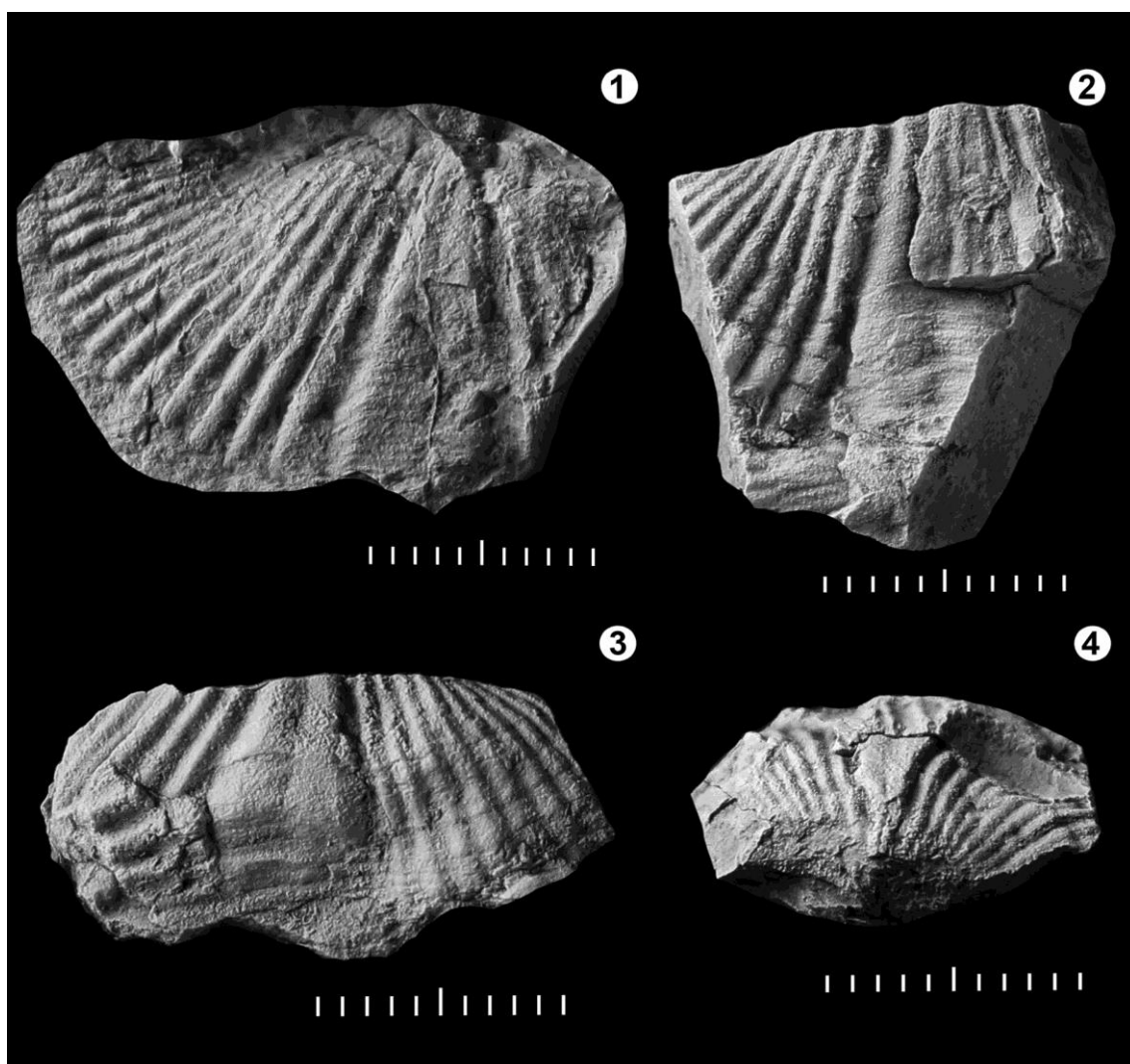
**Procedencia estratigráfica.** Sección media-superior de la Formación Huaraco (Comarca Neuquina), tercer nivel fosilífero.

**Descripción.** Valva dorsal de tamaño pequeño a mediano, contorno transverso, perfil ligeramente convexo, comisura uniplicada. Dimensiones máximas de 38 mm de ancho y 19 mm de largo, con relación A/L promedio de 2–2,5.

Exhibe un pliegue medio liso de sección aparentemente rectangular, que se ensancha anteriormente (*e.g.*, MOZ-PI 9711: 1,5 mm en el umbón y 8,5 mm en la comisura, y longitud de 17 mm). Flancos levemente convexos, aunque de apariencia aplanada, ornamentados con costillas radiales simples, gruesas y bien definidas, contabilizándose hasta 13 costillas por flanco, con grosores de aproximadamente 1,3 mm en promedio. Espacios intercostales estrechos (excepto en el ejemplar MOZ-PI 9711). Extremidades cardinales aparentemente angulosas. Entre los caracteres internos se destaca septo medio dorsal en el pliegue. Otros caracteres no son observables.

**Discusión.** Los caracteres morfológicos exhibidos por los especímenes del tercer nivel fosilífero de la Formación Huaraco, permiten incluirlo en la familia Syringothyrididae. Si bien el material no es suficiente para una comparación a nivel genérico, debido a que solo se cuentan con valvas dorsales fragmentarias, exhibe grandes similitudes con el género *Septosyringothyris*. Entre las características observadas, pliegue dorsal subrectangular y costillas gruesas, además de extremidades cardinales angulares, y perfil levemente convexo, la relación A/L es cercana a 2, como en las especies reconocidas del género *Septosyringothyris*.

Los especímenes analizados, corroboran la presencia de syringothyridos en la Formación Huaraco, la primera mención de representantes de esta familia fueron atribuidos a *Syringothyris keideli* Harrington, 1938, dada a conocer por Leanza (1945). Dichos syringothyridos permitieron datar la unidad como carbonífera. El presente trabajo corrobora la ocurrencia de especímenes pertenecientes a esta familia, sin poder realizar una determinación más precisa debido a la escasez y estado fragmentario del material.



**Figura 21.** 1–4, *Syringothyridae* indet. 1, MOZ-PI 9711, molde de silicona de valva dorsal, vista dorsal. 2, MOZ-PI 9706 molde interno de valva dorsal, vista dorsal. 3, MOZ-PI 9705a molde interno de valva dorsal. 4, MOZ-PI 9709, molde interno de valva dorsal. Escala gráfica = 10 mm.

Subfamilia SYRINGOTHYRIDINAE Frederiks, 1926

Género *Septosyringothyris* Vandercammen, 1955

**Especie tipo.** *Septosyringothyris demaneti* Vandercammen, 1955, del Carbonífero temprano de Bélgica. Por designación original.

**Observaciones.** *Septosyringothyris* Vandercammen es cosmopolita y está registrado en estratos carboníferos de Europa y Sudamérica. Dentro de las faunas marinas del Paleozoico superior del centro-oeste de Argentina *Septosyringothyris* es un elemento conspicuo y ubicuo, comprendiendo un amplio rango desde el Tournaisiano hasta el

Sakmariano (Cisterna, 2011). Si bien su morfología externa es muy similar a la del género *Syringothyris* Winchell, 1863, puede diferenciarse de éste, debido a que *Septosyringothyris* exhibe la valva ventral menos convexa, carente de forma subcónica y umbón moderado a fuertemente incurvado sobre la interárea. Por otra parte, *Septosyringothyris* presenta un conspicuo septo medio ventral que conecta la siringe con el piso de la valva, carácter no presente en *Syringothyris* (Carter & Johnson, 2006).

Recientemente, Cisterna (2011) realiza una caracterización morfológica y síntesis del registro de syringothyridos de tres intervalos temporales: Tournaisiano–Viséano, Serpukhoviano tardío–Bashkiriano y Moscoviano–Sakmariano. Los syringothyridos del Tournaisiano–Viséano se caracterizan por presentar siringe incompleta y en forma de cuña, y están asociados a la Fauna de *Michiganites scalabrinii*-*Azurduya chavelensis*, que se vincula a dicho intervalo. Aquellos del Serpukhoviano tardío–Bashkiriano presentan siringe tubular, placa deltirial y septo medio. Las especies representativas son *S. keideli* y *Septosyringothyris* sp. aff. *S. keideli*, asociados a la Fauna de *Levipustula* (Cisterna & Sterren, 2010, 2016). Los más jóvenes del intervalo Moscoviano–Sakmariano, se caracterizan por poseer una siringe grande encerrada parcialmente por una placa deltirial corta, carácter único entre los syringothyridos, por lo que se los asigna a un nuevo subgénero, endémico de la Precordillera argentina: *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) Cisterna, 2011, cuya especie tipo es *Septosyringothyris jaguelensis*. Algunas de las especies reconocidas (*i.e.*, *S. jaguensis*, *S. saltensis*) fueron sinonimizadas por Cisterna (2011), y actualmente solo se reconocen *S. jaguelensis* Lech, *Septosyringothyris* sp. aff. *S. jaguelensis*, *S. globosa* Lech, *S. feruglioi* (Amos), asociadas a la fauna moscoviana de *Tivertonia jachalensis*-*Streptorhynchus inaequiornatus*. Finalmente, *Septosyringothyris?* sp. Taboada, 1987, se encuentra en la Fauna de *Costatumulus* del Artinskiano tardío–Sakmariano temprano.

*Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) cf. *feruglioi* (Amos, 1957)

Figura 22

**Materiales.** Cinco especímenes fragmentarios. Molde interno de valva ventral CPBA 24610. Molde externo de valva ventral CPBA 24633a. Molde interno de valva dorsal CPBA 24632. Otro material fragmentario CPBA 24617a, CPBA 24619.

**Procedencia geográfica.** CPBA 24610, 24617a, 24619 provenientes de Quebrada de La Horqueta, aproximadamente 8 km al sur del Río Diamante. CPBA 24632, 24633a proveniente de Arroyo del Imperial, aproximadamente 7 km al norte del Río Diamante, San Rafael, Mendoza, Argentina.

**Procedencia estratigráfica.** Sección Inferior del Miembro Inferior de la Formación El Imperial.

**Descripción.** Conchilla grande, transversa, ventribiconvexa, pliegue y seno bien desarrollados, flancos ornamentados con costillas gruesas y espacios intercostales estrechos. Ancho y longitud máxima de 80 mm y 30 mm respectivamente, y relación A/L promedio de 2,6.

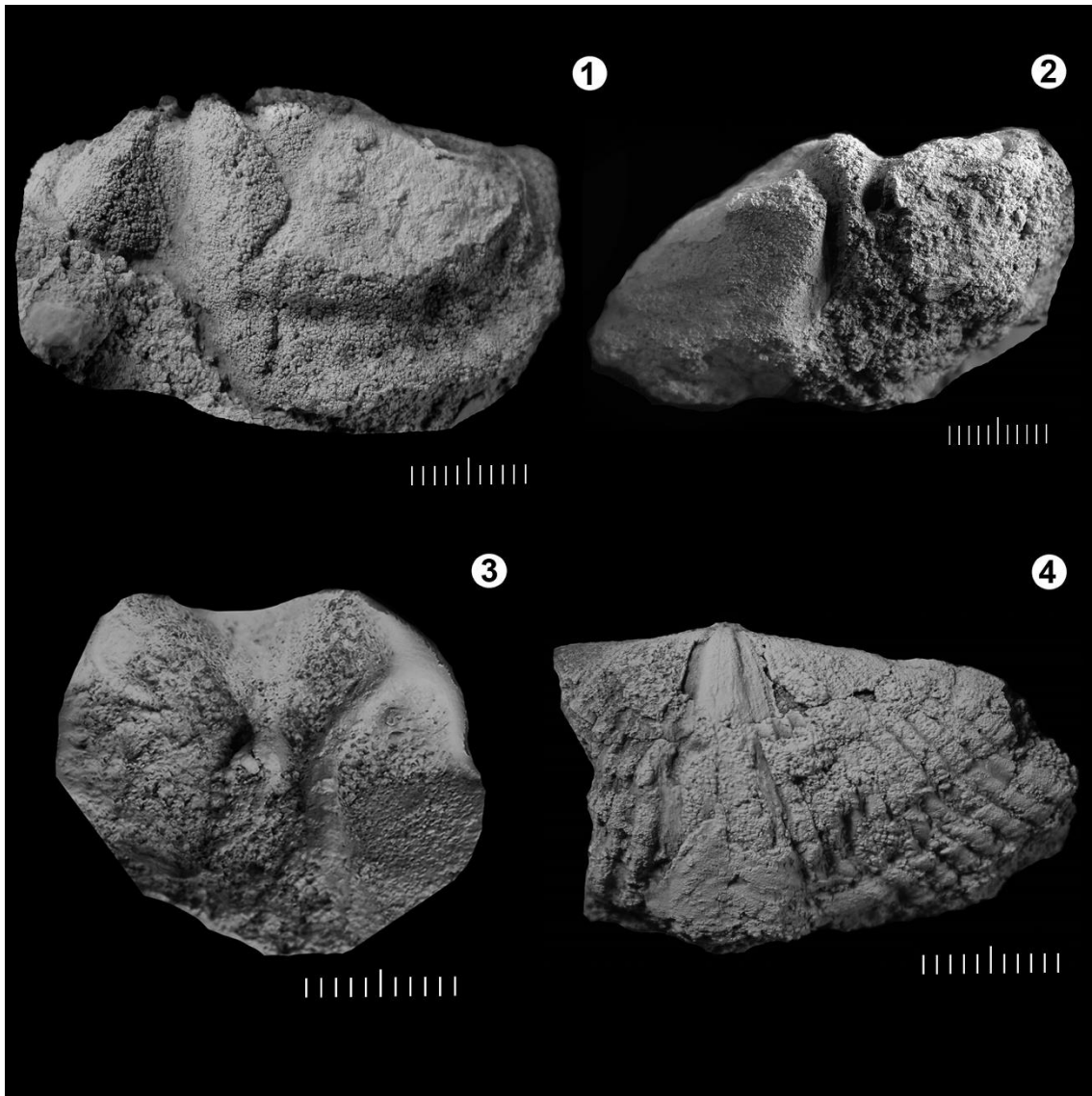
Valva ventral marcadamente transversa de perfil fuertemente convexo a hemipiramidal, ancho máximo ubicado cerca del margen cardinal, interárea alta (*e.g.*, 25 mm), plana a levemente cóncava. Deltirio triangular con ángulo estimado de 50°, placas dentales poco divergentes, y adminiculas fuertemente divergentes (aproximadamente 100° con la siringe como vértice), longitud de las adminiculas de 9 mm. Ápice umbonal con septo pequeño y ancho, que conecta una gran siringe enrollada (4 mm de diámetro) con el piso de la valva. La siringe gira en sentido horario (CPBA 24610; Fig. 22.3). Seno ancho, profundo y liso, bien diferenciado de las costillas. Flanco aplanado con ocho costillas gruesas, rectas.

Valva dorsal transversa, moderadamente convexa, umbón poco prominente e incurvado hacia el margen cardinal. Pliegue de sección subrectangular (aunque es más subcircular en el margen anterior), se ensancha anteriormente desde 3 mm en el umbón hasta 13,5 mm en la comisura, con ángulo aproximado de 25° (medido en el ejemplar CPBA 24632), y con una longitud de 28,5 mm. Flancos aplanados a suavemente convexos ornamentados, cada uno, con 10 costillas muy gruesas (1,8 mm de ancho) de sección subcircular y espacios intercostales más estrechos que las costillas (0,6 mm de ancho).

**Discusión.** El conjunto de caracteres exhibidos por los especímenes de la Formación El Imperial, sugieren su asignación al género *Septosyringothyris*. Los especímenes estudiados provienen de la misma localidad y nivel fosilífero que la especie *Septosyringothyris (Precosyringothyris) feruglioi* descrita por Amos (1957), asignación taxonómica recientemente establecida por Cisterna (2011), quien observó un septo medio

que conecta una siringe enrollada con el piso de la valva, en especímenes provenientes de la Formación Río del Peñón. Al comparar los materiales de la Formación El Imperial con *Septosyringothyris (Precosyringothyris) ferugloi*, ambos comparten perfil hemipiramidal de la valva ventral con interáreas con una altura de aproximadamente un tercio del ancho. También, comparten seno ventral bien definido y en forma de “U”, flancos ligeramente aplanados con costillas simples y redondeadas, separadas por estrechos espacios intercostales. La siringe enrollada es similar en ambas especies, con un tamaño y forma similar, con un corto y ancho septo medio ventral que conecta la siringe al piso de la valva. Pero difieren en la cantidad de costillas en los flancos. *S. (P.) ferugloi* posee 12–14 costillas, mientras el material analizado exhibe 8–9 costillas (subestimado por el estado de preservación). Sin embargo, Cisterna (2011) establece que el patrón de cantidad de costillas, ángulo umbonal, ángulo deltoidal y curvatura del área umbonal, son caracteres variables y estarían asociados a la ontogenia. Por otro lado, los caracteres descritos para los especímenes de la Formación El Imperial, también son compartidos con los ejemplares atribuidos a *S. (P.) ferugloi* por Lech & Aceñolaza (1987a), procedentes de la Formación Río del Peñón.

En base al conjunto de caracteres analizados, y particularmente la siringe enrollada, se determina a los materiales del Miembro Inferior de la Formación El Imperial como *Septosyringothyris (Precosyringothyris) cf. ferugloi*; la deficiente preservación del material y su estado fragmentario, no permite mayor definición taxonómica.



**Figura 22.** 1–4, *Septosyringothyris (Precosyringothyris) cf. feruglioi* (Amos, 1957), 1–3, CPBA 24610 molde interno de valva ventral; 1, vista antero-ventral; 2, vista postero-ventral; 3, molde de silicona de interior de valva ventral, en vista posterior. 4, CPBA 24633a, molde compuesto de valva dorsal en vista dorsal. Escala gráfica = 10 mm.

*Septosyringothyris (Precosyringothyris) cf. jaguelensis* Lech, 1986

Figura 23

**Materiales.** Veinte especímenes fragmentarios. Molde compuesto de valva ventral CPBA 24624 y 24625. Molde compuesto de valva dorsal CPBA 24602 y 24603. Molde interno de valva ventral CPBA 24630. Moldes externos de valvas ventrales CPBA 24611, 24612a, 24623a. Moldes externos de valvas dorsales CPBA 24631 y 24636. Otro material CPBA 24604, 24606, 24607, 24613a, 24614, 24616, 24618, 24620a, 24629, 24638, 24639a, 24640a.

**Procedencia geográfica.** CPBA 24602, 24603, 24604, 24606, 24607, 24611, 24612a, 24613a, 24614, 24616, 24618, 24620a, 24623a, 24624, 24625 provenientes de Quebrada de La Horqueta, aproximadamente 8 km al sur del Río Diamante. CPBA 24629, 24630, 24631, 24636, 24638, 24639a, 24640a proveniente de Arroyo del Imperial, aproximadamente 7 km al norte del Río Diamante, San Rafael, Mendoza, Argentina.

**Procedencia estratigráfica.** Sección inferior del Miembro Inferior de la Formación El Imperial.

**Descripción.** Conchilla grande, transversa, ventribiconvexa, ornamentada con costillas gruesas. Dimensiones máximas: 64 mm de ancho y 24 mm de largo con relación A/L promedio de 2,01.

Valva ventral, de perfil fuertemente convexo a hemipiramidal, transversa, seno liso y en forma de “U” que se ensancha anteriormente. Umbón agudo, recto a levemente incurvado hacia la interárea. Flancos levemente convexos a aplanados ornamentados cada uno con 8–12 costillas gruesas (aproximadamente 1,3 mm de ancho) de sección redondeada y separadas por espacios intercostales estrechos (aproximadamente 0,6 mm de ancho). Interárea subtriangular, alta (hasta 20 mm), plana a ligeramente cóncava. Deltirio triangular más alto que ancho (20 mm y 17 mm, respectivamente), con ángulo deltirial de aproximadamente 55°. Siringe tubular (3,5 mm de diámetro). Placas dentales divergentes. Pequeño y fino septo medio ventral que conecta la siringe con el piso de la valva.

Valva dorsal, transversa (relación A/L de 2,6 medido en un único ejemplar). Extremidades cardinales redondeadas. Umbón poco prominente e incurvado hacia la interárea. Pliegue de sección subrectangular, que se ensancha anteriormente, desde 4 mm en el umbón hasta 13 mm en la comisura, con ángulo promedio de 27,5°, y una longitud de 24 mm. Flancos levemente convexos, ornamentados con 13 costillas, de sección subcircular, y espacios intercostales estrechos (0,6 mm de ancho). Internamente exhibe un septo medio dorsal que alcanza hasta 11 mm de longitud. Lateralmente a éste se ubican las someras fosetas dentales, de 6 mm de longitud.

**Discusión.** El material estudiado es estrechamente comparable a la especie *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) *jaguelensis* Lech, 1986, proveniente de los

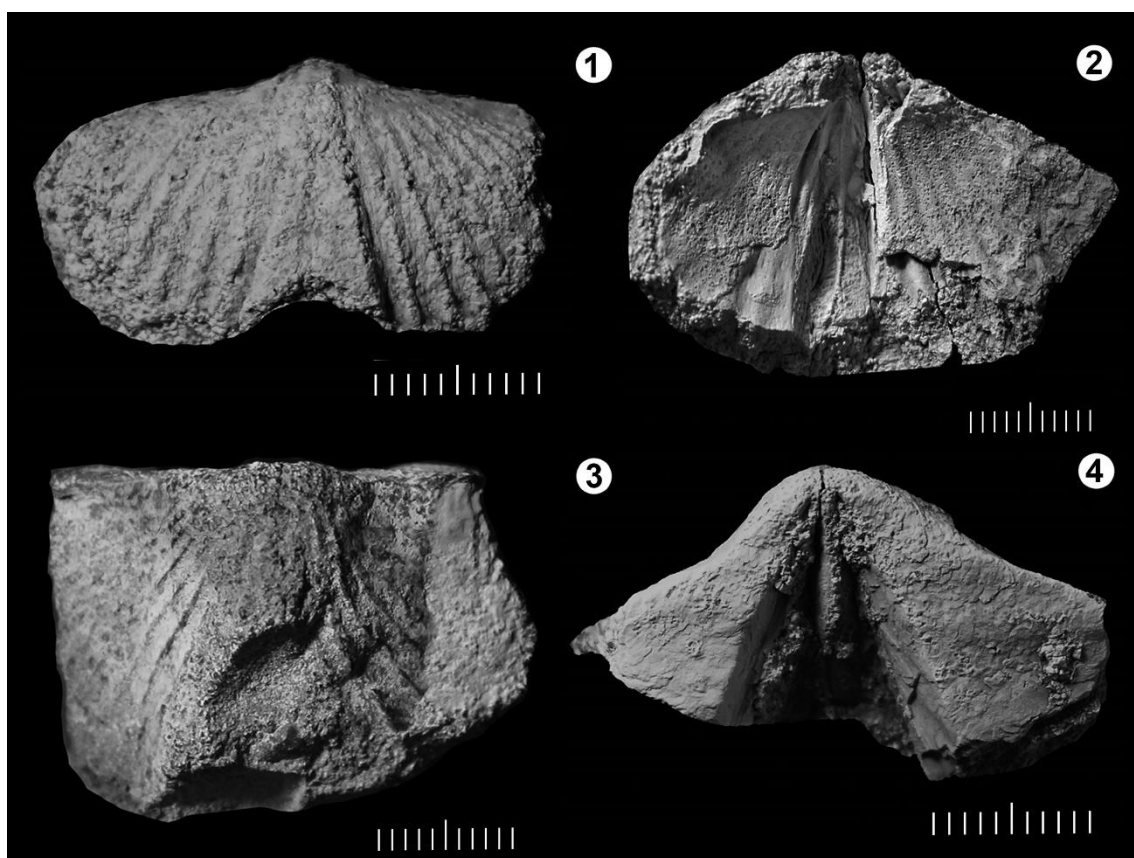


niveles superiores de la Formación Agua del Jagüel. Comparte con la misma, el gran tamaño (64 mm vs 79 mm), contorno transverso (relación A/L de 2,1 vs 2,07), valva ventral de perfil moderadamente convexo, con umbón recto a levemente incurvado y seno liso en forma de “U”. La interárea es ligeramente cóncava en ambas muestras, el ángulo deltirial exhibido por el material del Imperial es de 55°, el cual está dentro del rango de 45°–57° de la especie de Lech. La valva dorsal de los materiales del Imperial se asemeja a la de *S. (P.) jaguelensis* en que presentan pliegue medio de sección subrectangular, flancos levemente convexos, y umbón incurvado hacia la interárea. Además, el material del Imperial, presenta septo medio dorsal de aproximadamente la mitad de la longitud de la valva, carácter compartido con *S. (P.) jaguelensis*. Diferencias particulares se observan en que los ejemplares del Imperial, exhiben extremidades cardinales redondeadas y flancos con hasta 13 costillas, mientras que en *S. (P.) jaguelensis* las extremidades cardinales son agudas y exhiben hasta 15 costillas. Sin embargo, estas últimas características, sumadas a la curvatura de la interárea, sección del pliegue, los ángulos umbonal y deltirial, son muy variables dentro de *Septosyringothyris* y deberían ser tomados con cautela ya que serían dependientes de la ontogenia. Además, el ápice umbonal de la valva ventral es una parte que se erosiona fácilmente, tornando difícil la determinación taxonómica (Cisterna, 2011).

Al comparar con la especie *Septosyringothyris keideli* (Harrington, en Keidel & Harrington, 1938) proveniente de la Formación Leoncito, se destaca similitud en el contorno transverso, perfil ventribiconvexo, y costillas gruesas. Sin embargo, se evidencian diferencias puntuales como que el material del Imperial no presenta el umbón ventral fuertemente incurvado hacia la interárea, y esta última estructura es ligeramente cóncava, mientras que en *S. keideli*, el umbón está fuertemente incurvado, y la interárea es fuertemente cóncava. El ángulo deltirial también es diferente: de 55° en el material del Imperial, y de 30° en *S. keideli*. El seno está bien definido en las muestras del Imperial, mientras que en la especie de Harrington está poco diferenciado de los flancos y es somero. Finalmente, las extremidades cardinales son redondeadas en el material del Imperial, mientras que en *S. keideli* son agudas a subrectangulares.

Basados en el conjunto de caracteres descriptos para los especímenes de la Formación El Imperial, especialmente el tamaño de la conchilla, relación A/L, ápice umbonal levemente incurvado hacia la interárea, y un septo medio dorsal largo, permiten identificar a *S. (P.) cf. jaguelensis*. Nuevo material donde puedan observarse los

caracteres internos de la valva ventral, y tomar más medidas morfométricas podrían ayudarnos a actualizar el registro de este género en la Formación El Imperial.



**Figura 23.** 1–4, *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) cf. *jaguelensis* Lech, 1986, 1, CPBA 24631 molde externo de valva dorsal, vista dorsal. 2, CPBA 24623a interior de valva dorsal, vista ventral. 3–4, CPBA 24630 molde interno de valva ventral; 3, vista ventral; 4, vista postero-ventral. Escala gráfica = 10 mm.

*Septosyringothyris* sp.

Figura 24.1–5

**Materiales.** 13 ejemplares, entre los que se cuentan. Molde interno de valva ventral LIEB-PI 587b. Molde interno de valva dorsal LIEB-PI 595a. Molde externo de valva dorsal LIEB-PI 595b. Otro material fragmentario LIEB-PI 587c, d, e, 596, 597, 598, 599, 600a, 601a, 602.

**Procedencia geográfica.** Inmediaciones de Quebrada Redonda, 20 km al este de Hilario, Sierra del Tontal, San Juan.

**Procedencia estratigráfica:** entre el segundo y tercer nivel de conglomerados, aproximadamente 10 metros por encima del segundo nivel de conglomerados, Miembro de Conglomerados (III), Formación Ciénaga Larga del Tontal.

**Descripción.** Conchilla grande, transversa, ventribiconvexa, comisura uniplegada y ornamentada con costillas simples y gruesas. Dimensiones máximas (medido en espécimen LIEB-PI 587a), 92 mm de ancho y 34 mm de largo (subestimado) con relación A/L promedio de 2,31.

Valva ventral, hemipiramidal posteriormente, contorno fuertemente transverso, seno liso y estrecho que se ensancha anteriormente. Ápice umbonal agudo y recto (posiblemente debido a la preservación). Extremidades cardinales redondeadas. Flancos levemente convexos a aplanados, ornamentados con costillas simples y gruesas, de sección redondeada, y separadas por espacios intercostales estrechos. Interárea aplanada a levemente cóncava, de contorno subtriangular, altura de 26 mm. Deltirio subtriangular, más alto que ancho, ángulo deltirial de 50°. Admuniculas con ángulo de divergencia de 65°. Septo medio ventral fino (incompleto). No se observan otros caracteres.

Valva dorsal de contorno transverso y perfil convexo. Extremidades cardinales redondeadas. Umbón poco prominente e incurvado hacia la interárea. Pliegue liso, de sección subrectangular (en ejemplar juvenil, LIEB-PI 595a), que se ensancha anteriormente. Flancos levemente convexos ornamentados con hasta 13 costillas simples, gruesas (2,7–3 mm de grosor), y de sección subredondeada, con espacios intercostales estrechos (aproximadamente 0,7 mm). Exhibe ornamentación de líneas concéntricas, que brindan aspecto imbricado, y microornamentación de líneas más tenues con densidad de 2/ mm, medido a mitad de la longitud valvar. Internamente, se destaca un septo medio dorsal fino de aproximadamente un cuarto de la longitud total (5 mm).

**Discusión.** Las muestras de la FCLT se asemejan a *S. jaguelensis* de la Formación Agua del Jagüel, en contorno transverso, perfil ventribiconvexo y la presencia de un umbón agudo y casi recto. También el pliegue dorsal exhibe características similares, de sección subrectangular con un leve seno medio. La interárea es levemente cóncava en *S. jaguelensis* similar a las muestras de FCLT. Finalmente, el ángulo deltirial de la especie de Lech, varía entre 45–57°, rango que incluye a los 50° medido en un único ejemplar de la Sierra del Tontal. Sin embargo, difieren en septo medio ventral aparentemente más robusto en *S. jaguelensis*. Septo medio dorsal, se extiende hasta la mitad de la longitud

valvar en la especie de Lech, mientras que, en los ejemplares de la FCLT se extiende hasta un cuarto (*i.e.*, LIEB-PI 595a; Fig. 24.4).

Al comparar las muestras de la FCLT con *S. keideli*, se destaca similitud en el contorno y perfil. Sin embargo, la especie de Harrington sería menos transversa (relación promedio A/L de 1,86 vs 2,3, ver cuadro en Keidel & Harrington, 1938) y el ápice umbonal es más incurvado hacia el interarea en *S. keideli* que en los especímenes analizados. La interárea es leve a fuertemente cóncava en el material de Leoncito, y levemente cóncava a plana en los especímenes de la Sierra del Tontal. Por otra parte, Lech *et al.* (1998) documentan a *Septosyringothyris* aff. *S. saltensis*, en el último nivel fosilífero de la FCLT. Estos materiales presentan una forma y tamaño similares a los aquí descritos, además de un área cardinal ligeramente cóncava con ángulo deltirial similar a las formas documentadas en este trabajo (57° vs 50°). No obstante, los especímenes de Lech *et al.* (1998), son fragmentarios y no acordes para una adecuada comparación, además cabe aclarar que fueron reasignados por Cisterna (2011) a *S. (P.) jaguelensis*.

Los especímenes provenientes de la Sierra del Tontal tienen más afinidades con la especie *S. jaguelensis*, que con *S. keideli*, aunque también exhiben diferencias (*e.g.*, estructuras internas). No obstante, la imposibilidad de observar mayor detalle de las estructuras internas, área deltirial y extremidades cardinales, impide mayor resolución taxonómica para estos materiales. *Septosyringothyris* sp., de las inmediaciones de Quebrada Redonda, amplía la distribución estratigráfica del género para esta formación, debido a que con anterioridad Banchig *et al.* (1997) y Lech *et al.* (1998), habían registrado *Septosyringothyris* aff. *S. saltensis*, para el nivel fosilífero 5, ubicado en el Miembro de Calizas y Pelitas, de dicha unidad.

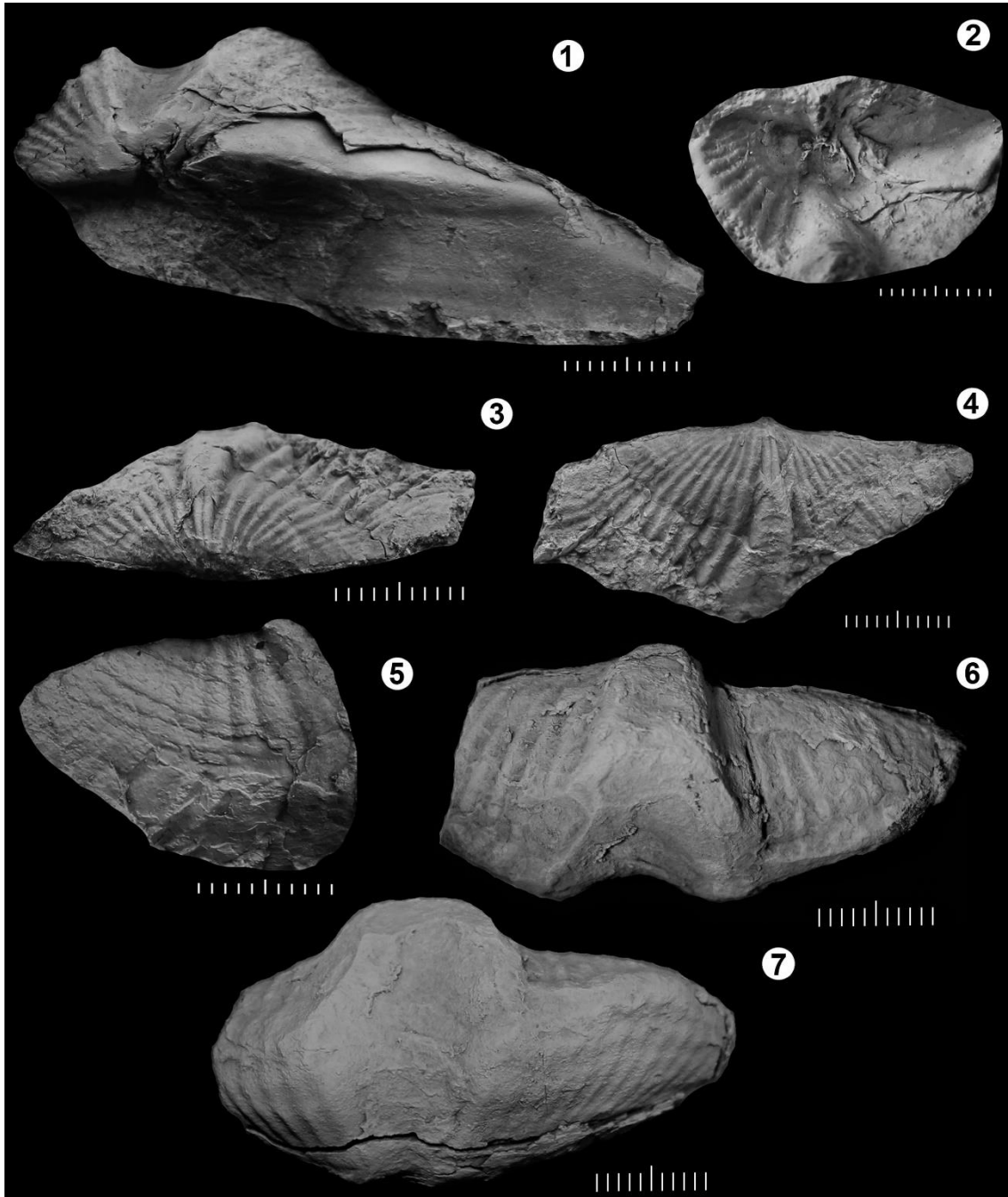


Figura 24. 1–5, *Septosyringothyris* sp. 1–2, LIEB-PI 587b molde interno de valva ventral; 1, vista postero-ventral; 2, interior en molde de silicona. 3–4, LIEB-PI 595a molde interno de valva dorsal. 3, vista postero-dorsal; 4, vista dorsal. 5, LIEB-PI 601a molde de silicona de fragmento de valva dorsal. 6–7, *Septosyringothyris?* sp., MHNSR-Pi-CN 2 steinkern; 6, vista dorsal; 7, vista anterior. Escala gráfica = 10 mm.

*Septosyringothyris?* sp.

Figura 24.6–7

**Materiales.** Molde interno de un espécimen articulado (steinkern), parcialmente preservado MHNSR-Pi-CN 2.

**Procedencia geográfica.** Cañón del Atuel, aproximadamente 10 km al este del embalse El Nihuil, lindante con la Ruta Provincial N° 173. San Rafael, Mendoza, Argentina.

**Proveniencia estratigráfica.** Sección superior del Miembro Cabecera del Cañón, Formación El Imperial.

**Descripción.** Conchilla de tamaño mediano, contorno fuertemente transverso, perfil ventribiconvexo, y flancos ornamentados con costillas gruesas y amplios espacios en forma de “U”, y con extremidades cardinales redondeadas. Dimensiones máximas de 64 mm de ancho y 22 mm de largo y relación A/L de 2,9.

Valva ventral de perfil fuertemente convexo, interárea triangular, alto de la valva de aproximadamente 22 mm. Seno liso, ancho, y somero, incrementando su tamaño hacia anterior desde 3,5 mm en el umbón a 15 mm en la comisura, con longitud de 18 mm. Flancos ligeramente aplanados ornamentados con costillas gruesas (1,3 mm) y espacios intercostales regulares (1 mm de ancho). Fastigio amplio, redondeado apicalmente.

Valva dorsal, de perfil moderadamente convexo, pliegue de sección subrectangular que incrementa su tamaño anteriormente, desde 7 mm en el umbón a 13 mm en la comisura, y 17 mm de longitud. Flancos ligeramente aplanados a convexos, ornamentados con 10 costillas de similares características que las de la valva ventral. Umbón levemente incurvado hacia el margen cardinal.

**Discusión.** Los caracteres exhibidos por el material del Cañón del Atuel, permiten incluirlo en la Familia Syringothyrididae. No obstante, al no contar con suficientes caracteres diagnósticos preservados se opta por asignarlo a *Septosyringothyris?* sp. Este registro constituye el primero para este taxón, en la Formación El Imperial en la sección del Cañón del Atuel.

Superfamilia PENNOSPIRIFERINOIDEA Dagys, 1972

Familia SPIRIFERELLINIDAE Ivanova, 1972

Género *Spiriferellina* Frederiks, 1924

**Especie tipo.** *Terebratulites cristatus* Von Schlotheim, 1816, del Pérmico tardío de Pössneck, Thuringia, Alemania. Por designación original.

**Observaciones.** *Spiriferellina* ha sido registrada en niveles pérmicos de Europa, Asia y Estados Unidos (Carter & Johnson, 2006) y también en Sudamérica, en niveles carboníferos de Argentina (Amos, 1958a; Pagani & Taboada, 2010; Cisterna & Sterren, 2008). En Argentina el género está representado por la especie *Spiriferellina octoplicata* (Sowerby) proveniente de la Formación Leoncito, y del Miembro Hoyada Verde de la Formación San Eduardo (Keidel & Harrington, 1938; Cisterna & Sterren, 2008), y por *Spiriferellina* sp. Cisterna & Simanuskas, 2000 proveniente de la Formación Río del Peñón, en el centro-oeste de Argentina. *Spiriferellina octoplicata?* y *Spiriferellina?* sp. de la Formación Pampa de Tepuel, Cuenca Tepuel-Genoa (Patagonia) fueron registradas e ilustradas por Pagani & Taboada (2010).

*Spiriferellina?* sp. 1

Figura 25.1–2

**Materiales.** Un molde interno de valva ventral parcialmente preservado LIEB-PI 603.

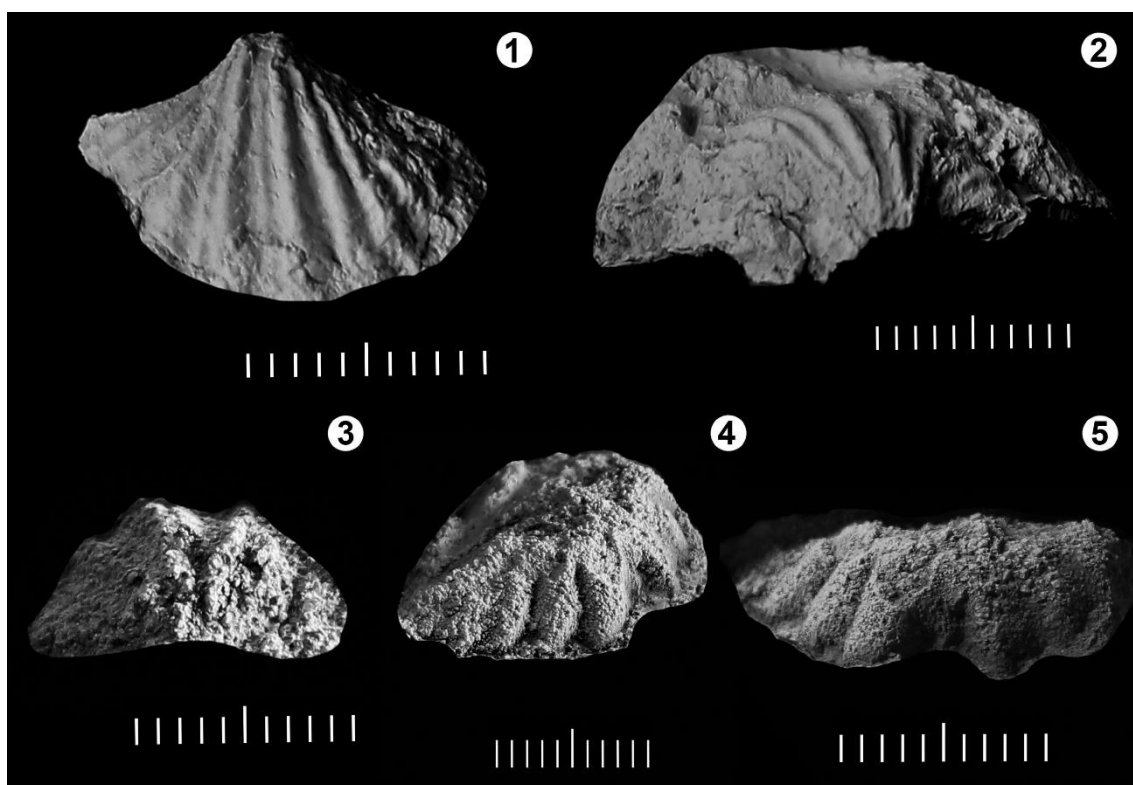
**Procedencia geográfica.** Inmediaciones de Quebrada Redonda, 20 km al este de Hilario, Sierra del Tontal, San Juan.

**Procedencia estratigráfica:** entre el segundo y tercer nivel de conglomerados, aproximadamente 10 metros por encima del segundo nivel de conglomerados, Miembro de Conglomerados (III), Formación Ciénaga Larga del Tontal.

**Descripción.** Valva ventral de contorno transversal ligeramente subelíptico, con extremidades cardinales aparentemente redondeadas, ancho máximo en concordancia con el margen cardinal. Dimensiones máximas: ancho de 16,5 mm y largo de 11 mm, con relación A/L de 1,5. Perfil moderadamente convexo. Región umbonal aguda con ápice umbonal aparentemente incurvado sobre la interárea. Seno somero, desarrollándose desde el umbón e incrementando su tamaño hacia el margen anterior; el piso del seno es plano y está bordeado (y delimitado) por gruesos y agudos pliegues, lo que genera un perfil transversal de caras ortogonales. Además, el piso del seno está ornamentado por una costilla simple. Flancos ornamentados con cinco pliegues, los primeros cuatro altos, gruesos y de perfil subagudo, y el más cercano al margen cardinal, más débil y apenas

visible. Los pliegues se inician desde el umbón, decrecen en tamaño hacia el margen cardinal, y desaparecen antes de alcanzar el mismo. NO se observan otros caracteres.

**Discusión.** El único ejemplar analizado, exhibe un conjunto de caracteres que sugieren grandes afinidades con el género *Spiriferellina* Frederiks. Sin embargo, la imposibilidad de analizar otros caracteres diagnósticos (*i.e.*, caracteres internos, microornamentación de lamellas y puntos), impiden una determinación taxonómica más precisa. Cabe resaltar que el carácter de una costilla en el seno, parecer ser único en este ejemplar. Por este motivo el material procedente de la FCLT se determina como *Spiriferellina?* sp. 1.



**Figura 25.** 1–2, *Spiriferellina?* sp. 1, LIEB-PI 603 molde interno de valva ventral; 1, vista ventral; 2, vista postero-ventral. 3–5, *Spiriferellina?* sp. 2. 3, CPBA 24621 molde interno de valva ventral fragmentario, vista postero-ventral. 4–5, CPBA 24608 molde interno de valva ventral fragmentario; 1, vista oblicua; 2, vista ventral. Escala gráfica = 10 mm.

### *Spiriferellina?* sp. 2

Figura 25.3–5

**Materiales.** Dos especímenes fragmentarios, moldes internos de valvas ventrales CPBA 24608 y 24621.



**Procedencia geográfica.** Quebrada de La Horqueta, aproximadamente 8 km al sur del Río Diamante. San Rafael, Provincia de Mendoza, Argentina.

**Procedencia estratigráfica.** Sección inferior del Miembro Inferior de la Formación El Imperial.

**Descripción.** Valva ventral de contorno transverso a ligeramente subtriangular, perfil fuertemente convexo y comisura multiplegada. Ancho máximo coincidente con el margen cardinal; umbón protuberante. Dimensiones máximas de 22 mm de ancho y 11,2 mm de longitud (estimados), relación A/L de 1,9. Seno estrecho y bien definido, flancos con pliegues redondeados y bien definidos, contabilizándose tres (no se identifican otros debido al estado de preservación de la muestra), pliegues con grosores de aproximadamente 2,8 mm, y con interespacios estrechos (aproximadamente 0.5 mm). No se observaron otros caracteres.

**Discusión.** Los especímenes de la Formación El Imperial exhiben caracteres que sugieren su inclusión en *Spiriferellina*, tales caracteres son: contorno transverso, perfil convexo, seno ventral estrecho, pliegues fuertes y redondeadas con interespacios estrechos (ver Muir-Wood & Williams, 1965; Shi & Waterhouse, 1996; Carter & Johnson, 2006). Lamentablemente la microornamentación diagnóstica de las especies de este género no se ha preservado, por lo que se identifica como *Spiriferellina?* sp. 2.

Orden SPIRIFERIDA Waagen, 1884

Suborden SPIRIFERIDINA Waagen, 1884

Superfamilia SPIRIFEROIDEA King, 1846

Familia TRIGONOTRETIDAE Schuchert, 1893

Subfamilia NEOSPIRIFERINAE Waterhouse, 1968

Género *Saltospirifer* Cisterna & Archbold, 2007

**Especie tipo.** *Saltospirifer guevarii* Cisterna & Archbold, 2007 de la Formación Del Salto (Carbonífero superior) de la Subcuenca Calingasta-Uspallata, San Juan, Argentina. Por designación original.

**Observaciones.** *Saltospirifer* incluye especímenes previamente asignados a otros géneros, tales como *Trigonotreta* König, 1825 o *Neospirifer* Frederiks, 1924, hasta el momento *Saltospirifer* está representado solamente por *Saltospirifer guevarai* (= *S. guevarii sensu* Cisterna & Archbold, 2007, enmendada en Taboada *et al.*, 2021a), registrado y definido en la Formación Del Salto, en Quebrada Del Salto y Del Alumbre, Provincia de San Juan (Cisterna & Archbold, 2007; Cisterna, 2010; Taboada, 2014; Sterren & Cisterna, 2010).

*Saltospirifer guevarai* Cisterna & Archbold, 2007

Figura 26

v. 2007 *Saltospirifer guevarii* Cisterna & Archbold, p. 7–10, fig. 4 A–O.

2010 *Saltospirifer guevarii* Cisterna; p. 93, 97–98.

2010 *Saltospirifer guevarii* Sterren & Cisterna; p. 504–510.

**Materiales.** Molde compuesto de exterior de valva ventral CPBA 24620b y 24641. Moldes internos de valvas ventrales CBPA 24601, 24635, LIEB-PI 574a, 577a, 579a. Un exterior de valva ventral, LIEB-PI 573. Otro material fragmentario CPBA 24617b, 24626, LIEB-PI 575, 576, 578.

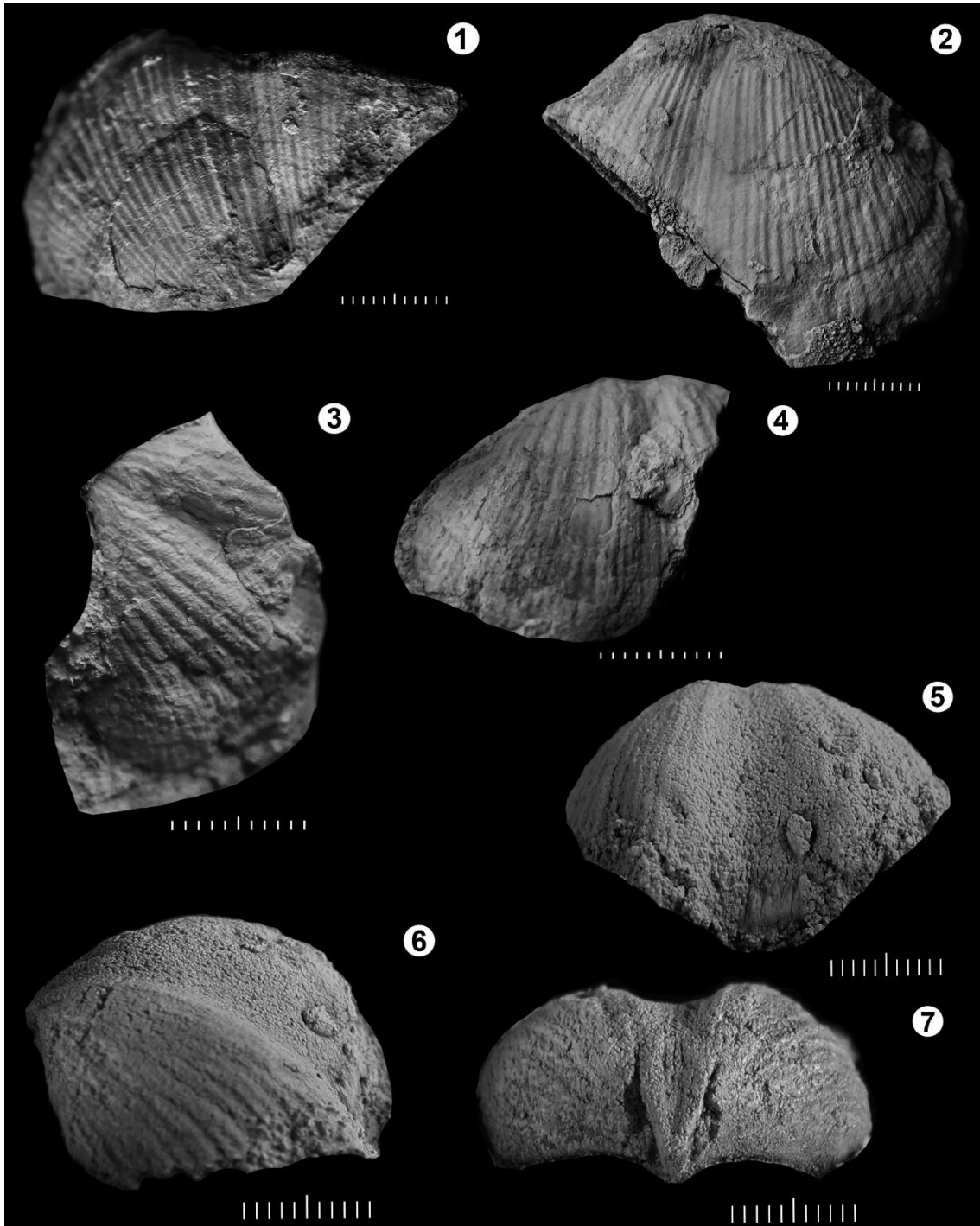
**Procedencia geográfica.** CPBA 24601, 24617b, 24620b, 24641, provenientes de Quebrada de La Horqueta, aproximadamente 8 km al sur del Río Diamante. CPBA 24626, 24635 provenientes de Arroyo del Imperial, aproximadamente 7 km al norte del Río Diamante, San Rafael, Mendoza, Argentina. LIEB-PI, 573, 574a, 575, 576, 577, 578 y 579a, provenientes de inmediaciones de Quebrada Redonda, 20 km al este de Hilario, Sierra del Tontal, San Juan.

**Procedencia estratigráfica.** CPBA, Sección inferior del Miembro Inferior de la Formación El Imperial. LIEB-PI, entre el segundo y tercer nivel de conglomerados, aproximadamente 10 metros por encima del segundo nivel de conglomerados, Miembro de Conglomerados (III), Formación Ciénaga Larga del Tontal.

**Descripción.** Valva ventral de contorno transverso, levemente subelíptico, con extremidades cardinales redondeadas (aparentemente), y con ancho máximo ubicado en

el tercio posterior, margen cardinal más pequeño que el ancho máximo. Dimensiones máximas de 58 mm de ancho y 46 mm de largo, con relación A/L promedio de 1,4. Perfil moderadamente convexo. Umbón protuberante e incurvado sobre la interárea. Seno somero y estrecho, se ensancha ligeramente hacia el margen anterior, donde se aprecia la lengüeta sulcal de contorno redondeado (CPBA 24635; Fig. 25.5). Seno ornamentado por 8 costillas equidimensionales de sección redondeada. Flancos moderadamente convexos, ornamentados con costillas ligeramente más gruesas que las del seno. Las costillas parecen aplanarse hacia el margen anterior y todas poseen aproximadamente el mismo grosor. Las costae en algunos ejemplares muestran un patrón de fasciculación en dos costillas, que se dividen aproximadamente a mitad de la longitud valvar. Se contabilizan hasta 21 costillas equidimensionales por flanco, las cuales desaparecen antes de alcanzar el margen cardinal. También exhibe ornamentación de líneas concéntricas, brindando aspecto de lamelas concéntricas; estas líneas también cruzan el seno.

**Discusión.** Los especímenes provenientes de la FEI y la FCLT, exhiben un conjunto de caracteres que lo acercan al género *Saltospirifer*, definido en la Formación Del Salto (FDS), y cuya única especie conocida es *S. guevarai*. Al comparar con la misma, se destaca similitud en contorno y perfil, con extremidades cardinales redondeadas y ancho máximo anterior al margen cardinal. La relación A/L similar 1,3–1,5 en las formas de FDL y 1,4 en las de FCLT y FEI. Tanto los materiales de FDS como los aquí analizados poseen un seno somero que se ensancha levemente hacia la comisura. El mismo está ornamentado por costillas equidimensionales, en número de 8 a 10. Finalmente, los flancos están ornamentados de manera similar, exhibiendo costae que forman fascículos de dos costillas, que alcanzan aproximadamente el mismo grosor en el margen anterior (ver Fig. 5A–C en Cisterna & Archbold, 2007). No obstante, *S. guevarai* exhibe hasta 18 costae por flanco, mientras algunos de los especímenes estudiados exhiben hasta 21. Sin embargo, esto puede deberse a la preservación del material, o quizás a una variabilidad ontogenética. *Saltospirifer guevarai* de la FCLT y FEI, amplía su distribución geográfica y además constituye los primeros registros en las mencionadas unidades.



**Figura 26.** 1–7, *Saltospirifer* cf. *guevarai* Cisterna & Archbold, 2007, 1–2, LIEB-PI 573 exterior de valva ventral; 1, vista postero-ventral; 2, vista ventral. 3–4, LIEB-PI 577a molde interno de valva ventral; 3, vista oblicua; 4, vista ventral. 5–7, CPBA 24635 molde interno de valva ventral; 5, vista antero-ventral; 6, vista oblicua; 7, vista postero-ventral. Escala gráfica = 10 mm.

Subfamilia TRIGONOTRETINAE Schuchert, 1893

Tribú TRIGONOTRETINI Schuchert, 1893

Género *Pericospira* Archbold & Cisterna, 2007 (en Cisterna & Archbold, 2007)

**Especie tipo.** *Spirifer (Spirifer) pericoensis* Leanza, 1945, de la Formación Tupe (Carbonífero superior), Cuenca Paganzo, San Juan, Argentina. Por designación original.

**Observaciones.** Especímenes reasignados a *Pericospira* por Cisterna & Archbold, 2007 habían sido asignados anteriormente a *Spirifer* Sowerby, 1816 (Leanza, 1945), *Punctothyris* Hyde, 1953 (Lech & Aceñolaza, 1987a), y *Trigonotreta* König, 1825 (Cisterna & Simanaukas, 2000; Cisterna *et al.*, 2002a y b). Cisterna & Archbold (2007) estudiaron especímenes, provenientes de distintas localidades de la Precordillera del centro-oeste argentino, asignados a *Trigonotreta*, y redefinieron la diagnosis enfatizando un particular patrón de bifurcación de costillas, de esta manera erigieron el nuevo género *Pericospira*. Actualmente se reconocen tres especies de *Pericospira*; *P. pericoensis* (Leanza) de la Formación Tupe, *P. riojanensis* (Lech & Aceñolaza) de la Formación Río del Peñón, y *P. sanjuanensis* (Lech & Aceñolaza), de la Formación Del Salto. Cisterna & Archbold (2007), también sugirieron que muchos de los especímenes descritos por Reed (1927), en la Sierra de Barreal, serían afines a *Pericospira*.

*Pericospira sanjuanensis* (Lech & Aceñolaza, 1990)

Figura 27

**Materiales.** Valvas con conchilla decorticada y parcialmente preservadas LIEB-PI 564, 567, 572. Moldes internos de valvas ventrales LIEB-PI 566, 568, 570. Molde externo de valva ventral LIEB-PI 571. Otro material fragmentario LIEB-PI 565a, 569.

**Procedencia geográfica.** Inmediaciones de Quebrada Redonda, 20 km al este de Hilario, Sierra del Tontal, San Juan.

**Procedencia estratigráfica:** entre el segundo y tercer nivel de conglomerados, aproximadamente 10 metros por encima del segundo nivel de conglomerados, Miembro de Conglomerados (III), Formación Ciénaga Larga del Tontal.

**Descripción.** Valva ventral de contorno transversal subelíptico a subrectangular, con extremidades cardinales aparentemente romas. Ancho máximo en el margen cardinal o en cercanías del mismo. Dimensiones máximas de 60 mm de ancho y 35 mm de largo, con relación A/L promedio de 1,68. Perfil convexo con la mayor convexidad en la región

umbonal. Ápice umbonal robusto (rombo), ligeramente protuberante respecto al margen cardinal y fuertemente recurvado sobre la interárea. Seno estrecho, somero y perfil en forma de “V”, con la mitad posterior aguda y la mitad anterior más ancha y profunda, finalizando en una lengüeta sulcal ancha de contorno redondeado. Seno ornamentado con dos costillas equidimensionales, que surgen de las costillas más grandes que delimitan el seno, aproximadamente en el cuarto posterior de la valva (región umbonal). Flancos convexos con débiles plicae, ornamentados con costae gruesas y simples, excepto el primer par (a cada lado del seno) que parece exhibir bifurcación (a mitad de la longitud valvar), y son las de mayor tamaño. Se contabilizan 8 costae por flanco y desaparecen antes de alcanzar el margen cardinal. Ornamentación de líneas concéntricas, brindan aspecto de lamelas concéntricas. Internamente exhibe adminiculas dentales (12 mm de longitud), ligeramente divergentes (ángulo aproximado 40°). Placas dentales cortas (7,5 mm de longitud) y ángulo deltirial de 60°. En la región umbonal y ocupando la porción central se ubican las cicatrices de los músculos aductores, estriadas longitudinalmente; hacia los lados se ubican las cicatrices de los diductores, que son estriadas radialmente.

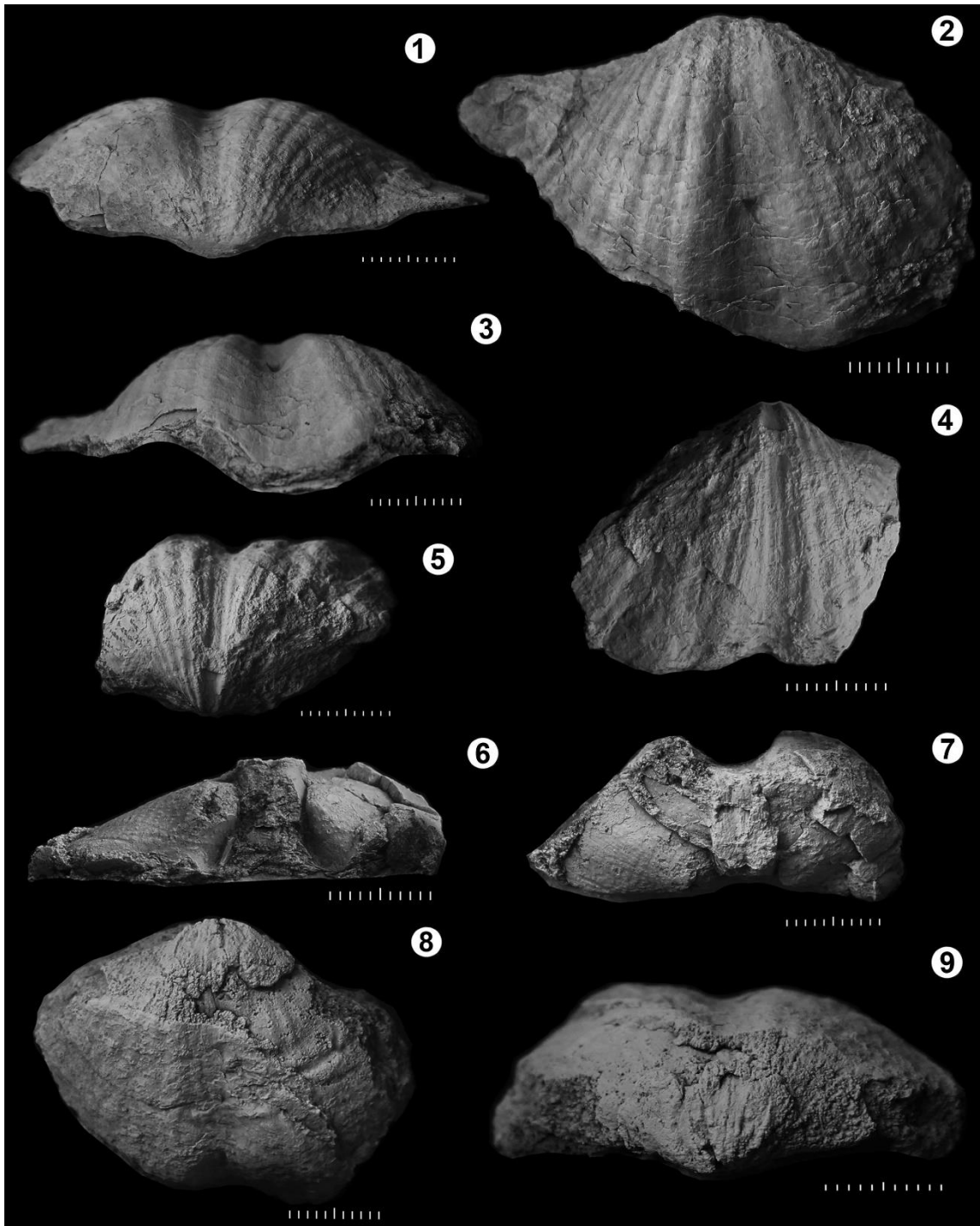
**Discusión.** El conjunto de caracteres observados en los materiales procedentes de la FCLT, indican afinidades con el género *Pericospira*, ampliamente registrado en el centro-oeste de Argentina, particularmente con la especie *P. sanjuanensis*, registrada en la Formación Del Salto. Se destaca similitud en, perfil, contorno, y ancho máximo de la conchilla (ubicado en el margen cardinal). La ornamentación también es similar, debido a que exhiben costillas gruesas, siendo las que bordean al seno las de mayor tamaño, y estas se bifurcan a mitad de la longitud valvar. Los especímenes de la FDS exhiben 6–8 costillas, en la región posterior de la valva, rango en el que se incluyen las 8 costillas de los ejemplares de la FCLT. También, exhiben seno estrecho y agudo que inicia desde el umbón, y el ángulo deltirial es de 60° en ambos. Entre los caracteres internos se destaca que las cicatrices de los músculos aductores en el material estudiado, son subrectangulares y estriadas longitudinalmente, similares a los especímenes estudiados por Cisterna & Archbold (2007) procedente de la FDS. Sin embargo, aparentemente el material de la FDS es menos transversal que el material de la FCLT, presentando relación A/L de 1,2–1,4 vs 1,68, y las extremidades cardinales son extendidas y aguadas en los ejemplares de la FDS y romas en los materiales de la FCLT.

Comparando con *P. pericoensis* de la Formación Tupe, estudiados por Cisterna *et al.*, 2002a y b, se destaca similitud en el contorno transversal con ancho máximo ubicado

en el margen cardinal. Ambas formas muestran mayor convexidad en la región umbonal. La ornamentación de costae tienen las mismas características, y las que delimitan el seno parecen ser las más protuberantes en ambos. Otra similitud se aprecia en las cicatrices musculares, siendo estriadas longitudinalmente en ambos especímenes. Aunque, *P. pericoensis* exhibe bifurcación de las costillas que delimitan el seno en el tercio posterior de la valva, mientras que en los materiales de la FCLT lo hacen a mitad de la longitud valvar. Las extremidades cardinales son agudas en *P. pericoensis*, y romas en los materiales estudiados. Además, la cantidad de costillas por flanco es de 6 en la especie de Leanza, y de 8 en las formas procedentes de la FCLT (aunque el material de Leanza era fragmentario). No se pudo observar ornamentación completa del seno medio en el material de la FCLT, lo cual hubiese permitido una comparación más precisa.

Respecto a su comparación con *P. riojanensis* documentada en la Formación Río del Peñón por Lech & Aceñolaza (1987a). Se destaca que los ejemplares de la FCLT, es similar en perfil, contorno, y extremidades cardinales (redondeadas a romas). Los flancos también exhiben características similares, ya que están ornamentados con 6–7 costillas con un patrón de bifurcación. Sin embargo, *P. riojanensis* posee seno poco diferenciado de los flancos, mientras que en las formas de la Sierra del Tontal, el seno es claramente distinguible de los flancos. Además, el ancho máximo de la conchilla no está en coincidencia con el margen cardinal en la especie de Lech y Aceñolaza, condición diferente a la exhibida por los ejemplares de la FCLT.

Como ha quedado expuesto, las formas procedentes de la FCLT exhiben grandes afinidades con la especie *P. sanjuanensis*; las diferencias citadas, como las extremidades cardinales romas, podrían estar sesgadas por la preservación, mientras que las medidas morfométricas solo pudieron ser tomadas en dos ejemplares, por lo que no pueden tomarse como representativas. Además, se pudo comparar el material de la FCLT con especímenes topotípicos de *P. sanjuanensis*, y resguardados en el Laboratorio de Investigaciones en Evolución y Biodiversidad (LIEB), de la ciudad de Esquel (Chubut). Dichos materiales (LIEP-PI 181–201), son indistinguibles de las formas procedentes de la FCLT. Por este motivo se determina a este material como *Pericospira sanjuanensis*. Este constituye el primer registro de esta especie para la FCLT, a la vez que expande su distribución geográfica.



**Figura 27.** 1–9, *Pericospira sanjuanensis* (Lech & Aceñolaza, 1990), 1–3, LIEB-PI 564 exterior de valva ventral; 1, vista postero-ventral; 2, vista ventral; 3, vista fronto-ventral. 4–5, LIEB-PI 572 exterior de valva ventral; 4, vista ventral; 5, vista postero-ventral. 6–7, LIEB-PI 568 molde interno de valva ventral; 6, vista postero-ventral con detalles del interárea. 7, vista postero-ventral. 8–9, LIEB-PI 566 molde interno de valva ventral; 8, vista ventral; 9, vista postero-ventral. Escala gráfica = 10 mm.

*Pericospira cf. sanjuanensis* (Lech & Aceñolaza, 1990)

Figura 28



**Materiales.** Dos especímenes fragmentarios. Molde interno de valva ventral CPBA 24609 y un exterior decorticado y fragmentario de valva ventral CPBA 24634.

**Procedencia geográfica.** CPBA 24609 proveniente de Quebrada de La Horqueta, aproximadamente 8 km al sur del Río Diamante. CPBA 24634 proveniente de Arroyo del Imperial, aproximadamente 7 km al norte del Río Diamante, San Rafael, Mendoza, Argentina.

**Procedencia estratigráfica.** Sección inferior del Miembro Inferior de la Formación El Imperial.

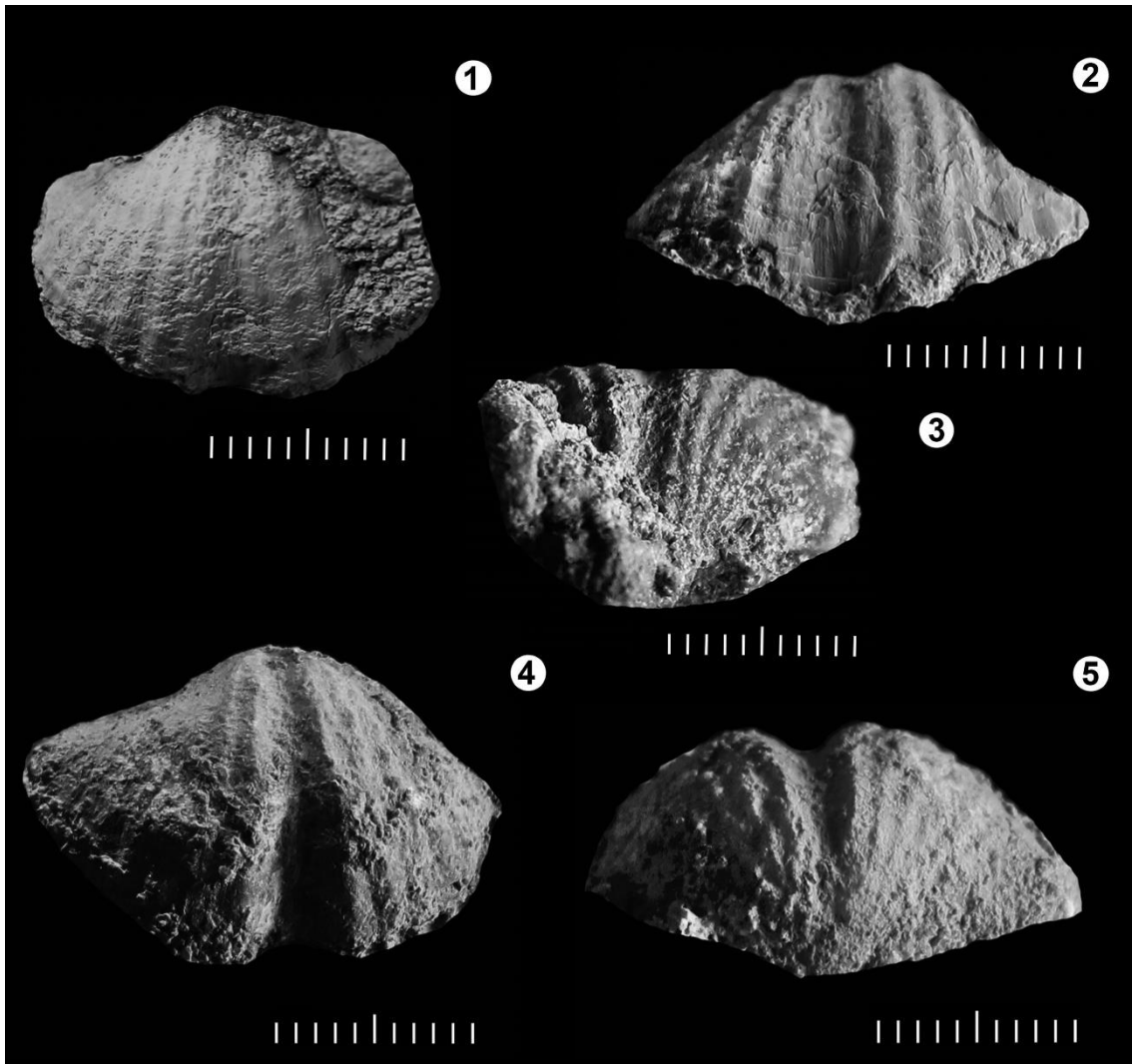
**Descripción.** Valva ventral de contorno transverso, perfil moderadamente convexo, con dimensiones máximas de 24 mm de ancho y 17 mm de largo, y relación A/L de 1,4–1,5. Margen cardinal aparentemente coincidente con el ancho máximo. Extremidades cardinales levemente extendidas y moderadamente redondeadas. Umbón protuberante e incurvado hacia la interárea. Seno estrecho, poco profundo y levemente anguloso, el cual se ensancha ligeramente hacia el margen anterior, desde 1 mm en el umbón hasta 4 mm en la comisura. Flancos poco convexos con seis a siete plicae, ornamentadas con costillas simples, sobreimpuestas, que no se bifurcan, excepto el ejemplar CPBA 24634, en el cual las costillas que bordean el seno se bifurcan a mitad de la longitud valvar. Las plicae se vuelven inconspicuas hacia el margen cardinal y parecen exhibir sección redondeada a levemente angulosa; presentan un grosor aproximado de 1,3 mm, mientras que el ancho del espacio es de 0,8 mm, medido en la comisura.

**Discusión.** El conjunto de caracteres exhibidos por los especímenes de la Formación El Imperial, permiten asignarlos a *Pericospira*. Además, son comparables con *Pericospira sanjuanensis* (Lech & Aceñolaza), ambos comparten un seno estrecho, subanguloso y somero, que se incrementa desde el umbón hacia la comisura. El seno está bordeado por gruesas plicae que tiene sobreimpuestas costillas simples que se bifurcan a mitad de la longitud valvar. Tanto el material de El Imperial como el Del Salto exhiben el ancho máximo coincidente con el margen cardinal. Ambos presentan un contorno moderadamente transverso con relación A/L similar (1,4–1,5 vs 1,2–1,4). El umbón en ambas muestras es prominente e incurvado hacia la interárea. El material del Imperial exhibe 6–7 costillas por flanco, similar a las 6–8 exhibidas por *P. sanjuanensis*. Se

observaron diferencias puntuales en las extremidades cardinales, siendo moderadamente extendidas a redondeadas en el material del Imperial y extendidas y agudas en el material de Quebrada del Salto. Sin embargo, estas diferencias podrían ser producto de alteraciones tafonómicas. También se notaron diferencias en el patrón de costillas, siendo simples en el material del Imperial y bifurcadas en *P. sanjuanensis*. Sin embargo, estas diferencias corresponderían a variaciones ontogenéticas (Cisterna & Simanaukas, 2000). Especímenes estudiados por estos últimos autores, en la Formación Río del Peñón, mostraron que los ejemplares juveniles poseen un patrón de costillas simples, mientras que en los adultos el patrón es bifurcado. Además, la cantidad de costillas por flanco, también parece depender de los estadios ontogenéticos (Cisterna & Simanaukas, 2000).

*Pericospira pericoensis* parece poseer un contorno más transversal, y el patrón de costillas fasciculadas parece estar más desarrollado que en los especímenes de la Formación El Imperial. También *P. pericoensis* exhibe un seno estrecho, el cual no incrementa su tamaño desde el umbón hasta la comisura, como lo observado en los especímenes de la Formación El Imperial (ver Cisterna *et al.*, 2002a y b, Figs. 10–11).

Las comparaciones arriba mencionadas permiten asignar los especímenes de la Formación El Imperial a *Pericospira cf. sanjuanensis*.



**Figura 28.** 1–5, *Pericospira* cf. *sanjuanensis* (Lech & Aceñolaza, 1990), 1–3, CPBA 24634 exterior decorticado de valva ventral fragmentario; 1, vista ventral; 2, vista antero-ventral; 3, vista postero-ventral. 4–5, CPBA 24609 molde interno de valva ventral; 4, vista ventral; 5, vista postero-ventral. Escala gráfica = 10 mm.

*Pericospira* sp.

Figura 29

**Materiales.** 5 ejemplares en regular estado de preservación, entre los que se cuentan, un molde interno de valva ventral, LIEB-PI 591. Un molde interno de valva dorsal, LIEB-PI 590. Un exterior de valva ventral, LIEB-PI 593. Un exterior de valva dorsal, LIEB-PI 594. Un ejemplar con cara y contra de valva dorsal, LIEB-PI 592a, b.

**Procedencia geográfica.** Inmediaciones de Quebrada Redonda, 20 km al este de Hilario, Sierra del Tontal, San Juan.

**Procedencia estratigráfica:** entre el segundo y tercer nivel de conglomerados, aproximadamente 10 metros por encima del segundo nivel de conglomerados, Miembro de Conglomerados (III), Formación Ciénaga Larga del Tontal.

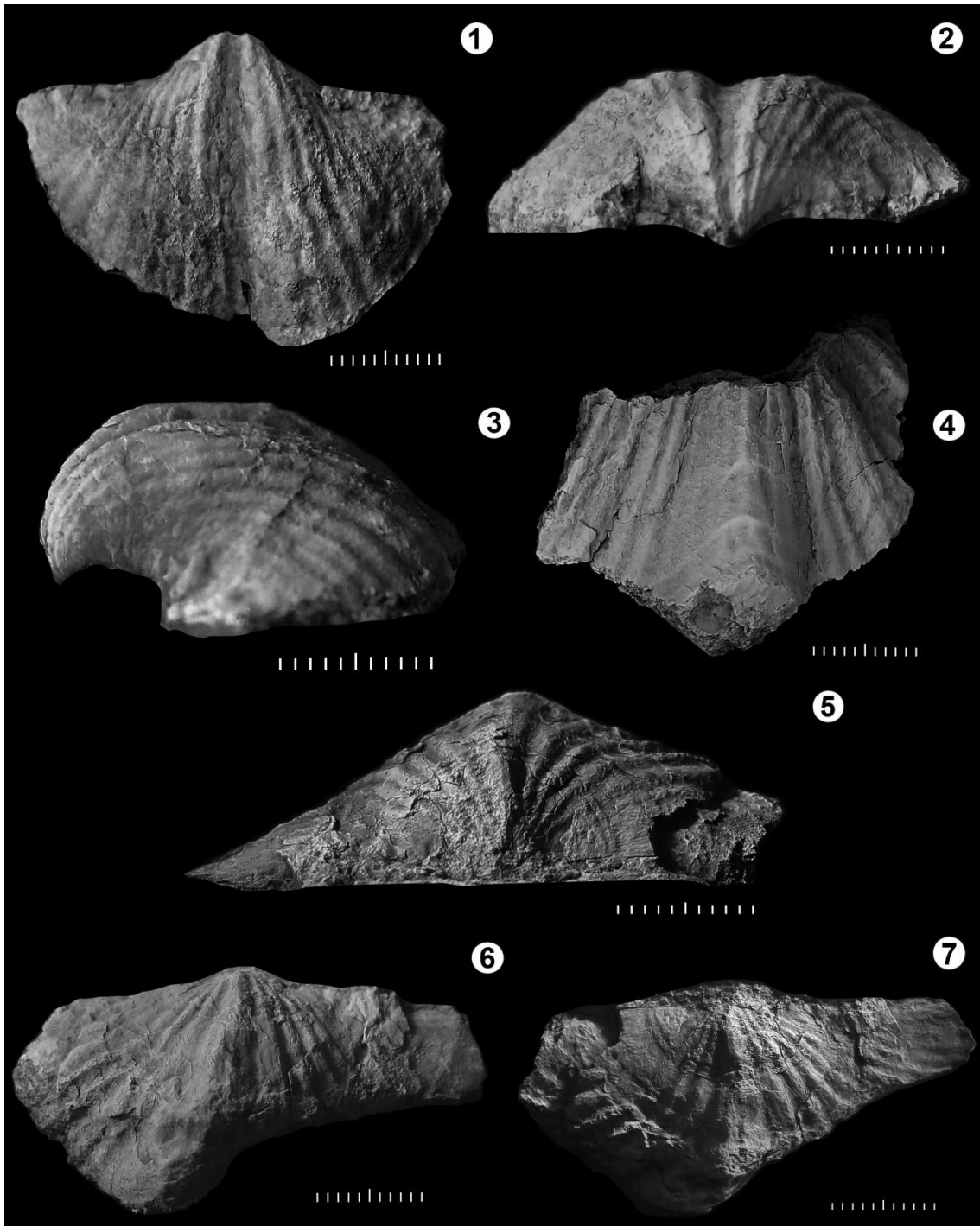
**Descripción.** Conchilla mediana, de perfil transverso subelíptico, con ancho máximo en coincidencia con el margen cardinal, pliegue y seno estrechos, flancos ornamentados con costillas gruesas. Dimensiones máximas de 45 mm de ancho y 34 mm de largo, con relación A/L promedio de 1,32.

Valva ventral de contorno transverso subelíptico, con el ancho máximo aparentemente en el margen cardinal. Perfil convexo con la región umbonal fuertemente convexa. Ápice umbonal agudo, protuberante y fuertemente incurvado sobre la interárea. Seno estrecho y agudo, con perfil transversal en V; inicia desde el ápice umbonal, ensanchándose levemente hacia el margen anterior. Ornamentado con dos costillas pequeñas adyacentes a los bordes del seno, que surgen en cercanías de la región umbonal, y por bifurcación de las costillas que delimitan el seno. Flancos convexos, ornamentados con 9 costae gruesas, simples y de sección subangular, que incrementan ligeramente su tamaño hacia el margen anterior. Las costillas que delimitan el seno son las de mayor tamaño, las restantes disminuyen en grosor paulatinamente hacia el margen cardinal, y desaparecen antes de alcanzar el mismo.

Valva dorsal de contorno transverso y perfil moderadamente convexo. Extremidades cardinales aparentemente romas. Umbón definido, pero poco protuberante respecto al margen cardinal. Pliegue liso bien diferenciado de las costillas, de sección subangulosa, y se ensancha hacia el margen anterior. La parte superior/dorsal de esta estructura parece ser aplanada. Exhibe ornamentación de líneas concéntricas que brindan apariencia de lamelas concéntricas. Flancos levemente convexos, ornamentados con costillas gruesas fasciculadas en 2 y hasta 3 costae (LIEB-PI 592a, las más cercanas al pliegue). No se observaron otros caracteres.

**Discusión.** Los caracteres exhibidos por los ejemplares analizados, permiten su inclusión en el género *Pericospira*. Sin embargo, se diferencia de *P. sanjuanensis* hallada en la misma formación y nivel, por exhibir un perfil más convexo, particularmente en la región umbonal. Además, el umbón es más protuberante en estos especímenes que en *P. sanjuanensis*. Los materiales estudiados no exhiben un incremento notable del seno desde el umbón hacia la comisura, sino que es relativamente uniforme en toda su longitud, esto

los diferencia de *P. sanjuanensis*, en la cual el seno incrementa su tamaño hacia el margen anterior. Finalmente, el material estudiado exhibe 9 costillas en los flancos, mientras que *P. sanjuanensis* exhibe 8; aunque este último carácter podría estar influenciado por el estado de preservación. Lamentablemente solo unos pocos ejemplares exhiben los caracteres mencionados, por lo que sería necesario incrementar el número de muestras, para determinar con mayor certeza, si se trata de una nueva entidad taxonómica o correspondería a variaciones de tipo intraespecífica. De momento se opta por determinar a dicho material como *Pericospira* sp.



**Figura 29.** 1–7, *Pericospira* sp. 1–3, LIEB-PI 591 molde interno de valva ventral; 1, vista ventral; 2, vista postero-ventral; 3, vista lateral. 4, LIEB-PI 592a exterior de valva dorsal. 5–7, LIEB-PI 590 molde interno de valva dorsal; 5, vista postero-dorsal; 6, vista fronto-dorsal; 7, vista dorsal. Escala gráfica = 10 mm.

Suborden DELTHYRIDINA Ivanova, 1972

Superfamilia RETICULARIOIDEA Waagen, 1883

Familia RETICULARIIDAE Waagen, 1883

Subfamilia RETICULARIINAE Waagen, 1883

Género *Reticularia* McCoy, 1844

**Especie tipo.** *Terebratula? Imbricata* Sowerby, 1822 del Carbonífero inferior (Viséano–Serpukhoviano) del Gran Bretaña. Por designación subsecuente (Davidson, 1882, p. 80).

**Observaciones.** El género *Reticularia* posee registros en Europa, Asia y Argentina para el Carbonífero temprano a medio (Johnson *et al.*, 2006; Reed, 1927). Entre sus caracteres diagnósticos se citan, tamaño medio a grande, valvas desigualmente biconvexas, pliegue y seno débil a fuertemente desarrollado, extremidades cardinales redondeadas, ornamentación de estrechas e imbricadas lamellae bordeadas por finas bases de espinas uniramosas. Superficie radialmente estriada, interior ventral con adminiculas dentales y cresta media (miofragma). Interior dorsal con bases cruales que no contactan el piso de la valva. Espiraglio dirigido posterolateralmente. En Argentina está presente mediante dos especies, *Reticularia notica* Reed, 1927, reconocida en la Sierra de Barreal (Formación Pituil) y por *Reticularia punillana* Amos, 1958b en Sierra del Volcán, norte de San Juan cerca del límite con la provincia de La Rioja (Formación Volcán) (Reed, 1927; Cisterna & Taboada, 1997; Amos, 1958b).

*Reticularia notica* Reed, 1927

Figura 30

**Materiales.** 8 muestras fragmentarias. Moldes internos de valvas ventrales LIEB-PI 664, 665, 666, 667. Molde externo de valva ventral LIEB-PI 668. Otro material fragmentario LIEB-PI 662, 663, 669.

**Procedencia geográfica.** Cordillera Frontal, en inmediaciones del Paso Internacional de Agua Negra, San Juan.

**Procedencia estratigráfica.** Sección basal de la Formación Cerro Agua Negra, nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Valva ventral, de contorno subelíptico y perfil convexo, con extremidades cardinales redondeadas y flancos convexos, seno somero desarrollándose desde el umbón. Umbón protuberante, ápice umbonal agudo e incurvado sobre el interárea. Ancho

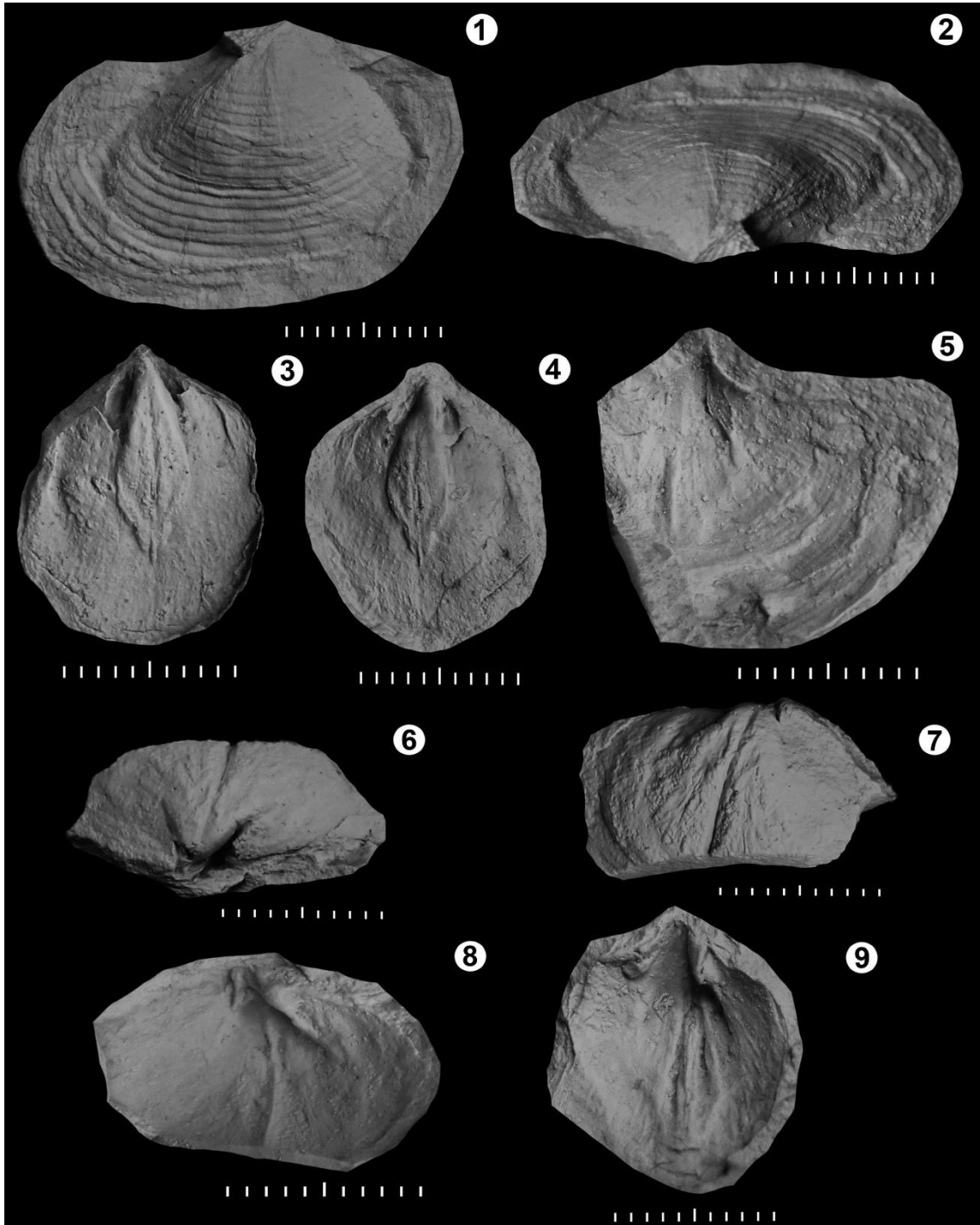
máximo aparentemente a mitad de la longitud valvar. Dimensiones máximas de 29 mm de ancho y 19 mm de largo con relación promedio A/L de 1,5. Exhibe ornamentación de lamelas concéntricas, con densidad de 1,5/ mm, medido en el margen anterior. Internamente exhibe, apicalio con miofragma que se eleva anteriormente, y se extiende aproximadamente hasta la mitad de la valva (en promedio 11 mm), posteriormente se profundiza. Campo muscular profundamente impreso, de forma sub-rómbica, con ancho máximo de aproximadamente 5 mm, aductores longitudinalmente estriados, de longitud levemente menor a la del miofragma. Dientes muy robustos. Admiculas cortas, aproximadamente 4 mm de longitud en promedio, y ángulo de divergencia de aproximadamente 70° (con umbón como vértice). Internamente se observan las impresiones de la ornamentación externa, y bases de espinas aparentemente uniramosas. Valva dorsal desconocida.

**Discusión.** Los caracteres exhibidos por las muestras estudiadas, consistentes únicamente de valvas ventrales, sugieren afinidades con el género *Reticularia*. Dichos caracteres son, tamaño medio, contorno subelíptico, ornamentación de lamelas concéntricas, miofragma ventral, y bases de espinas uniramosas (aparentemente).

Al comparar con *R. notica* registrada en la Formación Pituil, se destaca que ambas muestras comparten contorno y perfil, además de tamaños comparables. Tanto el material de la Cordillera Frontal como el de Precordillera, exhiben extremidades cardinales redondeadas y un seno ventral evidente a partir del umbón. Las características del umbón también son similares en ambas especies, con ápice umbonal agudo y recurvado sobre el interárea. La ornamentación de lamelas concéntricas exhibe la misma densidad (1,5/ mm). La mayor similitud, entre ambas formas, se aprecia en los caracteres internos, exhibiendo miofragma y campo muscular (de contorno sub-rómbico), de iguales características, mientras que los músculos aductores son estriados longitudinalmente, y con un ancho de aproximadamente 5 mm, en ambas especies.

En base a las similitudes expuestas, respecto a ornamentación de lamelas concéntricas y caracteres internos, se asignan los especímenes procedentes del primer nivel fosilífero de la FCAN a la especie *R. notica*. Dicha especie había sido mencionada previamente por Taboada (1999) para esta unidad, y el presente estudio confirma su ocurrencia. Además, extiende la distribución geográfica de este taxón a la Cordillera Frontal de San Juan.





**Figura 30. 1–9, *Reticularia notica* Reed, 1927. 1–2, LIEB-PI 668 molde de silicona del exterior de valva ventral; 1, vista ventral; 2, vista ventro-posterior. 3–4, LIEB-PI 667 molde interno de valva ventral; 3, vista ventral; 4, molde de silicona del interior de valva ventral. 5, LIEB-PI 664 molde de silicona de interior de valva ventral. 6–8, LIEB-PI 666 molde interno de valva ventral; 6, vista postero-ventral; 7, vista ventral; 8, molde de silicona. 9, LIEB-PI 669 molde de silicona de interior de valva ventral. Escala gráfica = 10 mm.**

***Reticularia cf. punillana* Amos, 1958b**

Figura 31

**Materiales.** 5 muestras fragmentarias. Molde externo de valvas articuladas LIEB-PI 658. Moldes internos de valvas ventrales LIEB-PI 659, 657a. Molde externo de valva ventral LIEB-PI 661. Otro material fragmentario LIEB-PI 660a.

**Procedencia geográfica.** Cordillera Frontal, en inmediaciones del Paso Internacional de Agua Negra, San Juan.

**Procedencia estratigráfica.** Sección basal de la Formación Cerro Agua Negra, nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Conchilla de contorno transverso subelíptico, perfil ventribiconvexo, con ancho máximo aparentemente a mitad de la longitud de la conchilla, umbón ventral protuberante e incurvado. Ambas valvas ornamentadas con lamelas concéntricas. Dimensiones máximas de 24 mm de ancho y 16 mm de largo con relación A/L promedio de 1,5.

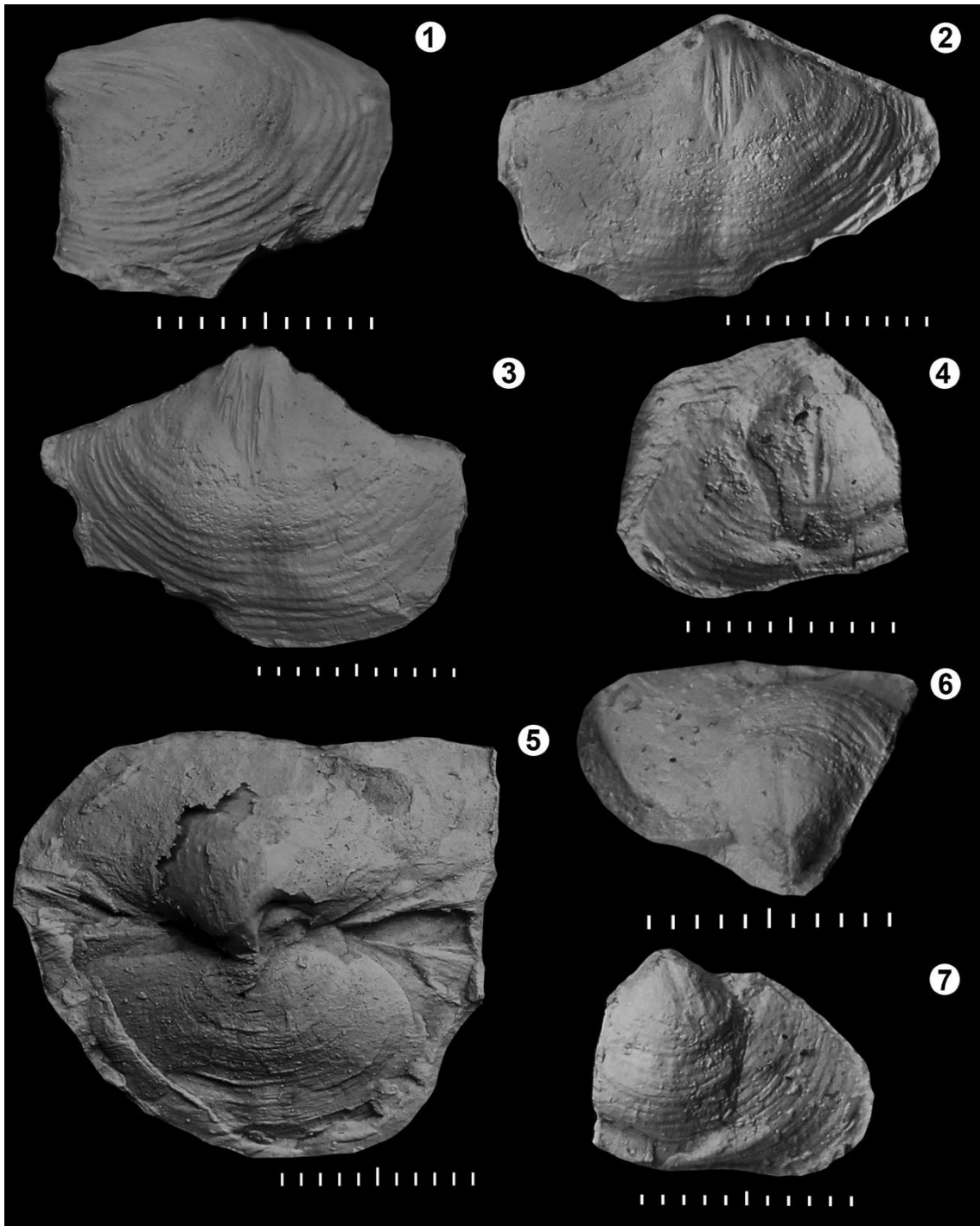
Valva ventral, de contorno subelíptico y perfil fuertemente convexo, extremidades cardinales redondeadas y flancos convexos, seno somero desarrollándose desde el umbón (aparentemente), pero más marcado a partir de la mitad anterior. Umbón protuberante con ápice umbonal agudo e incurvado sobre la interárea (posiblemente apsaclina). Ornamentación de lamelas concéntricas, con densidad de 2/ mm (medido en el margen anterior). Internamente exhibe, apicalio con miofragma fino, que se extiende aproximadamente un tercio de la longitud valvar (en promedio 7–7,5 mm). Campo muscular notablemente impreso, de contorno sub-triangular (vértice dirigido anteriormente y ancho máximo de 5 mm), impresiones de los músculos aductores longitudinalmente estriados, de longitud similar al miofragma. Dientes robustos. Admiculas cortas y ángulo de divergencia de aproximadamente 65° (con el umbón como vértice). Internamente se observan las impresiones de la ornamentación externa, y bases de espinas aparentemente uniramosas.

Valva dorsal, de contorno transverso subelíptico, perfil moderadamente convexo, ápice umbonal inconspicuo, margen cardinal recto, leve pliegue evidente a partir del tercio anterior, y ornamentación de líneas concéntricas (con densidad de 5/ mm). Caracteres internos desconocidos.

**Discusión.** El conjunto de caracteres exhibidos por las muestras estudiadas, sugieren afinidades con el género *Reticularia*, documentado en el Carbonífero de la Precordillera argentina. El material procedente del primer nivel fosilífero de la Formación Cerro Agua Negra es comparable con *R. punillana*, destacándose similitudes en, contorno transverso subelíptico con extremidades cardinales redondeadas, y perfil ventribiconvexo. Ambos taxones exhiben umbón protuberante con ápice umbonal agudo, e incurvado sobre el interárea apsaclina. La valva ventral exhibe un seno tenue y en la dorsal se desarrolla un leve pliegue, en ambos. Entre los caracteres internos se destaca que ambos presentan, dientes robustos, y miofragma fino y bajo que se extiende  $1/3$  la longitud valvar. Sin embargo se diferencian en que, los materiales estudiados por Amos exhibe seno liso, mientras que en los materiales de la FCAN esta ornamentado de la misma manera que la valva. Además, los especímenes aquí estudiados serían de contorno más transverso que los de la Formación Volcán (Relación A/L de 1,5 vs 1,2, respectivamente).

Comparando con *R. notica* Reed, 1927 de la Formación Pituil, se destaca similitud en tamaño, contorno, perfil, extremidades cardinales redondeadas, con un tenue seno medio ventral que aparentemente se desarrolla desde el umbón. La valva ventral exhibe similar densidad de láminas concéntricas en ambas muestras, aproximadamente 2/ mm vs 1,5/ mm, respectivamente. Sin embargo parecen exhibir diferencias en los caracteres internos, en las muestras de la FCAN el miofragma es fino, largo, se agudiza hacia el margen anterior y mide aproximadamente  $1/3$  de la longitud valvar, mientras que, en la especie de la FP es elevado anteriormente y de una longitud mayor (mitad de la longitud valvar). El campo muscular también parece ser diferente, siendo moderadamente impreso y en forma sub-triangular en las muestras de la FCAN y de forma sub-rómbica en los materiales de la FP. Además, los materiales examinados exhiben un tenue pliegue en la valva dorsal, carácter no presente en *R. notica*.

Si bien ambas especies del género *Reticularia* son externamente similares, los caracteres internos de la valva ventral sugieren mayores afinidades con la especie *R. punillana* de Amos (1958b), aunque no de manera inequívoca debido a que no se pudo comparar interiores de valvas dorsales. Por este motivo se determina al material del primer nivel fosilífero de la FCAN como *Reticularia* cf. *punillana*.



**Figura 31.** 1–7, *Reticularia* cf. *punillana* Amos, 1958b. 1–3, LIEB-PI 659 molde interno de valva ventral; 1, vista oblicua; 2, molde de silicona en vista dorsal; 3, vista ventral. 4, LIEB-PI 657a molde de silicona del interior de valva ventral. 5, LIEB-PI 658 molde de silicona de exterior de valvas articuladas. 6–7, LIEB-PI 661 molde de silicona de exterior de valva ventral; 6, vista postero-ventral; 7, vista ventral. Escala gráfica = 10 mm.

Orden RHYNCHONELLIDA Kuhn, 1949

Superfamilia CAMAROTOECHIOIDEA Schuchert, 1929

Familia LEIORHYNCHIDAE Stainbrook, 1945

Subfamilia LEIORHYNCHINAE Stainbrook, 1945

## Género *Leiorhynchus* Hall, 1860

**Especie tipo.** *Orthis quadracostata* Vanuxem, 1842, p. 1842; SD Oehlert, 1887a, p. 1308. De las Lutitas Geneseo (Genesee Slate), Devónico superior de Estados Unidos.

**Observaciones.** *Leiorhynchus* ha sido controvertido desde su designación original, y el problema persiste debido a que el material tipo está extraviado imposibilitando una nueva y moderna diagnosis genérica. Además otros géneros similares y/o afines (designados en años posteriores) podrían estar en sinonimia con *Leiorhynchus*. Sartenaer (1961) realizó una revisión de material hipotípico y de materiales topotípicos, brindando una completa descripción de la especie *Orthis quadracostata* Vanuxem. Actualmente, *Leiorhynchus* se caracteriza principalmente por exhibir, contorno subcircular a oval, y perfil biconvexo, ápice umbonal incurvado, foramen pequeño y permesotiridio. Pliegue bajo y seno somero, visibles a partir de la mitad de la longitud valvar, comisura levemente uniplicada. Ornamentación de costillas bajas y simples, más pronunciadas sobre el pliegue y seno, que en flancos. Entre los caracteres internos se destacan placas dentales fuertemente convergentes ventralmente y casi contactándose, ocasionalmente formando un espondilo doble. Campo muscular ventral con frecuencia fuertemente marcado o con un callo engrosado. Septo medio dorsal largo y alto, dando apoyo a un septalio corto. Campo muscular dorsal estrecho, usualmente con engrosamiento marginal (Sartenaer, 1961; Savage *et al.*, 2002).

*Leiorhynchus* posee distribución cosmopolita, y se ha registrado en Estados Unidos, este de Europa, los Urales, Altai, Siberia, China, Perú y Argentina. Su biocrón se ha establecido como Devónico medio a tardío (Savage *et al.*, 2002), no obstante, se ha documentado el género en estratos pennsylvanianos del centro-oeste de Argentina y cisuralianos de Patagonia (Amos, 1961b; Cisterna & Taboada, 1997). El registro de *Leiorhynchus* en Argentina, fue dado a conocer por Amos (1958, 1961b) al describir y designar la especie *Nudirostra cuyana* Amos (= *Leiorhynchus cuyana*) junto a otros elementos (*i.e.*, *Streptorhynchus*, *Septosyringothyris*, *Reticularia*), en la Formación Volcán, en la localidad Vega de las Cuevas (a 46 km al oeste de Guandacol, San Juan), dicha unidad fue atribuida al Carbonífero inferior. No obstante, Taboada (2006) señaló que su antigüedad sería Pennsylvaniana, y su fauna levemente más antigua que *Tivertonia-Streptorhynchus*. Otro registro fue dado a conocer por Cisterna & Taboada (1997) quienes documentaron *Leiorhynchus* sp. nov.? en la Formación Pituil (Sierra de

Barreal, San Juan), e incluida en la fauna de *Marginovatia-Maemia*. Finalmente, *Leiorhynchus cuyana*, de Patagonia, proviene de la parte superior de la sección aflorante en la localidad de El Molle, y atribuida a la Formación Mojón de Hierro, en la cual se reconoce la zona de *Languigneotus-Verchojania* de antigüedad Asseliano temprano (Amos, 1961b; Pagani & Taboada, 2011; Taboada *et al.*, 2019).

***Leiorhynchus cf. cuyana*** (Amos, 1961b)

Figura 32

**Materiales.** 4 ejemplares en regular estado de preservación entre los que se cuentan tres moldes internos de valvas dorsales LIEB-PI 580 (deformada), 582 y 583 a y b. Un molde interno de valva ventral LIEB-PI 581.

**Procedencia geográfica.** Inmediaciones de Quebrada Redonda, 20 km al este de Hilario, Sierra del Tontal, San Juan.

**Procedencia estratigráfica:** entre el segundo y tercer nivel de conglomerados, aproximadamente 10 metros por encima del segundo nivel de conglomerados, Miembro de Conglomerados (III), Formación Ciénaga Larga del Tontal.

**Descripción.** Conchilla de tamaño medio, dorsibiconvexa, contorno subcircular levemente transverso, con pliegue dorsal y seno ventral someros, ambos ornamentados con costillas que se desarrollan a partir del tercio posterior de la conchilla. Dimensiones máximas de 38 mm de ancho y 29,5 mm de largo con relación promedio A/L de 1,18.

Valva ventral de contorno subcircular, ligeramente transverso. Perfil moderadamente convexo, mayor convexidad en el tercio anterior. Seno medio somero desarrollándose a mitad de la longitud valvar, ornamentado con dos costillas, de sección redondeada, que incrementan su tamaño anteriormente, los espacios son del mismo tamaño que las costillas. El seno se proyecta anteriormente. Umbón levemente protuberante respecto al margen cardinal.

Valva dorsal de contorno trasverso subelíptico, perfil fuertemente convexo a subgloboso, ancho máximo a mitad de la longitud valvar. Exhibe pliegue medio bajo, ornamentado con 3–4 costillas, ligeramente visibles a partir del tercio posterior de la valva, de sección redondeada que aumentan en tamaño hacia el margen anterior.

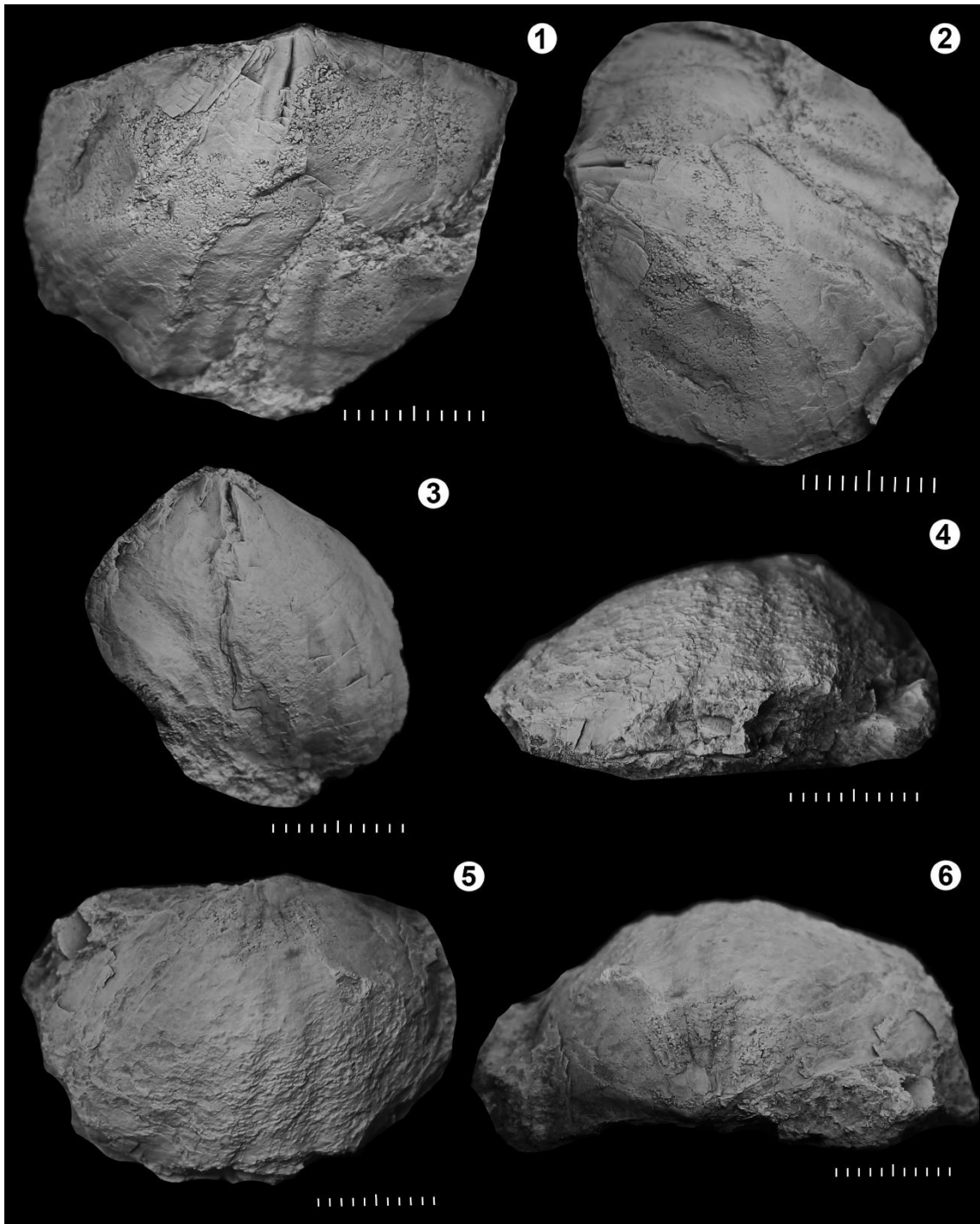
Interespacios estrechos. Flancos lisos uniformemente convexos. Internamente exhibe septo medio dorsal de aproximadamente 1/4 de la longitud de la valva (7,5 mm de longitud).

**Discusión.** La morfología externa de los materiales paleontológicos analizados, permiten asignar las muestras provenientes de la Sierra del Tontal al género *Leiorhynchus*. Dicho género posee una amplia distribución estratigráfica y geográfica en Argentina, ya que se ha documentado para el Pennsylvaniano de la Cuenca Calingasta-Uspallata, mediante *Leiorhynchus* sp. nov.?, y para el Cisuraliano de la Cuenca Tepuel-Genoa, mediante *Leiorhynchus cuyana*, aunque esta especie no ha vuelto a ser revisada y su diagnosis está desactualizada. Al comparar el material de la FCLT con la especie *L. cuyana*, se destaca la notable similitud en el contorno y perfil, siendo este último subgloboso. El pliegue de *L. cuyana* estudiado por Amos (1961b) está ornamentado por 3 costillas y el seno por dos, condición similar al de algunos especímenes de la FCLT. Tanto la especie de Amos como los materiales de la Sierra del Tontal exhiben umbón poco protuberante, valva ventral con costillas y espacios de igual tamaño, y el septo medio dorsal es corto y bajo en ambos, 1/5 de la longitud total en los materiales estudiados por Amos, y de 1/4 la longitud total en el material de FCLT. Sin embargo, difieren en el ancho máximo de la conchilla, ubicado en el tercio posterior en la especie de Amos, y a mitad de la longitud valvar en los especímenes de la Sierra del Tontal. Las costillas del pliegue dorsal, tienen igual tamaño que los espacios intercostales en la especie de Amos, mientras que en el material de la FCLT los espacios intercostales son más estrechos.

Comparando con *Leiorhynchus* sp. nov.? de la Formación Pituil, se destacan similitudes en tamaño medio y contorno subelíptico, flancos lisos, la ornamentación del seno y pliegue con costillas de sección redondeada. Además las costillas del seno son menos prominentes que las del pliegue, en ambas muestras. Sin embargo, difieren en la longitud del septo medio dorsal, siendo de un tercio de la longitud valvar en los ejemplares de la FP, y levemente más largo en los ejemplares de la FCLT. Las valvas del material de la FP parecen ser menos convexas que las de la FCLT (poseen aspecto subgloboso), se diferencian en la cantidad de costillas en el pliegue y seno; no obstante, este carácter es variable dentro del género (Sartenaer, 1961).

Al parecer las formas provenientes de la FCLT serían afines con la especie *L. cuyana* de la Formación Volcán. Sin embargo, el estado fragmentario del material fósil no permite una mayor resolución taxonómica, por lo que tentativamente se asigna a

*Leiorhynchus* cf. *cuyana*. Dicho registro es el primero para la FCLT, y amplía el registro geográfico del género.



**Figura 32.** 1–6, *Leiorhynchus* cf. *cuyana* (Amos, 1961b). 1–2, LIEB-PI 580 molde interno de valva dorsal; 1, vista dorsal, 2, vista oblicua. 3, LIEB-PI 581 molde interno de valva ventral, vista ventral. 4–6, LIEB-PI 583a, molde interno de valva dorsal; 4, vista ventro-frontal; 5, vista ventral; 6, vista postero-ventral. Escala gráfica = 10 mm.

*Leiorhynchus* sp. 1



Figura 33

**Materiales.** 7 especímenes entre los que se cuentan, cara y contra de interior de valva ventral LIEB-PI 676. Cara y contra de exterior de valva ventral LIEB-PI 674. Molde externo de valva ventral LIEB-PI 672. Molde interno de valva dorsal LIEB-PI 671a. Molde externo de valva dorsal LIEB-PI 673a. Otro material fragmentario, LIEB-PI 670, 675.

**Procedencia geográfica.** Cordillera Frontal, en inmediaciones del Paso Internacional de Agua Negra, San Juan.

**Procedencia estratigráfica.** Sección basal de la Formación Cerro Agua Negra, nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Conchilla mediana, de contorno subcircular a subelíptico elongado, perfil levemente dorsibiconvexo, con umbón protuberante e incurvado, ancho máximo ubicado a mitad de la longitud valvar. La conchilla exhibe pliegue dorsal y seno ventral somero, ornamentados con costillas gruesas, y flancos lisos. Dimensiones máximas de 26 mm de ancho y 25 mm de largo, con relación A/L de 0,8–1,5.

Valva ventral de contorno subcircular a oval elongado (en sentido antero-posterior), perfil débilmente convexo con mayor convexidad en la región umbonal. Ápice umbonal protuberante (aproximadamente 3 mm del margen cardinal), agudo e incurvado hacia el margen cardinal. Seno ventral somero ensanchándose anteriormente, visible a partir de los 2/3 anteriores (por fuera de la región umbonal), ornamentado con 2 costillas, moderadamente prominentes y con interespacios estrechos. Flancos lisos y levemente convexos. Caracteres internos, apicalio con dientes robustos, desde los mismos se proyectan finas placas dentales, hacia el piso de la valva tendiendo a converger delimitando un espondilio. Desde los dientes y paralelo al margen cardinal se desarrolla una fuerte cresta. Se aprecian superficies de inserción de músculos subrectangulares y lisas. Superficies de inserción de músculos diductores fuertemente impresas, de contorno aparentemente subrectangular y estriadas longitudinalmente. Región umbonal lisa.

Valva dorsal de contorno subelíptico a subcircular con el ancho máximo ubicado aparentemente a mitad de la longitud valvar, perfil moderadamente convexo. Pliegue medio evidente a partir de los dos tercios anteriores, ornamentado con 3 costillas gruesas

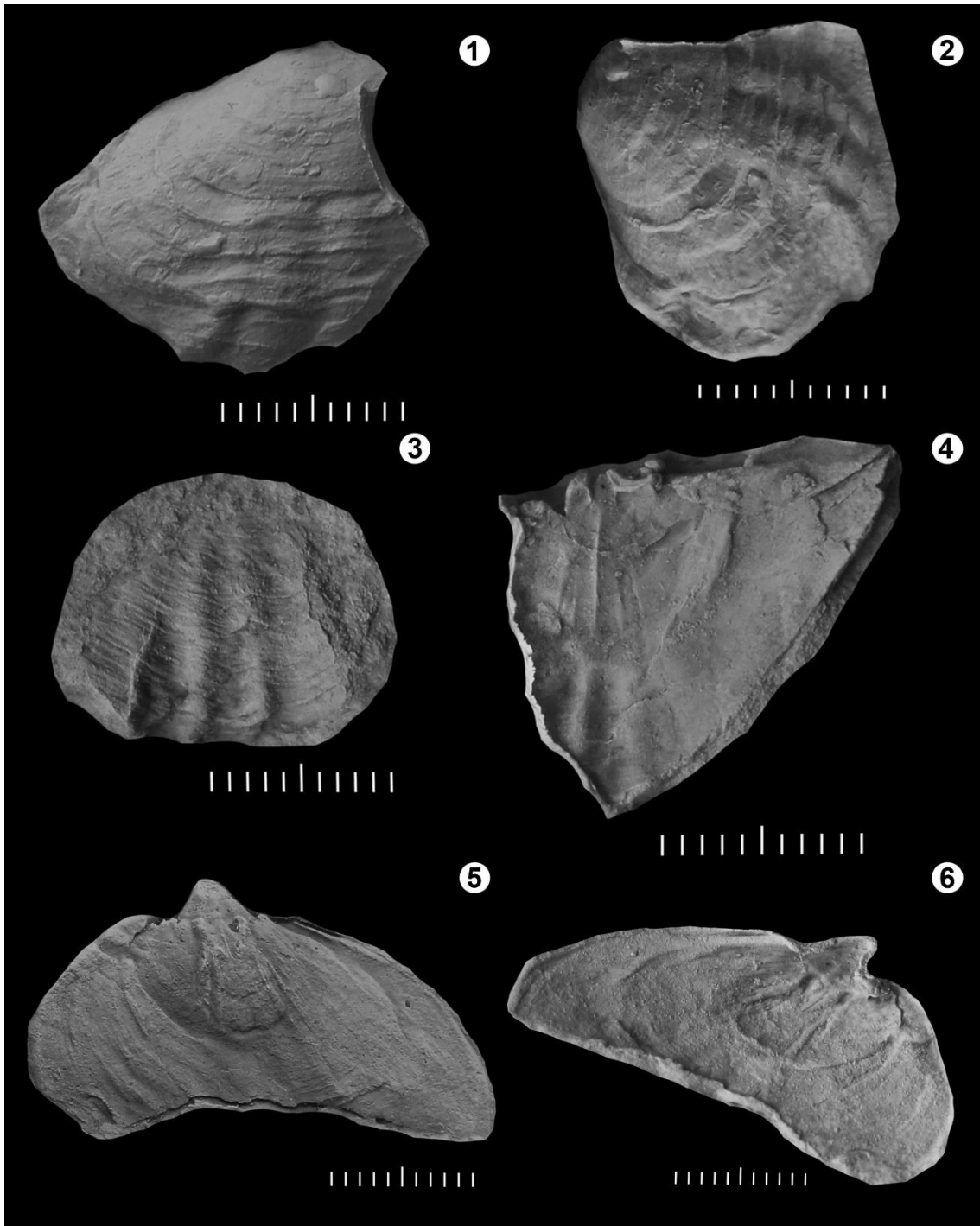
e interespacios estrechos. Flancos lisos moderadamente convexos. La valva entera exhibe microornamentación de líneas concéntricas numerosas, aproximadamente 4–6/ mm (medido en el margen anterior de LIEB-PI 670). Internamente exhibe cardinalio con septo medio dorsal largo (aproximadamente 9 mm) que se adelgaza anteriormente, cerca del margen cardinal aparentemente se bifurca constituyendo un septalio. Crestas fosetales internas robustas, y orientadas subparalelamente al margen cardinal. Cicatrices de los músculos aductores subrectangulares, estrechas y lisas. Por fuera del cardinalio se aprecian las costillas del pliegue medio. No se pueden observar otros caracteres.

**Discusión.** Los materiales provenientes del primer nivel fosilífero de la Formación Cerro Agua Negra, exhiben caracteres que en conjunto sugieren grandes afinidades con el género *Leiorhynchus*. Los materiales estudiados parecen tener mayores afinidades con *Leiorhynchus* sp. nov.? registrados por Cisterna & Taboada (1997), en la Formación Pituil, destacándose similitud en tamaño, contorno elíptico a subtriangular, perfil levemente biconvexo, seno y pliegue débilmente desarrollados con flancos lisos. Ambos especímenes también muestran similitud en las costillas del pliegue siendo estas levemente redondeadas y separadas por interespacios estrechos. Los especímenes de Barreal exhiben láminas dentales cortas y delgadas, las cuales se unen formando un espondilio; dicha característica también se observó en el material de Agua Negra. Finalmente, la valva dorsal de *Leiorhynchus* sp. nov.? exhibe un septo medio dorsal aparentemente largo (1/3 de la longitud de la valva) que anteriormente se adelgaza, y en su parte posterior se bifurca formando un septalio, condición similar a la observada en *Leiorhynchus* sp. 1, de la Formación Cerro Agua Negra. Sin embargo, se diferencian en el número de costillas en el pliegue y seno, *Leiorhynchus* sp. nov.? posee 4 y 3 respectivamente, mientras que *Leiorhynchus* sp., posee 3 y 2 respectivamente. No obstante, Sartenaer (1961), establece que este carácter es variable, y las costillas pueden presentarse en número de 3, 4, 5, hasta 6. Por lo que no podrían utilizarse como un carácter para separar ambas especies. Los especímenes de Barreal exhiben microornamentación de líneas concéntricas con densidad de 8/ mm, mientras que la de Agua Negra exhibe 4–6/ mm. Finalmente en los especímenes de la FCAN el campo muscular ventral no está sobreelevado, condición diferente a la exhibida por las muestras de Barreal.

Comparando con *Leiorhynchus cuyana*, se destaca similitud en contorno (subcircular a subelíptico) y tamaño. Flancos lisos y carentes de ornamentación de costillas, exhibiendo solamente líneas concéntricas. Ambos poseen 3 costillas radiales en

el pliegue dorsal y 2 en el seno ventral, y exhiben valva ventral con flancos poco convexos y casi planos anterolateralmente, con el seno somero que se ensancha ampliamente hacia la comisura. Respecto a los caracteres internos, ambos exhiben cicatrices musculares alargadas. Sin embargo, difieren en que *L. cuyana* posee conchilla semiglobosa, carácter diferente al de la muestra de Agua Negra. En *L. cuyana* el umbón parece ser pequeño, poco prominente y levemente incurvado hacia el margen cardinal, carácter diferente al exhibido por *Leiorhynchus* sp. 1. La especie de Amos posee pliegue medio de sección subrectangular, carácter no apreciado en la especie *Leiorhynchus* sp. 1. Finalmente en *L. cuyana* el septo medio dorsal es corto y bajo, condición diferente a la observada en el material de Cerro Agua Negra.

La especie proveniente de la base de la Formación Cerro Agua Negra parece tener gran afinidad con la especie documentada por Cisterna & Taboada 1997 para la Formación Pituil, sin embargo exhiben ligeras diferencias que imposibilitan una condición conspecífica. De esta manera se opta por determinarla como *Leiorhynchus* sp. 1, éste registro corrobora la ocurrencia del género *Leiorhynchus* en la Formación Cerro Agua Negra como fuera señalado por Taboada (1999).



**Figura 33.** 1–6, *Leiorhynchus* sp. 1, 1–2, LIEB-PI 673a molde de silicona de exterior de valva dorsal; 1, vista dorsal; 2, vista oblicua. 3, LIEB-PI 670 molde de silicona de fragmento de exterior de valva ventral. 4, LIEB-PI 671a molde de silicona de interior de valva dorsal. 5–6, LIEB-PI 676 molde interno de valva ventral; 5, vista ventral; 6, molde de silicona en vista oblicua. Escala gráfica = 10 mm.

*Leiorhynchus* sp. 2

Figura 34

**Materiales.** Moldes internos de valvas ventrales MOZ-PI 9072, 9010. Moldes internos de valvas dorsales MOZ-PI 9147. Molde externo de valva dorsal MOZ-PI 9171, 10028. Otro material fragmentario MOZ-PI 8984, 10016.

**Procedencia geográfica.** Cerro San Pedro, al pie occidental de la Cordillera del Viento, Andacollo, Neuquén.

**Procedencia estratigráfica.** Sección media de la Formación Huaraco (Comarca Neuquina), nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Conchilla mediana, de contorno subcircular a subelíptico, perfil ligeramente biconvexo, ancho máximo ligeramente anterior a la mitad de la longitud valvar, comisura débilmente uniplicada, exhibe pliegue dorsal y seno ventral somero, ornamentados con costillas gruesas, y flancos lisos. Dimensiones máximas de 26 mm de ancho y 25 mm de largo, con relación A/L promedio de 1,04.

Valva ventral, de contorno subcircular, perfil levemente convexo, mayor convexidad en las regiones umbonal y anterior. Ápice umbonal protuberante y aparentemente incurvado. Seno ventral somero, visible desde los 2/3 anteriores. Se ensancha abruptamente hacia la comisura, alcanzando casi la mitad del ancho máximo de la valva. Ornamentado con 2–3 costillas gruesas, evidentes a partir de los 2/3 anteriores de la valva, espacios intercostales tan amplios como las costillas. El seno se proyecta anteriormente en una lengüeta de contorno redondeado. Flancos aplanados y lisos. Valva ornamentada con líneas concéntricas. Internamente se destacan dientes bulbosos. Cicatrices de aductores, subrectangulares y lisas, ubicadas centralmente, y cicatrices de diductores estriadas longitudinalmente, y ubicadas lateralmente a los aductores.

Valva dorsal, de contorno ligeramente subelíptico a subcircular con ancho máximo a mitad de la longitud valvar, perfil levemente convexo, pliegue dorsal ornamentado con 3 costillas bien definidas y protuberantes, de sección aparentemente redondeada, evidentes a partir de los 2/3 anteriores, con espacios intercostales estrechos. No se prolonga más allá del margen de la comisura. Región umbonal moderadamente convexa, y ápice umbonal inconspicuo. Flancos lisos y débilmente convexos. Ornamentación de tenues líneas concéntricas, con densidad de 1–2/ mm (medido en el margen anterior).

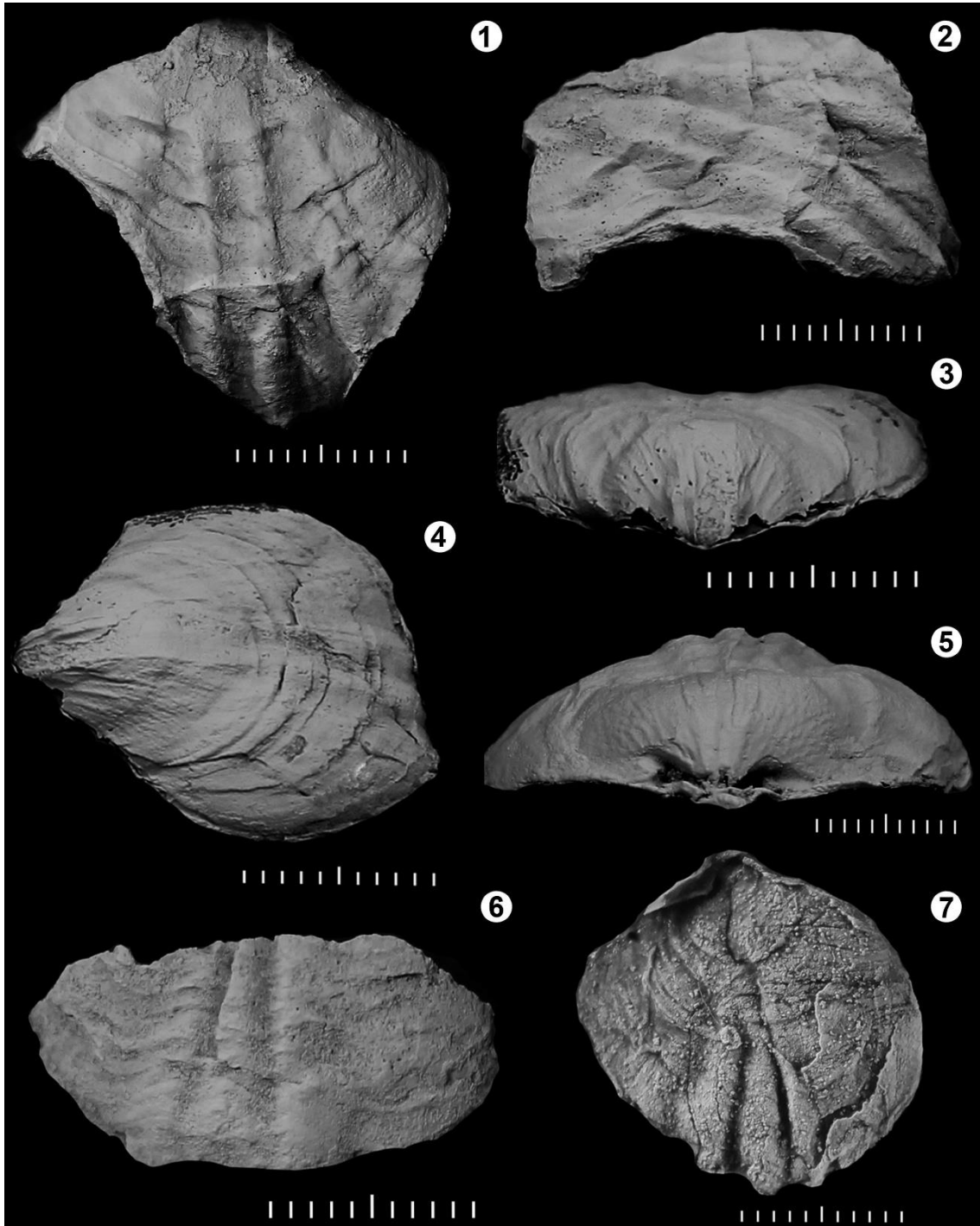
**Discusión.** Los materiales procedentes del primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco, exhiben caracteres que en conjunto sugieren afinidades con el género *Leiorhynchus*. Dichos caracteres son contorno subcircular a subelíptico, perfil biconvexo, ápice umbonal incurvado, pliegue dorsal y seno ventral bajo, visibles aproximadamente a mitad de la longitud valvar, comisura levemente uniplicada y ornamentación de costillas bien definidas y líneas concéntricas.

Al comparar las muestras del primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco con los materiales descritos por Amos (1961b) y asignados a *Leiorhynchus cuyana*, se destaca similitud en el contorno (subcircular a subelíptico), el tamaño de la conchilla, con similar relación A/L 1,06 vs 1,04. Ambas formas presentan los flancos lisos y carentes de ornamentación de costillas radiales, aunque si exhiben líneas concéntricas. En la valva dorsal de ambas muestras, se evidencian 3 costillas radiales en el pliegue. En ambas especies la valva ventral exhibe flancos poco convexos y casi planos anterolateralmente, con el seno somero que se ensancha ampliamente hacia la comisura (alcanzando aproximadamente la mitad del ancho máximo) y proyectándose ligeramente desde la comisura hacia anterior. El umbón ventral parece ser levemente protuberante en ambos especímenes y en la valva ventral los interespacios tienen las mismas dimensiones que las costillas del seno. Ambas muestras se diferencian en que el número de costillas en el seno en *L. cuyana* es 2, mientras que en los especímenes de la Formación Huaraco es 2–3, sin embargo, este carácter es variable. Por otra parte, la especie de Amos (1961b) exhibe costillas dorsales del mismo tamaño que los interespacios, condición diferente a la observada en la especie de la Formación Huaraco, donde los espacios son más estrechos que las costillas.

Al comparar con los ejemplares descritos por Cisterna & Taboada (1997), se observa que ambas formas parecen presentar tamaños similares (aunque el material de Barreal es fragmentario), poseen perfil débilmente biconvexo, con pliegue dorsal y seno ventral tenuemente desarrollados, además de flancos lisos. El pliegue esta ornamentado con gruesas costillas e interespacios estrechos en ambas formas. Sin embargo, *Leiorhynchus* sp. nov.? presenta hasta 4 costillas en el pliegue y 3 en el seno, condición diferente a la observada en los especímenes neuquinos, que exhiben 3 costillas en el pliegue, aunque en el seno algunos especímenes (*e.g.*, MOZ-PI 9010) presentan 3. Y la ornamentación de líneas concéntricas difiere marcadamente, siendo de 1–2/ mm en la especie de Huaraco y de 8/ mm en la de Barreal.

Con respecto a *Leiorhynchus* sp. 1, procedente de la FCAN, difieren en el ancho máximo de la conchilla, ubicado a mitad de la longitud valvar en *Leiorhynchus* sp. 1 y ligeramente anterior a dicho punto en *Leiorhynchus* sp. 2. La valva ventral de la especie de la FCAN posee costillas más gruesas e interespacios más estrechos que los ejemplares de la FH. Finalmente, la microornamentación de líneas concéntricas difiere en la densidad: 4–6/ mm en *Leiorhynchus* sp. 1, y 2/ mm en *Leiorhynchus* sp. 2.

Lamentablemente, la falta de preservación de caracteres internos en la valva dorsal, impiden comparaciones más precisas con las especies reconocidas de *Leiorhynchus*. Por este motivo se determina a los materiales del primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco, como *Leiorhynchus* sp. 2, corroborando de esta manera las determinaciones preliminares establecidas en Taboada *et al.* (2014).



**Figura 34.** 1–7, *Leiorhynchus* sp. 2, 1–2, MOZ-PI 9010 molde interno de valva ventral; 1, vista ventral; 2, vista oblicua. 3–5, MOZ-PI 9072 molde interno de valva ventral; 3, vista posterior; 4, vista oblicua; 5, molde de silicona de interior de valva ventral. 6, MOZ-PI 8984 fragmento de interior de valva dorsal, vista frontal. 7, MOZ-PI 10028 molde de silicona de interior de valva dorsal, vista dorsal. Escala gráfica = 10 mm.

Superfamilia RHYNCHOPOROIDEA Muir-Wood, 1955

Familia RHYNCHOPORIDAE Muir-Wood, 1955

Subfamilia RHYNCHOPORINAE Muir-Wood, 1955



## Género *Rhynchopora* King, 1865

**Especie tipo.** *Terebratula geinitziana* De Verneuil, 1845 (= *Rhynchoporina* Oehlert, 1887), Cuenca North Dvina River (Pérmico tardío), Shidrovo, norte de Rusia.

**Observaciones.** *Rhynchopora* King es un género cosmopolita con una amplia distribución, tanto en sentido paleogeográfico como estratigráfico; con registros en el este de Rusia, oeste de Estados Unidos, Malasia, Perú, Argentina, y Japón entre otras regiones, y con un rango Carbonífero temprano–Pérmico tardío (Cooper, 1957, Cisterna & Simanaukas, 2000, Shi & Tazawa, 2001; Savage *et al.*, 2002). No obstante, Shi & Tazawa (2001) estiman que para el Pérmico *Rhynchopora* tuvo una distribución antitropical, distribuyéndose en ambos hemisferios, en medias a altas paleolatitudes, constituyéndose así en un elemento típico de estas regiones.

Sus caracteres morfológicos diagnósticos son: conchilla de contorno transversalmente subpetagonal y perfil dorsibiconvexo. Ápice umbonal recto a subrecto, delirio oval, placas deltoidales disjuntas (raramente juntas). Pliegue y seno prominentes anteriormente, lengua (extensión anterior de cada valva) distintiva y rectangular. Costillas simples, numerosas y redondeadas, se inician desde el umbón. Anteriormente se aplanan y se delimitan surcos, los entrecruzamientos se extienden como espinas agudas. Conchilla finamente endopunctuada. Entre los caracteres internos, se destacan placas dentales cortas y delgadas que convergen ventralmente, dientes cirtomatodontes. Septo medio dorsal corto y bajo. Placas cardinales unidas. El septalio con una placa que lo cubre y que frecuentemente está perforada en su parte posterior. Crestas fosetales internas sobresaliendo de la foseta. Bases crurales horizontales, las cruras se curvan ventralmente, siendo cóncavas en sección dorsomedial. Campos musculares dorsal y ventral débilmente impresos, y proceso cardinal pequeño, usualmente impreso (Savage *et al.*, 2002).

En Argentina la primera mención de este género fue ofrecida por Cisterna & Simanaukas (2000) para la Formación Río del Peñón en la provincia de La Rioja. Dichos autores reconocieron este taxón en los niveles superiores de la unidad y asociado a otros elementos típicos de la fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus*, como son *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) *jaguelensis* Lech, 1986, *Neochonetes pegnonensis* Cisterna & Simanaukas, 2000, *Coolkilella aredesi* Taboada, 2014 y *Orbiculoidea* sp. Posteriormente, *Rhynchopora* sp., ha sido mencionada en estratos

pérmicos de la Formación Río Genoa en Patagonia, asociada a la fauna de *Piatnitzkia* (Pagani & Taboada, 2011).

***Rhynchopora* sp. 1**

Figura 35

**Materiales.** 11 ejemplares en regular estado de preservación. Espécimen articulado (steinkern) LIEB-PI 679. Molde interno de valva ventral LIEB-PI 685. Moldes externos de valvas ventrales LIEB-PI 677, 678. Moldes internos de valvas dorsales LIEB-PI 681, 682, 686. Molde externo de valva dorsal LIEB-PI 684. Otro material fragmentario LIEB-PI 680, 683, 687a.

**Procedencia geográfica.** Cordillera Frontal, en inmediaciones del Paso Internacional de Agua Negra, San Juan.

**Procedencia estratigráfica.** Sección basal de la Formación Cerro Agua Negra, nivel fosilífero inferior.

**Descripción.** Conchilla pequeña a mediana, de contorno subcircular levemente transverso, perfil suavemente dorsibiconvexo, ancho máximo aparentemente a mitad de la longitud valvar, comisura multiplegada, conchilla ornamentada con gruesas costillas radiales y líneas concéntricas. Dimensiones máximas de 30 mm de ancho y 25 mm de longitud, relación A/L promedio de 1,2.

Valva ventral de contorno subelíptico levemente transverso, perfil suavemente convexo, con la mayor convexidad en la región umbonal. Umbón levemente protuberante. Seno somero. Ornamentación de costillas radiales gruesas, inician desde el umbón e incrementan su tamaño hacia la comisura, las mismas no se bifurcan ni intercalan. Entre los caracteres internos destacan dientes robustos.

Valva dorsal de contorno transverso subelíptico, perfil moderado y uniformemente convexo, umbón poco protuberante. Exhibe suave pliegue dorsal evidente a partir del tercio anterior y levemente protuberante respecto a la comisura, ornamentado con 5 costillas gruesas. Flancos aplanados a levemente convexos, con 5 costillas gruesas (más finas que las del pliegue) y hacia el margen postero-lateral se vuelven inconspicuas. Las costillas de sección aparentemente subangular con la parte superior aplanada, inician

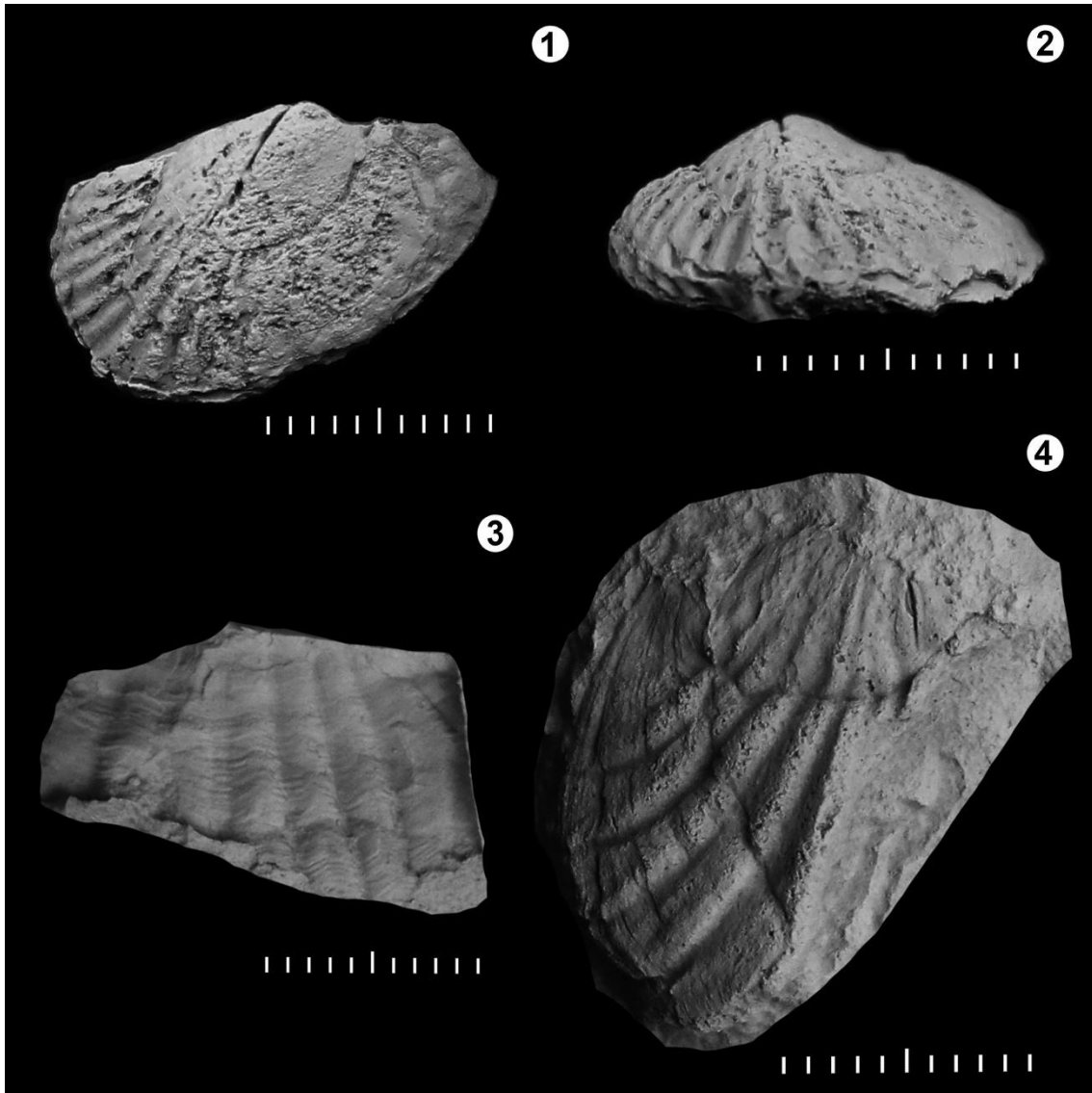
desde el umbón con 0,4–0,5 mm de grosor e incrementan hasta 2,1–2,5 mm en la comisura (*i.e.*, LIEB-PI 686; Fig. 35.4). En los flancos se ven levemente curvadas. Interespacios estrechos de aproximadamente 0,5–0,8 mm. También exhibe microornamentación de finas e irregulares líneas concéntricas, con densidad de aproximadamente 4/ mm. Entre los caracteres internos se destaca, septo medio dorsal fino de aproximadamente 5,5–6 mm de longitud.

**Discusión.** Los especímenes provenientes del primer nivel fosilífero de la FCAN, exhiben un conjunto de caracteres que sugieren grandes afinidades con el género *Rhynchopora*. Los mismos son: contorno subelíptico, perfil levemente dorsibiconvexo, con umbón levemente protuberante, seno somero y pliegue tenue. Además, exhiben lengüeta levemente protuberante, ornamentación de costillas radiales gruesas que inician desde el umbón (y aplanan dorsalmente), y microornamentación de líneas concéntricas,

En Argentina este género ha sido documentado y descrito para el último nivel fosilífero de la Formación Río del Peñón por Cisterna & Simanaukas (2000), quienes identificaron a *Rhynchopora* sp. Los especímenes de la FCAN son comparables con dicha especie, y se destaca similitud en; contorno y perfil, aunque en el material de Cerro Agua Negra el perfil parece ser más suave. Ambas especies poseen ornamentación de costillas gruesas, que inician desde el umbón y se incrementan en tamaño hacia el margen anterior, volviéndose inconspicuas hacia el margen postero-lateral, y los interespacios son estrechos. Ambos también exhiben microornamentación de líneas concéntricas finas. El seno y pliegue son someros, y se ensanchan anteriormente, además de ser ligeramente protuberantes, en ambas formas. El pliegue dorsal del material de San Juan exhibe 5 costillas al igual que el de La Rioja. Sin embargo, difieren en exhibir ancho máximo de la conchilla ubicado a mitad de la longitud valvar en el material de Cerro Agua Negra, y levemente anterior a dicho punto en el material de Río del Peñón. El pliegue inicia en el tercio anterior en el material de la FCAN, mientras que los materiales de la FRP, lo hacen a mitad de la longitud valvar. La cantidad de costillas es de 5 en el primero y 6 en el segundo. El septo medio es más corto en los especímenes de Agua Negra.

La imposibilidad de observar los caracteres internos (*i.e.*, placas dentales), impide una determinación taxonómica más precisa. De momento se determina a los especímenes provenientes del segundo nivel fosilífero de la Formación Cerro Agua Negra, como *Rhynchopora* sp. 1, tal ocurrencia es la primera mención de este género para la Formación

Cerro Agua Negra, además con este registro se amplía su distribución geográfica y estratigráfica dentro de las cuencas del centro-oeste de Argentina.



**Figura 35.** 1–4, *Rhynchopora* sp. 1, 1–2, LIEB-PI 679 Steinkern parcialmente preservado; 1, vista dorsal; 2, vista frontal. 3, LIEB-PI 685 fragmento de valva. 4, LIEB-PI 686 molde interno de valva dorsal, vista dorsal. Escala gráfica = 10 mm.

### *Rhynchopora* sp. 2

#### Figura 36

**Materiales.** Cara y contra de valvas ventrales MOZ-PI 9189 a y b; molde interno de valvas articuladas MOZ-PI 9346; Cara y contra de valvas dorsales MOZ-PI 9172, 9176 a, 9196, 9197, 9347; molde externo de valva dorsal MOZ-PI 9182. Otro material fragmentario MOZ-PI 9169, 9171, 9173, 9175, 9194.

**Procedencia geográfica.** Cerro Minas al pie occidental de la Cordillera del Viento, Andacollo, Neuquén.

**Procedencia estratigráfica.** Sección media de la Formación Huaraco (Comarca Neuquina), segundo nivel fosilífero.

**Descripción.** Conchilla de tamaño medio, perfil dorsibiconvexo, contorno subcircular a subelíptico (en sentido antero-posterior), y ancho máximo a mitad de la longitud de la conchilla. Exhibe ligero pliegue dorsal y seno ventral, ápice umbonal protuberante. Conchilla ornamentada con costillas gruesas, bien definidas, y líneas concéntricas. Dimensiones máximas de 22 mm de largo y 19 mm de ancho, con relación A/L de 0,8–1.

Valva ventral de contorno subelíptico, perfil levemente convexo, mayor convexidad en la región umbonal. Ápice umbonal protuberante y recto (aunque podría deberse al estado de preservación). Seno ventral somero, visible a mitad de la longitud valvar, se ensancha anteriormente y finaliza en una lengüeta levemente protuberante del margen anterior. Ornamentación de costillas radiales gruesas y simples, bien definidas, de sección redondeada (grosor de 1–1,2 mm medido a mitad de la valva). Las costillas inician desde el umbón, y se ensanchan hacia la comisura (excepcionalmente alguna surge por intercalación). Seno con 4–5 costillas, flancos hasta con 5, indistintas en los márgenes posterolaterales. Espacios intercostales bien definidos (en promedio 0,5 mm medido a mitad de la valva). También exhibe ornamentación de líneas concéntricas finas, con densidad de 2–3/ mm (medido en el margen lateral). Internamente, se destacan placas dentales orientadas subparalelamente entre ellas, extendiéndose aproximadamente un tercio de la longitud de la valva (6–7 mm en el espécimen MOZ-PI 9189 a).

Valva dorsal de contorno subcircular a subelíptico, perfil convexo, con mayor convexidad en la región umbonal. Ápice umbonal protuberante y agudo. Leve pliegue dorsal evidente a mitad de la longitud valvar, y apenas distinguible de los flancos, se ensancha anteriormente, proyectándose ligeramente del margen anterior. La superficie de la valva dorsal ornamentada igual que valva ventral, costillas radiales gruesas y líneas concéntricas finas. Pliegue dorsal con 4 costillas bien definidas, en flancos se contabilizan 5, hacia los márgenes posterolaterales las mismas se vuelven indistintas. Internamente exhibe septo medio dorsal relativamente corto (5 mm en el espécimen MOZ-PI 9346).

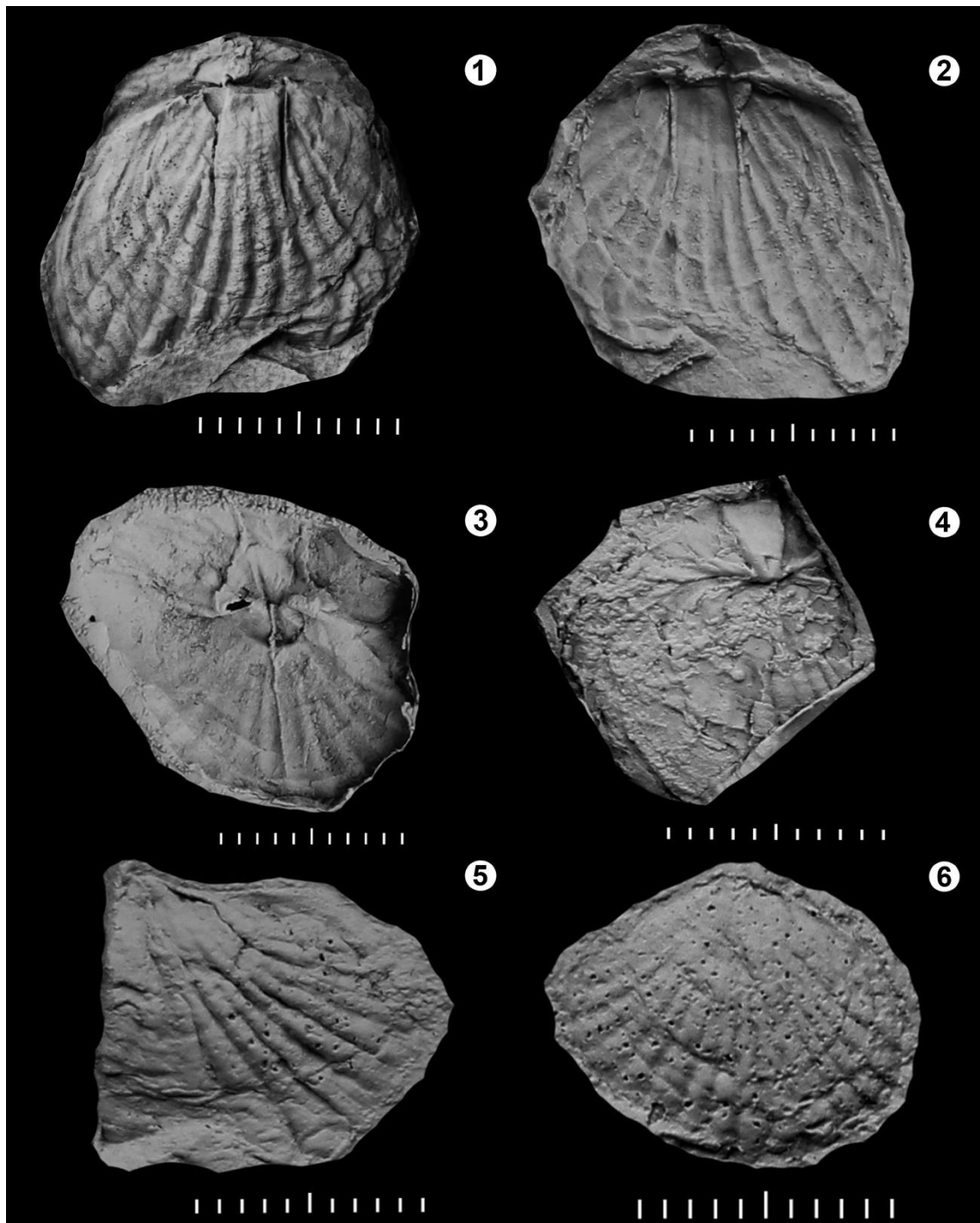
Crestas fosetales internas aparentemente muy desarrolladas y protuberantes. No se pueden observar otros caracteres.

**Discusión.** Las muestras provenientes del segundo nivel fosilífero de la Formación Huaraco, presentaban un deficiente estado de preservación, exhibiendo mayormente los caracteres externos. No obstante, en base al contorno, perfil dorsibiconvexo, ápice umbonal recto, seno ventral y pliegue dorsal someros, lengüeta levemente protuberante, y ornamentación de costillas radiales, es posible identificar al género *Rynchopora* de amplia distribución durante el Carbonífero–Pérmico.

Al comparar nuestros especímenes con los documentados por Cisterna & Simanaukas (2000), se destaca similitud en el contorno subcircular y perfil dorsibiconvexo. El material de Andacollo, como el de Sinclinal de Rincón Blanco estudiado por Cisterna & Simanaukas (2000), exhibe ornamentación de costillas gruesas redondeadas que inician desde el umbón e incrementan su tamaño hacia el margen anterior; además, exhiben finas líneas concéntricas. Ambos taxones exhiben seno ventral y pliegue dorsal someros, que se ensanchan anteriormente y son apenas distinguibles de los flancos, y se proyectan ligeramente del margen anterior. No obstante, difieren en el ancho máximo de la conchilla, el cual se ubica a mitad de la longitud valvar en el material de Huaraco, y levemente anterior a dicho punto, en los especímenes de Río del Peñón. En el material de Andacollo el ápice umbonal se aprecia recto, mientras que en el material de la Rioja es fuertemente curvado. En los especímenes analizados, el pliegue y el seno exhiben 4–5 costillas, y en flancos 6, mientras que los documentados en Río del Peñón exhiben 5 costillas en el pliegue y el seno, y 6 en los flancos. No obstante, estas diferencias hay que tomarlas con resguardo debido a que pueden ser producto de la preservación de los ejemplares y no diferencias morfológicas específicas.

Comparado con *Rynchopora* sp. 1, proveniente de la FCAN, difieren en el desarrollo del pliegue dorsal y cantidad de costillas; a partir del tercio anterior y con 5 costillas en *Rynchopora* sp. 1. A partir de la mitad de la longitud valvar y con 4 costillas en *Rynchopora* sp. 2. La densidad de líneas concéntricas también es diferente, siendo 4/mm en *Rynchopora* sp. 1, y 2–3/mm en *Rynchopora* sp. 2. No obstante la obtención de nuevo material de estudio con ejemplares mejor preservados es indispensable para mayor seguridad en la diferenciación de estas dos especies. Hasta el momento, se determina a los especímenes provenientes del segundo nivel fosilífero de la Formación

Huaraco, como *Rhynchopora* sp. 2; tal ocurrencia es la primera para este género en la Cuenca Neuquén.



**Figura 36.** 1–6, *Rhynchopora* sp. 2, 1–2, MOZ-PI 9189, 1, molde interno de valvas articuladas, vista ventral; 2, molde de silicona de interior de valva ventral, vista dorsal. 3, MOZ-PI 9346 molde de silicona de interior de valvas articuladas, vista posterior. 4, MOZ-PI 9642 molde de silicona de valvas articuladas, vista posterior. 5, MOZ-PI 9172 molde interno de valva dorsal, vista ventral. 6, MOZ-PI 9347 molde interno de valva ventral, vista ventral. Escala gráfica = 10 mm.

## CAPÍTULO 11. DISCUSIONES FINALES Y CONCLUSIONES

### 11.1. RECONOCIMIENTO DE LAS FAUNAS Y ACTUALIZACIÓN BIOESTRATIGRÁFICA

El presente trabajo actualiza el conocimiento sistemático de las faunas de braquiópodos del centro-oeste y sudoeste de Argentina en unidades escasamente conocidas hasta el presente, tales como, las formaciones Ciénaga Larga del Tontal y Cerro Agua Negra. En ambas unidades las referencias de braquiópodos fósiles datan de los años 90', y en el caso de la segunda unidad litoestratigráfica nunca se dieron a conocer determinaciones taxonómicas de los especímenes (Lech *et al.*, 1998; Taboada, 1999). Por su parte las formaciones El Imperial y Huaraco poseían conocimientos parciales de sus faunas. Puntualmente en el primer caso los antecedentes de estudios taxonómicos se remontaban a las descripciones pioneras de Dessanti (1945), Giudici (1971), y posteriores revisiones de Sabbatini *et al.* (1990). Mientras que, en el segundo caso los últimos antecedentes fueron dados a conocer en la comunicación de Taboada *et al.* (2014), quienes brindaron determinaciones taxonómicas preliminares. La actualización sistemática de dichas unidades litoestratigráficas implica mayor conocimiento bioestratigráfico para las mencionadas unidades pennsylvanianas del centro-oeste y sudoeste argentino (Fig. 49). En base al estudio de las faunas de la Formación El Imperial, se ha logrado individualizar un conjunto faunístico aparentemente con características propias, el cual es propuesto en este trabajo como Biozona de *Saltospirifer guevarai-Pericospira sanjuanensis*.





*Levipustula levis*; **M-M**, *Marginovatia-Maemia*; **S-P**, *Saltospirifer-Pericospira*; **T-S**, *Tivertonia-Streptorhynchus*; **Ca**, *Costatumulus amosi*. **AF**, *Archaeosigilaria-Frenguella*; **FNC**, *Frenguella-Nothorhacopteris-Cordaicarpus*; **NBG**, *Nothorhacopteris-Botrychiopsis-Gingophyllum*; **I**, Intervalo; **G**, *Gangamopteris*. **CV**, *Cordylosporites-Verrucosiporites*; **MQ**, *Reticulatisporites-Verrucosiporites*; **DMA**, *Raistrickia-Convolutispora* subzona A; **DMB**, *Raistrickia-Convolutispora* subzona B; **DMC**, *Raistrickia-Convolutispora* subzona C; **FS**, *Pakhapites-Vittatina*; **LW**, *Lueckisporites-Weylandites*. **A**, Fase Río Blanco; **B**, Fase epirogénica San Eduardo; **C**, Fase Orogénica Atacama; **D**, Fase Orogénica San Rafael. Tomado y modificado de Taboada (2014).

## 11. 2. RESPUESTAS A LAS HIPOTESIS DE TRABAJO PLANTEADAS

**H1:** La fauna de la base de la Formación Cerro Agua Negra, escasamente conocida, sería asimilable a la fauna de *Marginovatia-Maemia*, previamente reconocida en la sierra de Barreal de la Precordillera de San Juan (Subcuenca Calingasta-Uspallata). Las determinaciones taxonómicas realizadas a este material concluyeron la identificación de taxones vinculados a esta fauna, tales como, *Neochonetes (Neochonetes) granulifer*, *Reticularia notica*, *Marginovatia peregrina?*, y *Leiorhynchus* sp. 1, lo cual permite aceptar esta hipótesis.

**H2:** La fauna procedente de la Formación Ciénaga Larga del Tontal sería equiparable a las faunas reconocidas en la Precordillera, en los términos postglaciales posteriores a la fauna de *Levipustula levis*. El estudio de la fauna de esta unidad, procedente del Miembro de Conglomerados, ha permitido identificar la Fauna *Saltospirifer-Pericospira*, la cual posee registros en los horizontes fosilíferos inferiores de las formaciones El Imperial, Del Salto y Río del Peñón, y ha sido recientemente separada de la Fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus*. Este hecho permite aceptar la hipótesis planteada.

**H3:** Las faunas de las formaciones Alto Río Tunuyán y El Imperial serían afines a la asociación de *Tivertonia jachalensis-Streptorhynchus inaequiornatus* del centro-oeste de Argentina. El estudio detallado de la fauna de la Formación El Imperial, en las tres localidades fosilíferas donde se han hallado invertebrados marinos, ha permitido reconocer la Fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus*. Sin embargo, también permitió incrementar la resolución bioestratigráfica, al reconocer una nueva unidad denominada Biozona de *Saltospirifer guevarai-Pericospira sanjuanensis*. De esta manera la hipótesis solo se acepta en la localidad de Cañón de Atuel, mientras que debe ser rechazada en las localidades de Arroyo del Imperial y Quebrada de la Horqueta.

**H4:** Las sucesivas faunas de la Formación Huaraco de la Comarca Neuquina, exhibirían similitudes o estarían comprendidas en la cronozona de aquellas reconocidas más al norte de la Cuenca Neuquén, tales como *Marginovatia-Maemia* y *Tivertonia-Streptorhynchus*

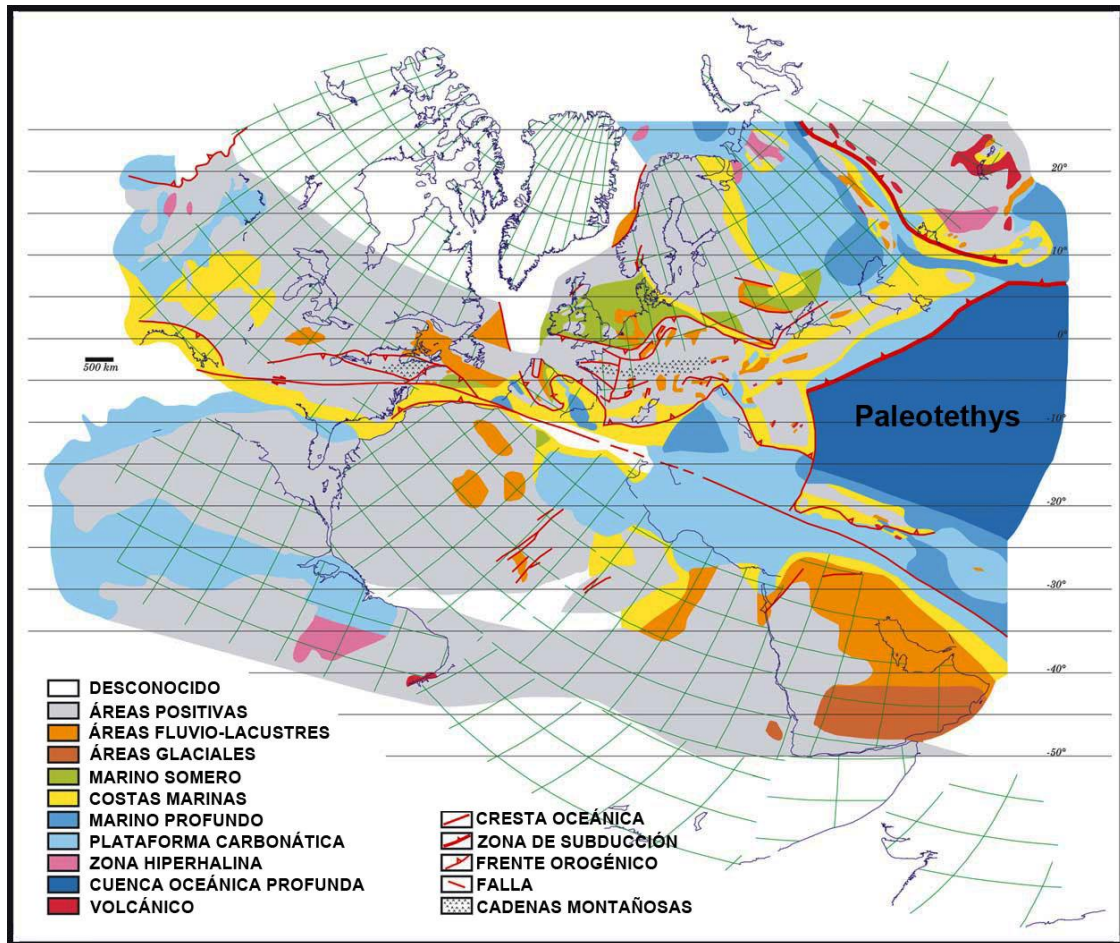
del centro-oeste de Argentina. En base al estudio de las faunas de braquiópodos de esta unidad se acepta esta hipótesis. En el primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco la presencia del taxón *Neochonetes (Neochonetes) granulifer* permitiría esta aseveración. Mientras que en el segundo nivel fosilífero se reconoce al taxón guía *Tivertonia jachalensis*, el cual permitiría la misma conclusión.

**H5:** Las faunas de la Formación Huaraco serían claves para el reconocimiento de marcados gradientes térmicos que habrían facilitado el ingreso de elementos de aguas más cálidas provenientes del norte, y posteriormente su reversión térmica incorporando taxones de aguas frías típicos de cuencas subpolares durante el Carbonífero tardío (e.g., Cuenca Tepuel-Genoa, Patagonia, Argentina). Particularmente, el estudio de la fauna del primer nivel fosilífero de la Formación Huaraco, evidencia taxones típicos de ambientes de aguas templadas a cálidas. Mientras que en el segundo horizonte fosilífero se reconocieron a los taxones *Tivertonia jachalensis* ocurriendo junto con *Lanipustula patagoniensis* (taxón guía de la fauna homónima en la subpolar Cuenca Tepuel-Genoa) hecho que permite señalar a la Formación Huaraco como un paleoecotono, al menos durante el Moscoviano. De esta manera se acepta la hipótesis.

### **11.3. FAUNAS DE MARGINOVATIA PEREGRINA-MAEMIA TENUISCOSTATA**

Entre las asociaciones faunísticas estudiadas, las cuales proceden de las formaciones Cerro Agua Negra (subcuenca Río Blanco) y Huaraco (Engolfamiento Neuquino), se pudieron determinar elementos paleontológicos clave mayormente relacionados a los Reinos Boreal y Paleoequatorial, los cuales habrían ingresado al margen sudoccidental de Gondwana (y al centro-oeste y sudoeste de Argentina), durante una etapa de mejoramiento climático en esta región. Transportados por corrientes marinas de aguas cálidas a templadas provenientes del norte (posiblemente corrientes circumequatoriales), revelando la naturaleza de la fauna de *Marginovatia-Maemia*, y la posición paleogeográfica del centro-oeste de Argentina durante el Bashkiriano tardío, además demostrando la condición generalizada del mejoramiento climático y el alcance de estas corrientes marinas hasta los sectores más australes. Muchos de los géneros reconocidos en esta fauna también se hallan en regiones paleoequatoriales, tales como, la Península Ibérica (España), Mid-Continent Basin (Estados Unidos y México), Moscú-Donets Basin (Kazajistán), entre otras (Martínez Chacón & Winkler Prins, 1977, 1998; Taboada, 1997, 2010; Torres Martínez & Sour Tovar, 2012).

Se ha establecido que para el lapso Baskiriano tardío habría ocurrido la colisión del supercontinente Gondwana con Laurasia, ocasionando el cierre del Océano Rheico (principal vía marítima transpangea), lo que habría permitido que las corrientes circumpolares se deflectaran en el margen occidental de Gondwana con dirección a los polos y que estas aguas templado-cálidas alcancen altas paleolatitudes durante el Serpukhoviano–Bashkiriano (Qiao & Shen, 2014). No obstante, existe evidencia paleontológica (*e.g.*, braquiópodos, moluscos, conodontes, entre otros) compartida entre las regiones de Estados Unidos y España, e incluso con la Plataforma Rusa, durante el Moscoviano (Vai, 2003; García Bellido & Rodríguez, 2005), sugiriendo que habría existido un corredor o vía marítima activa (Vía Ibérica), que permitió el intercambio faunístico entre estas regiones con el Mar Paleotethys y otras regiones periféricas (*e.g.*, Cuenca Moscú), y se estima que estuvo activa al menos hasta el Kasimoviano (Fig. 50). Por otra parte, Taboada & Shi (2009) propusieron el Corredor Austro-Panthalásico-Rheico el cual estuvo activo desde el Viséano tardío y permitió el intercambio biótico entre regiones de altas paleolatitudes del sur y norte, posiblemente este corredor faunístico también haya estado activo hasta el Moscoviano. Además, como fuera señalado por los mencionados autores, el intercambio biótico mediante este corredor habría sido favorecido por la Glaciación Gondwánica (al provocar variaciones/disminuciones del nivel de base), e intensificado posteriormente como lo demuestran las faunas de *Marginovatia-Maemia* y *Tivertonia-Streptorhynchus*, del centro-oeste de Argentina (Taboada & Shi, 2009; Shi & Waterhouse, 2010).



**Figura 50.** Reconstrucción paleobiogeográfica para el lapso Moscoviano, mostrando la Vía transpangea Ibérica. Tomado y Modificado de Vai (2003).

El conjunto de taxones reconocidos en esta contribución, brindan más elementos paleontológicos que refuerzan estas hipótesis de vías migratorias transpangea durante el Carbonífero tardío. Los géneros *Linoproductoides* y *Linispinus* de la Formación Huaraco, son claro ejemplo de esto. Estos géneros fueron descritos por Lazarev (2006, 2008), para la Cuenca de Moscú de la Provincia Paleobiogeográfica de los Urales. Y en opinión de Taboada *et al.* (2014), los especímenes de la Formación Huaraco serían similares a *Linoproductus platyumbonus*, registrado en las faunas de Mid-Continent Basin (Estados Unidos). De hecho, esta última especie ocurriendo junto con especies del género *Marginovatia* fue documentada por Torres Martínez & Sour Tovar (2012) en la región del sureste de México, denotando los fuertes vínculos de los taxones del Engolfamiento Neuquino con taxones paleoecuatoriales y boreales. La actualización taxonómica de las faunas de braquiópodos del Engolfamiento Neuquino, poseen implicancias paleobiogeográficas y paleoclimáticas sustanciales, el estudio de sus faunas permite

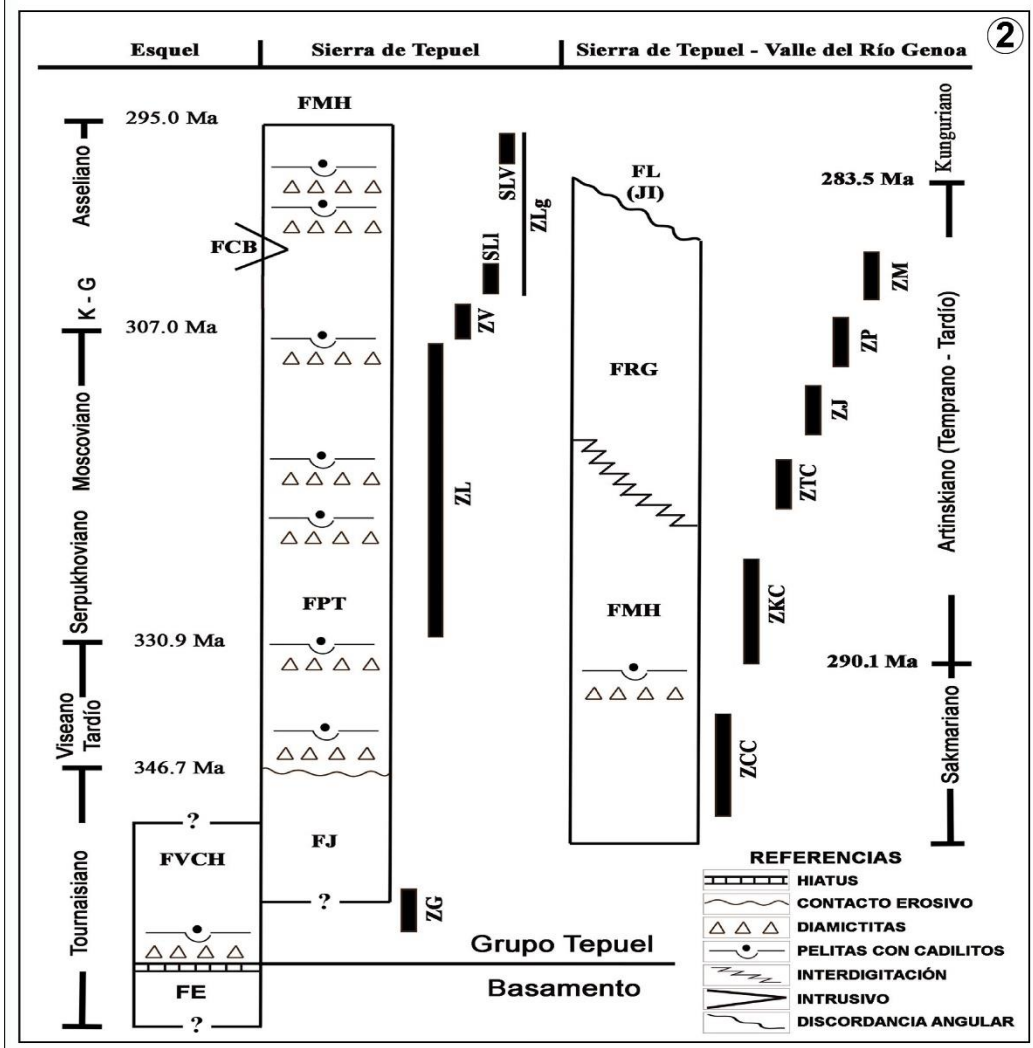
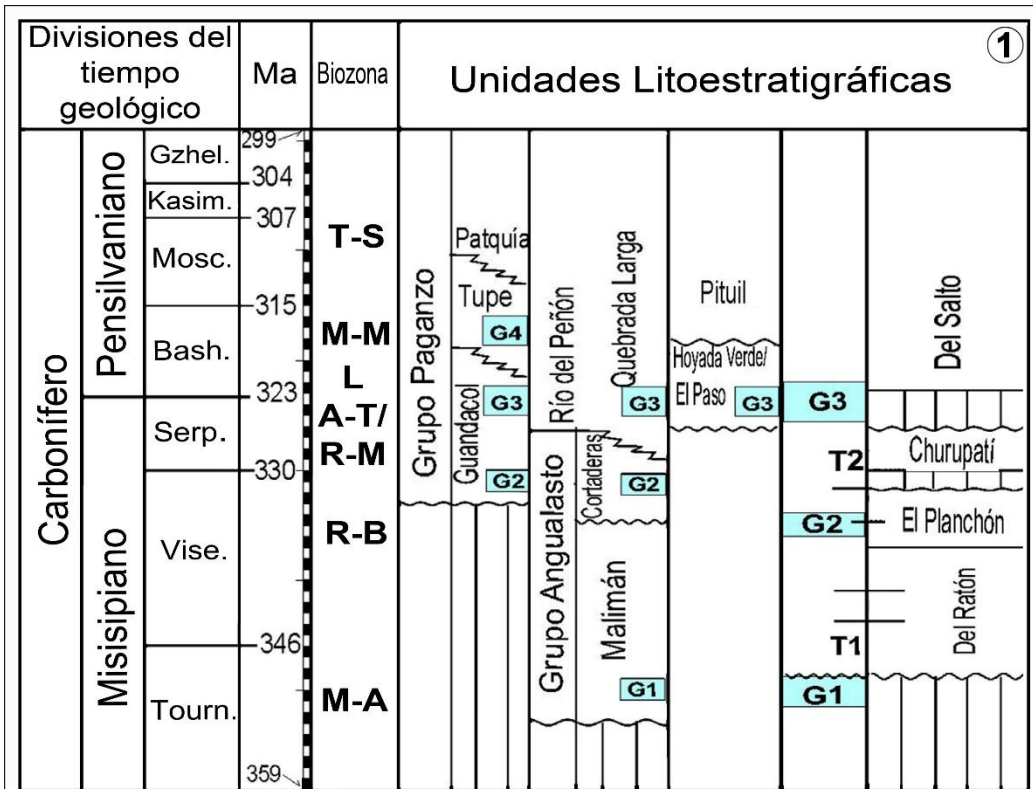
interpretar mejor la historia evolutiva en tiempo y espacio de estas comunidades marinas, como lo demuestra la fauna del segundo horizonte fosilífero de la Formación Huaraco.

Finalmente, las determinaciones taxonómicas realizadas en la Formación Cerro Agua Negra no solo permitieron corroborar sus vínculos con la Fauna M-M, sino que suman valiosos elementos paleontológicos al conocimiento de la misma, tales como, *Gonzalezius naranjoensis*, *Aseptella* sp. nov., y *Tuberculatella?* sp.

#### **11.4. FAUNAS DE *TIVERTONIA JACHALENSIS*-*STREPTORHYNCHUS* *INAEQUIORNATUS***

El contenido fosilífero de las formaciones El Imperial y Huaraco en los niveles fosilíferos estratigráficamente más altos, exhibieron elementos clave que permiten los nexos con esta extensa biozona. El análisis detallado de sus componentes y la posición estratigráfica de los niveles fosilíferos donde ocurren, nos permitió identificar una serie de taxones recurrentes en otras unidades cercanas, permitiendo proponer una nueva biozona con el fin de brindar mayor detalle bioestratigráfico para las cuencas del centro-oeste de Argentina, la misma se denominó Biozona de *Saltospirifer guevarai*-*Pericospira sanjuanensis* (Taboada *et al.*, 2021a).

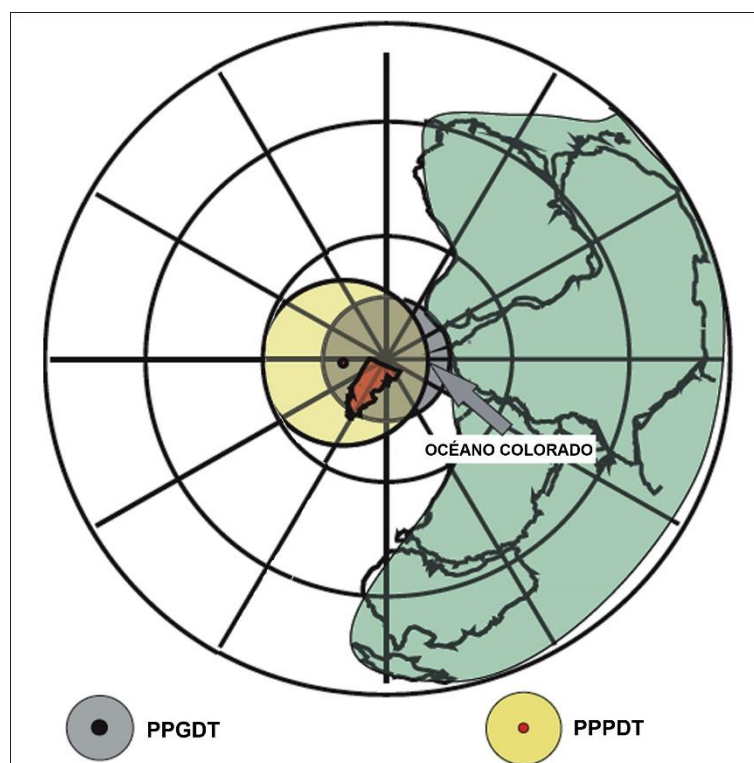
Por otra parte, el hallazgo de *Tivertonia jachalensis* ocurriendo junto con *Lanipustula patagoniensis* en el Engolfamiento Neuquino es un hecho fundamental para esclarecer el panorama paleobiogeográfico durante el Moscoviano, y las relaciones entre las faunas de medias y altas paleolatitudes del centro-oeste argentino y Patagonia, respectivamente. Durante parte del Serpukhoviano tardío y Bashkiriano las mismas habrían estado separadas mayormente por controles climáticos, como se manifiesta por la diferente composición taxonómica de las faunas de ambas regiones y el disímil registro geológico (Fig. 51). Para ese lapso de tiempo, Patagonia exhibe un mayor número de horizontes glaciales indicando que durante el Bashkiriano medio a tardío aún se encontraba bajo condiciones climáticas glaciales en paleolatitudes subpolares. Además de estos controles climáticos, las reconstrucciones paleogeográficas para el Carbonífero establecen que Patagonia habría estado desconectada del extremo austral sudamericano (Ramos, 2008; Pankhurst *et al.*, 2006), mediando entre ellas un pequeño océano denominado Océano Colorado (Rapalini *et al.*, 2010). La evidencia paleontológica hallada en el Engolfamiento Neuquino (*i.e.*, *Lanipustula patagoniensis*) sugiere que para el Moscoviano las corrientes marinas subpolares alcanzaron esta región, convirtiendo al Engolfamiento Neuquino en una zona de transición.



**Figura 51.** Esquemas estratigráficos de unidades clave, indicando los pulsos glaciales (G, diamictitas) y las unidades bioestratigráficas reconocidas. **1**, región del centro-oeste de Argentina. Tomado y modificado de Milana y di Pasquo (2019). **2**, región de Patagonia. Tomado de Taboada *et al.*, 2021b.

### 11.5. LA BARRERA TÉRMICA

Como se mencionó anteriormente las regiones del centro-oeste argentino y Patagonia estuvieron separadas durante el Carbonífero (Ramos, 2008). De hecho, durante el Carbonífero medio, Patagonia parece tener mayores afinidades con el este de Australia que con el centro-oeste de Argentina (Taboada & Shi, 2011). Además, la separación entre estas regiones delimitó el Océano Colorado, el cual debió haber existido desde el Devónico temprano, y desaparecido con la acreción de Patagonia al extremo austral de Sudamérica (Rapalini *et al.*, 2010) (Fig. 52). Sin embargo, esto no habría significado un impedimento para el intercambio biótico entre ambas regiones; el impedimento debió haber sido de tipo climático. Tal como se establece en los trabajos de McKerrow & Cocks (1986), Shen *et al.*, (2013), Qiao & Shen (2014), entre otros; los principales controladores de la distribución de los braquiópodos fueron la dinámica tectónica y los controles climáticos.

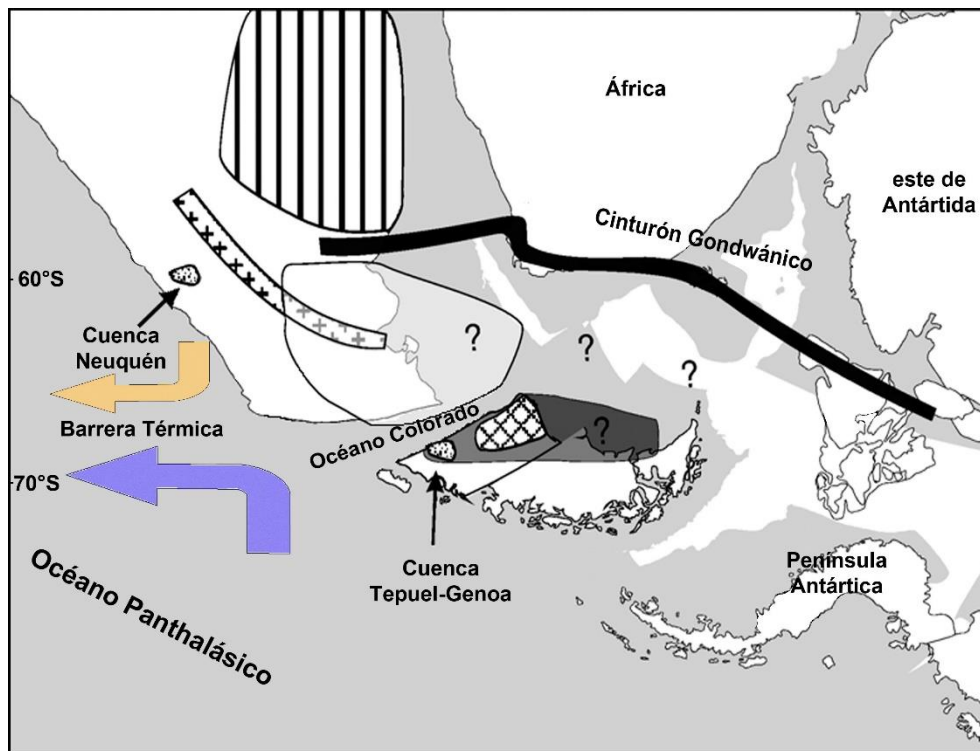


**Figura 52.** Reconstrucción paleogeográfica del hemisferio sur durante el Devónico temprano, basada en datos de paleomagnetismo, según Rapalini *et al.* (2010). **PPGDT**: paleopolo magnético de Gondwana durante el Devónico



temprano. **PPDPT**: paleopolo magnético de Patagonia durante el Devónico temprano. Tomado y modificado de Rapalini *et al.* (2010).

Durante el Bashkiriano tardío se produjo un cambio en las condiciones climáticas del centro-oeste argentino, volviéndose más templadas, mientras que en Patagonia persistieron las condiciones glaciales. Como consecuencia de esto la temperatura de las aguas entre ambas regiones fue diferente y es la que permitió que se instaure una “barrera térmica”. La misma se habría desarrollado en las paleolatitudes cercana los 60°, o entre estos y los 70°S (Fig. 53) (Taboada *et al.*, 2013), impidiendo el intercambio biótico entre las dos regiones con faunas adaptadas a diferentes medios, y de esta forma se produjo una segregación biótica latitudinal (Taboada, 2010; Taboada & Shi, 2011). Evidentemente las corrientes paleoecuatoriales alcanzaron la región del centro-oeste de Argentina trayendo con ellas a braquiópodos típicos de regiones paleoecuatoriales o boreales (tolerantes a aguas templadas) y estas corrientes se habrían deflectado en la mencionada paleolatitud. Mientras que las corrientes marinas que alcanzarían a Patagonia serían de tipo circumpolares, y solo permitiría el intercambio biótico en sentido longitudinal, entre Patagonia y otras regiones perigondwánicas (*i.e.*, el este de Australia) (Taboada, 2010).



**Figura 52.** Reconstrucción paleogeográfica del margen austral de Gondwana durante el Carbonífero medio-Pérmico tardío, mostrando el extremo sur de Sudamérica, Patagonia, el Océano Colorado y la Barrera térmica. Flecha clara:

corrientes marinas cálidas. Flecha oscura: corrientes marinas subpolares. Tomado y Modificado de Pankhurst *et al.* (2006).

Sin embargo, en base a la evidencia paleontológica hallada en el Engolfamiento Neuquino y analizada en el presente trabajo, posiblemente durante el Moscoviano la barrera térmica habría comenzado a ser franqueada por algunos taxones tolerantes a aguas templadas, como es el caso del taxón psicrofílico *Lanipustula patagoniensis*. Evidentemente el Engolfamiento Neuquino debió mediar entre las corrientes templado cálidas paleotropicales y las corrientes circumpolares, quizás ocupando una zona de transición o paleoecotono. No obstante, el registro geológico y paleontológico en la mencionada unidad no permite esclarecer que sucedió posteriormente, debido a que, en los niveles fosilíferos estratigráficamente más altos, solo se registran taxa de la Familia Syringothyrididae, posiblemente *Septosyringothyris*, un elemento ubicuo y cosmopolita (Cisterna, 2011). Además, en esta parte de la columna estratigráfica la Formación Huaraco evidencia eventos de somerización y continentalización, desapareciendo el registro marino (Taboada *et al.*, 2014).

Finalmente, durante el Asseliano–Sakmario, tanto en centro-oeste argentino como Patagonia, comparten múltiples taxones de braquiópodos, tales como los géneros *Costatumulus*, *Tivertonia*, *Coolkilella*, *Septosyringothyris*, producto de un progresivo mejoramiento climático a nivel global y la instauración de un régimen de mar alto o talasocrático, provocando la desaparición de la barrera térmica, y la libre circulación de una corriente marina que permitió el intercambio biótico. Se estima que finalmente al promediar el Periodo Pérmico, Patagonia colisiona con el margen austral sudamericano cerrando el Océano Colorado (Pankhurst *et al.*, 2006; Ramos, 2008; Rapalini *et al.*, 2010; Taboada & Shi, 2011; Taboada *et al.*, 2013).

## 11.6. CONSIDERACIONES FINALES

Durante el Paleozoico tardío la historia de la vida marina fue realmente dinámica, y evidencia lapsos de proliferación de las faunas, extinciones, migraciones, segregación biótica y ambiental, intercambio biótico, e incluso fenómenos aún no del todo comprendidos por la biología y la paleontología, como lo es la evolución paralela en altas paleolatitudes. Eventualmente todos estos cambios faunísticos están íntimamente ligados a la drástica dinámica tectónica de la conformación de Pangea y a los eventos climáticos

excepcionales que ocurrieron en este lapso, tal como, la transición climática *Icehouse to Greenhouse*.

En Argentina en la región del centro-oeste, dicha historia ha quedado documentada de manera casi completa, aunque fraccionada y dispersa, a causa del gran número de unidades litoestratigráficas definidas sin el adecuado conocimiento de sus faunas (Taboada, 1997). En este trabajo se estudiaron cuatro unidades escasamente conocidas desde el punto de vista paleontológico, y se desarrolló un extenso trabajo taxonómico de las faunas de braquiópodos. La identificación de distintas especies y taxones a niveles supraespecíficos permitió revelar la naturaleza de dichas faunas. Se sabe que las mismas se desarrollaron en un lapso durante el cual, el margen sudoccidental de Gondwana atravesaba un periodo de cambio climático, imperando condiciones climáticas atemperadas y relativamente cálidas, vinculado con la deriva de esta parte de Gondwana hacia menores paleolatitudes.

Los conjuntos faunísticos estudiados en esta contribución evidencian una historia compleja de migraciones desde y hacia regiones remotas, tales como, Estados Unidos, México, España, Kazajistán entre otras. Y a la vez aisladas de otras faunas coetáneas que se desarrollaron en mayores paleolatitudes, como las faunas de la Cuenca Tepuel-Genoa de Patagonia. Particularmente, la Fauna de *Marginovatia-Maemia* que ocurre posteriormente a la Fauna de *Levipustula* (extinguida posiblemente debido al progresivo cambio en las condiciones ambientales), evidencia que las corrientes marinas provenientes del norte, trajeron consigo braquiópodos de estas zonas. Incluso algunos de estos elementos se registran hasta la unidad más austral estudiada en este trabajo.

Posteriormente a la desaparición de la Fauna de *Marginovatia-Maemia* se reconocieron otras asociaciones, tales como, *Saltospirifer-Pericospira* y *Tivertonia-Streptorhynchus*. La primera es propuesta en este trabajo para diferenciarla de *Tivertonia-Streptorhynchus* ss. Estas faunas se asocian e indican paleolatitudes medias y se desarrollaron en aguas marinas templadas a cálidas (relativamente), siendo muy diversas no solo en el contenido de especies de braquiópodos sino en el contenido de invertebrados marinos en general (Sabattini *et al.*, 1990; Taboada, 2014). Particularmente la Fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus* fue la más generalizada en las cuencas del centro-oeste y sudoeste de Argentina. Las identificaciones taxonómicas realizadas confirman esta afirmación, brindando mayor resolución bioestratigráfica y entendimiento de los eventos paleobiológicos ocurridos con esta fauna, tales como, diversificación de taxones, ocurrencia longeva de algunos taxa (*i.e.*, *Streptorhynchus inaequiornatus*), tolerancia a

distintas condiciones ambientales (*i.e.*, *Lanipustula patagoniensis*). Lo cual revela una historia faunística compleja y si bien se intenta dar mayor comprensión y entendimiento de estos eventos bióticos, también en algunos casos plantean nuevos interrogantes, tales como la dispersión de los linoprodúctidos hallados en la Formación Huaraco, debido a que se hallan en estratos del Bashkiriano tardío en esta región, mientras que en la Cuenca Moscú donde se definieron originalmente se hallan en estratos moscovianos. Además, es destacable que no se registren estos elementos paleontológicos en otras formaciones coetáneas del centro-oeste de Argentina, donde ocurre la Fauna de *Marginovatia-Maemia*.

La presente contribución brinda nuevo conocimiento de las faunas de braquiópodos pennsylvanianos, en unidades que hasta el momento eran escasamente conocidas y poco exploradas. Además de brindar una interpretación de la dinámica de migraciones a lo largo del margen sudoccidental de Gondwana. La importancia de estudiar estas faunas y su dinámica espacio-temporal radicaría en que se ha especulado que los mares del Triásico, posteriores a la gran extinción de fines del Periodo Pérmico, se habrían repoblado sustancialmente desde el hemisferio sur, ya que la extinción aparentemente fue asimétrica en su distribución y efectos, y estuvo en función de la paleolatitud.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abramoff, M. D., Magalhães, P. J., & Ram, S. J. (2004). Image Processing with Image J. *Biophotonics International*, 11, 36–42.
- Abramov, B. S. (1970). Biostratigrafiya kamennougol'nykh otlozhenii Sette-Dabana (Biostratigraphy of the Carboniferous Deposits of Sette-Daban, southern Verkhoyan). *Akad Nauk SSSR, Sib. Otdel., Yakutsk. Fil., Inst. Geol.* (Moscow), p.178. Pl. 38.
- Afanasjeva, G.A., Bogoslovskaya, M. F., Lazarev, S. S., Pavlova, Y. Y. & suur'suren (1988). New taxa of Visean brachiopods and ammonoids from the Gobi Altai. In: *Novyye iskopyemye bespozvonochnyye Mongolii* (New Fossil Invertebrate from Mongolia). *Tr. Sovm. Sov. Mong. Paleont. Eksped.* Vol (33), pp. 51–58.
- Amos, A. J. (1957). New syringothyrid brachiopods from Mendoza, Argentina. *Journal of Paleontology*, 31(1), 99–104.
- Amos, A. J. (1958a). Algunos Spiriferaceae y Terebratulacea (Brachiopoda) del Carbonífero Superior del Sistema Tepuel (Provincia del Chubut). *Contribución Científica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Serie Geología*, 2(3), 95–108.
- Amos, A. J. (1958b). Some Lower Carboniferous brachiopods from the Volcan Formation, San Juan, Argentina. *Journal of Paleontology*, 5(32), 838–845.
- Amos, A. J. (1961a). Algunos Chonetacea y Productacea del Carbonífero Inferior y Superior del Sistema de Tepuel, Provincia de Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 15(1–2), 81–108.
- Amos, A. J. (1961b). Una nueva especie de *Nudirostra* del Carbonífero de San Juan y Patagonia. *Ameghiniana*, 2(3), 49–52.
- Amos, A. J. (1964). A review of the marine Carboniferous stratigraphy of Argentina. *Proceeding 22 International Geological Congress* (Vol. 9, pp. 53–72). Calcutta, India.
- Amos, A. J. (1972). Las cuencas carbónicas y pérmicas de Argentina. *Simposio Internacional, Sistema Carbónico-Pérmico América do Sul. Anales de la Academia Brasileira de Ciencias* (Vol. 44, pp. 27–36).
- Amos, A. J. (1979). *Guía Paleontológica Argentina. Parte I: Paleozoico. Faunas Carbónicas y Pérmicas*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.
- Amos, A. J. (1980). Una nueva formación de edad Carbónica, debajo de la presa Agua del Toro, río Diamante, Mendoza, Argentina. *Actas del 2 Congreso Argentino*

*de Paleontología y Bioestratigrafía y 1 Congreso Latinoamericano de Paleontología* (Vol. 4, pp. 3–10).

- Amos, A. J. & Roller, E. O. (1965). El Carbónico marino en el Valle de Calingasta-Uspallata (San Juan-Mendoza). *Boletín de Informaciones Petroleras*, 368, 50–71.
- Amos, A. J. & Sabattini, N. (1969). Upper Paleozoic faunal similitude between Argentina and Australia. *IUGS Symposium Gondwana stratigraphy*, 2, 235–248.
- Amos, A. J., Baldis, B., & Csaky, A. (1963). La fauna del Carbónico medio de la Formación La Capilla y sus relaciones geológicas (Calingasta, San Juan). *Ameghiniana*, 3(4), 123–134.
- Andreis, R. R., Archangelsky, S., González, C. R., López Gamundí, O., Sabattini, N., Aceñolaza, F. G., Azcuy, C. L., Cortinas, J., Cuerda, A., & Cúneo, R. (1987). Cuenca Tepuel-Genoa. *El Sistema Carbonífero de la República Argentina* (pp. 169–196).
- Angiolini, L., Cisterna, G. A., Mottequin, B., Shen, S-Z., & Muttoni, G. (2021). Global Carboniferous brachiopod biostratigraphy. *Geological society, London, Special publications*, 512(1), 497–550.
- Antelo, B. (1972). Los Braquiópodos del Carbonífero Superior de la Quebrada Larga, en las cabeceras del Río Blanco, provincia de San Juan. *Ameghiniana*, 9(2), 159–172.
- Aparicio, E. P. (1969). Contribución al conocimiento de la edad de los sedimentos del arroyo de Agua Negra, Departamento de Iglesia, San Juan, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 24(4), 351–356.
- Archangelsky, S., Azcuy, C. L., González, C. R., & Sabattini, N. (1987). El Sistema Carbonífero en la República Argentina. Correlación general de biozonas. *El Sistema Carbonífero en la República Argentina* (pp. 281–292).
- Archangelsky, S., González, C., Cúneo, R., Mazzoni, A. F., Hünicken, M. A., & Gutiérrez, P. R. (1996). Paleontología, bioestratigrafía y paleoecología de las Cuencas Paganzo, Calingasta-Uspallata, Río Blanco y San Rafael. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba, Argentina, 177–202.
- Archbold, N. W. (1980). Studies on Western Australian Permian Brachiopods. 1. The Family Anopliidae (Chonetida). *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 91(2), 181–192.
- Archbold, N. W. (1981). Studies on Western Australian Permian Brachiopods 2. The Family Rugosochonetidae Muir-Wood, 1962. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 93(2), 109–128.

- Archbold, N. W. (1982). Classification and evolution of the brachiopod family Rugosochonetidae Muir-Wood 1962. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 94(1), 1–10.
- Archbold, N. W. (1983). Studies on Western Australian Permian Brachiopods. 3. The Family Linoproductidae Stehli 1954. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 95(4), 237–254.
- Archbold, N. W. (1993). Studies on Western Australian Permian Brachiopods. 11. New Genera, Species and Records. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 105(1), 1–29.
- Archbold, N. W. (1995). Studies on Western Australian Permian Brachiopods. 12. Addition to the late Asselian-Tastubian faunas. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 107(2), 95–112.
- Archbold, N. W. (1996). Studies on Western Australian Permian Brachiopods. 13. The fauna of the Artinskian Mingenew Formation, Perth Basin. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 108(1), 17–42.
- Archbold, N. W. (1998). Correlations of the western Australian Permian and Permian ocean circulation patterns. *Proceedings-Royal Society of Victoria*, 110, 85–106.
- Archbold, N. W. (1999). Additional records of Permian Brachiopods from near Rat Buri, Thailand. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 111(1), 71–86.
- Archbold, N. W. (2000). Palaeobiogeography of the Australasian Permian. *Memoir of the Association of Australasian Palaeontologist*, 23, 287–310.
- Archbold, N. W., & Gaetani, M. (1993). Early Permian Brachiopoda and Mollusca from the northwest Himalaya, India. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 99(1), 27–56.
- Archbold, N. W., & Simanaukas, T. (2001). New strophalosiidae (Brachiopoda) from the Early Permian of Argentina. *Royal society of Victoria. Proceedings*, 113(2), 217–227.
- Archbold, N. W., Cisterna, G. A., & Sterren, A. F. (2005). Lingulida (Brachiopoda) the early Permian of Argentina. *Proceeding of the Royal Society of Victoria*, 117(2), 307–317.
- Arias, W. E., & Azcuy, C. L. (1986). El Paleozoico superior del Cañón del Río Atuel, Provincia de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 41(3–4), 262–269.

- Arrondo, O. G., & Scalabrini Ortiz, J. (1978). Contribución al conocimiento de las Sierras Pintadas y nota sobre el hallazgo de un nuevo nivel marino en la Formación El Imperial (San Rafael, Mendoza). *Acta Geológica Lilloana (suplemento)*, 14, 105–110.
- Azcuy, C. L., & Morelli, J. R. (1970a). Geología de la comarca Paganzo-Amaná. El Grupo Paganzo. Formaciones que lo componen y sus relaciones. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 25(4), 405–429.
- Azcuy, C. L., & Morelli, J. R. (1970b). The Paganzo Basin. Tectonic and sedimentary characteristics of the Gondwana sequences in northwestern Argentina. *Second Gondwana Symposium* (Vol. 1, pp. 241–247). South Africa.
- Azcuy, C. L., Arias, W., & Cuerda, A. (1986): Cuenca San Rafael. En: S. Archangelsky (Ed.), *El Sistema Carbonífero en la Republica Argentina*, *Academia Nacional de Ciencias*, (6), 153–168. Córdoba.
- Azcuy, C. L., Longobucco, M. I., Alvarez, L., & Strelkov, E. (1987). Licofitas arborescentes de la Formación Cerro Agua Negra (Provincia de San Juan). *Ameghiniana*, 24(3–4), 257–261.
- Azcuy, C. L., Carrizo, H. & Caminos, R. (1999). Carbonífero y Pérmico de las Sierras Pampeanas, Famatina, Precordillera, Cordillera Frontal y Bloque de San Rafael. En Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, *Anales*, 29(12), 261–318.
- Azcuy, C. L. & di Pasquo, M. (1999). *Carbonífero Pérmico de las Sierras Subandinas, Cordillera Oriental y Puna*. En Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales, *Anales*, 29(11), 239–260.
- Azcuy, C., Beri, A., Bernardes de Oliveira, M. E. C., Carrizo, H. A., di Pasquo, M. M., Díaz Saravia, P., González, C. R., Iannuzzi, R., Lemos, V., Melo, J. H. G., Pagani, A., Rohn, R., Rodríguez Amenábar, C., Sabattini, N., Souza, P. A., Taboada, A., & Vergel, M. M. (2007). Bioestratigrafía del Paleozoico superior de América del Sur: primera etapa de trabajo hacia una nueva propuesta cronoestratigráfica. *Asociación Geológica Argentina* (pp. 9–65). Serie D, publicación especial No. 11.
- Bambach, R. K. (1990). Late Palaeozoic provinciality in the marine realm. *Geological Society, London, Memoirs*, 12(1), 307–323.
- Banchig, A. L., Milana, J. P. & Lech, R. (1997). Formación Casa de Piedra, una nueva unidad neopaleozoica glacialmarina en las Sierra del Tontal, Precordillera



- Occidental, San Juan. *II Jornadas de Geología de Precordillera* (pp. 19–21). San Juan.
- Barchatova, V. P. (1970). Biostratigrafiyab karbona i nizhneii Permi severnogo Timana [Biostratigraphy of the Carboniferous and Lower Permian of Northern Timan]. Trudy Vsesoyuznogo Neftianogo Nauchno-Issledovatel'skogo Geologorazvedochnogo Instituta (VNIGRI) 283:1–228, 21 pl. In Russian.
  - Barredo, S., & Ottone, E. G. (2003). Formación Ciénaga Larga del Tontal: nomen novum para la Formación Casa de Piedra, Carbonífero, Precordillera de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 58(2), 267–270.
  - Benedetto, J. L. (2012). El continente de Gondwana a través del tiempo. *Una introducción a la Geología Histórica*.
  - Borrello, A. V., & Cuerda, A. J. (1965). *Grupo Rincón Blanco:(Triásico-San Juan)*. Comisión de Investigación Científica.
  - Briggs, D. J. C. (1998). Permian Productidina and Strophalosiidina from the Sydney-Bowen Basin and New England Orogen: systematics and biostratigraphic significance. *Memoir of the Association of Australasian Palaeontologists*, 19, 1–258.
  - Bronn, H. G. (1862). Die klassen und Ordnungen der Wheichthiere (Malacozoa), Vol. 30(1), p. 518, Pl. 44.
  - Bruguière, J. G. (1797). Vers, Coquilles, Mollusques et Polypes. *Tableau Encyclopédique et Méthodique des trois Règnes de la nature*. Agasse, Paris. T. 2, Pls. [Lingula: Pl. 250, fig. 1a-c].
  - Brunton, C.H.C. (2007). Order Productida. In *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Part H, Brachiopoda, Revised, vol. 6 (Selden, P. A.; editor). Geological Society of America and the Paleontological Institute of Kansas: 2321–3226. Boulder and Lawrence.
  - Brunton, C. H. C. & Lazarev, S. S. (1997). Evolution and classification of the Productellidae (Productidae), Upper Palaeozoic Brachiopods. *Journal of Paleontology*, 71(3), 381–394.
  - Brunton, C. H. C., Lazarev, S. S., & Grant, R. E. (1995). A review and new classification of the brachiopods Order Productida. *Palaeontology*, 38(4), 915–936.
  - Brunton, C. H. C., Lazarev, S. S., & Grant, R. E. (2000). Productida. In R. L. Kaesler (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 2, 3* (pp. H350–H643). Geological Society of America and University of Kansas Press.

- Cabaleiro, A. A. (1986). *Geología de las adyacencias de los puestos Pantanito y Agua de las Yeguas, Departamento de San Rafael, provincia de Mendoza*. (Tesis de licenciatura, Universidad de Buenos Aires).
- Caminos, R. L. (1965). Geología de la vertiente oriental del Cordón del Plata, Cordillera Frontal de Mendoza, Argentina. *Revista de la asociación Geológica Argentina*, 20(2), 351–392.
- Caminos, R. (1972). Cordillera Frontal. En Leanza (Ed.): *Geología Regional Argentina*, 304–343. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
- Caminos, R. (1979). Cordillera Frontal. 2° *Simposio de Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba (1, 397–453). Córdoba.
- Campbell, K. S. W. (1957). A Lower Carboniferous brachiopod-coral fauna from New South Wales. *Journal of Paleontology*, 34–98.
- Cañas, J. M., Cávana, M. C., & Pons, M. J. (2022). Identificación litológica y de alteraciones hidrotermales mediante el uso de imágenes satelitales, Distrito Andacollo, Neuquén. *Actas del XXI Congreso Geológico Argentino*. Puerto Madryn.
- Carrizo, H., & Azcuy, C. (2000). New paleobotanical evidence from the Valle Chico formation (Lower Carboniferous), Chubut Province, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 55(3), 211–215.
- Carter, J. L., & Johnson, J. G. (2006). Spiriferinida. In R. L. Kaesler (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 5* (pp.1877–1938). Geological Society of America and University of Kansas Press.
- Carter, J. L., Johnson, J. G., Gourvennec, R., & Hong-Fei, H. (2006). Spiriferinida. In R. L. Kaesler (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 5* (pp. 1689–1823). Geological Society of America and University of Kansas Press.
- Césari, S. N., & García, G. B. (1988). Algunos elementos de la flora tupense (Carbonífero) en la Cuenca San Rafael, Argentina. *Ameghiniana*, 25(4), 357–363.
- Césari, S. N., & Gutiérrez, P. R. (2001). Palynostratigraphy of Upper Paleozoic sequences in central-western Argentina. *Palynology*, 24(1), 113–146.
- Césari, S. N., Limarino, C. O., & Gulbranson, E. L. (2011). An Upper Paleozoic bio-chronostratigraphic scheme for the western margin of Gondwana. *Earth-Science Reviews*, 106(1–2), 149–160.
- Césari, S. N., Gutiérrez, P. R., Sabattini, N., Archangelsky, A., Azcuy, A. L., Carrizo, H. A., Cisterna, G., Crisafulli, A., Cúneo, R. N., Díaz Saravia, P., Di Pascuo, M., González, C. R., Lech, R., Pagani, M. A., Sterren, A., Taboada, A. C. & Vergel,

- M. M. (2007). Paleozoico superior de Argentina un registro fosilífero integral en el Gondwana occidental. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 11(1), 1–22.
- Chao, Y. T. (1927). Productidae of China, Pt. 1. Producti. *Palaeontologia Sinica, Series B*, 5, 1–244.
  - Chen, Z. Q., & Shi, G. R. (2006). Artinskian–Kungurian (Early Permian) brachiopod faunas from the Tarim Basin, Northwest China, part 1: biostratigraphy and systematics of productida. *Palaeontographica. Abteilung A, paläozoologie, stratigraphie*, 274, 113–177.
  - Chen, Z. Q., & Benton, M. J. (2012). The timing and pattern of biotic recovery following the end-Permian mass extinction. *Nature Geoscience*, 5(6), 375–383.
  - Cicciooli, P. L., Limarino, C. O., Isbell, J. L., Taboada, A. C., Pagani, M. A., & Gulbranson, E. L. (2020). Interpreting detrital modes and geochemistry of sandstones from the late Paleozoic Tepuel-Genoa Basin: Paleogeographic implications (Patagonia, Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, 104, 102858.
  - Cingolani, C. A., & Ramos, V. A. (2017). Pre-Carboniferous tectonic evolution of the San Rafael block, Mendoza province. *Pre-carboniferous evolution of the San Rafael Block, Argentina* (pp. 239–255). Springer, Cham.
  - Cisterna, G. (1996). Spiriferida y Rhynchonellida (Brachiopoda) en la Formación Jagüe, Carbonífero Inferior, provincia de la Rioja, Argentina. En *Memorias, XII Congreso Geológico de Bolivia* (Vol. 2, pp. 429–434). Bolivia.
  - Cisterna, G. A. (2010). Earliest Permian Brachiopods faunas of west-central Argentina: Defining the Pennsylvanian–Permian boundary in Gondwana. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 298(1–2), 91–100.
  - Cisterna, G. A. (2011). Morphology and systematics of late Palaeozoic syringothyrid brachiopods from West-Central Argentina. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists*, 41, 315–325.
  - Cisterna, G., & Archbold, N. (2007). Spiriferoidea (Brachiopoda) from the Early Permian Del Salto Formation of Argentina. *Alcheringa*, 31(1), 3–16.
  - Cisterna, G. A., & Isaacson, P. E. (2003). A new Carboniferous brachiopod genus from South America. *Alcheringa*, 27(1), 63–73.
  - Cisterna, G. A., & Simanaukas, T. (1999). *Aseptella* (Brachiopoda) en el Paleozoico tardío de Argentina. *Revista Española de Paleontología*, 14(1), 1–7.

- Cisterna, G. A., & Simanaukas, T. (2000). Brachiopods from the Río del Peñón Formation, Río Blanco Basin, Upper Palaeozoic of Argentina. *Revista Española de Paleontología*, 15(2), 129–151.
- Cisterna, G. A., Archbold, N. W., & Simanaukas, T. (2002a). The Permian brachiopod genus *Trigonotreta* Koenig and its occurrence in Argentina. *Ameghiniana*, 39(2), 213–220.
- Cisterna, G. A., Archbold, N. W., & Simanaukas, T. (2006). Palaeobiogeographical affinities of the Argentine Precordilleran Late Palaeozoic brachiopod faunas. *Alcheringa*, 30(2), 251–262.
- Cisterna, G. A., Simanaukas, T., & Archbold, N. W. (2002b). Permian brachiopods from the Tupe Formation, San Juan Province, Precordillera, Argentina. *Alcheringa*, 26(1), 177–200.
- Cisterna, G. A., & Sterren, A. F. (2007). Early Permian marine fauna from the Quebrada Larga Formation, San Juan Province, Argentine Precordillera: Biostratigraphical implications. *Acta Geológica Lilloana*, 20(1), 113–118.
- Cisterna, G. A., & Sterren, A. F. (2008). Late Carboniferous *Levipustula* fauna in the Leoncito Formation, San Juan province, Argentine Precordillera: Biostratigraphical and Palaeoclimatological implications. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 120(1), 137–147.
- Cisterna, G. A. & Sterren, A. F. (2010). "Levipustula Fauna" in central-western Argentina and its relationships with the carboniferous glacial event in the southwestern Gondwanan margin. In: López Gamundí, O. R., Buatois, L. A. (eds.) Late Paleozoic Glacial Event and Postglacial transgressions in Gondwana. Geological Society of America Special Paper 468, pp. 133–147.
- Cisterna, G. A. & Sterren, A. F. (2016). Late Carboniferous postglacial brachiopods fauna in the southwestern Gondwana margin. *Palaeoworld*, 25, 569–580.
- Cisterna, G. A., Sterren, A. F., & Archbold, N. W. (2006). A review of the *Tivertonia jachalensis*-*Streptorhynchus inaequiornatus* Biozone in La Delfina Creek, San Juan Province, Argentina. *Ameghiniana*, 43(2), 487–491.
- Cisterna, G. A., Sterren, A. F., & Gutiérrez, P. R. (2011). The Carboniferous–Permian boundary in the central western Argentinean basins: paleontological evidences. *Andean Geology*, 38(2), 349–370.

- Cisterna, G. A., Sterren, A. F., López Gamundí, O., & Vergel, M. D. M. (2017). Carboniferous postglacial faunas in the late Serpukhovian–Bashkirian interval of central-western Argentina. *Alcheringa*, 41(3), 413–431.
- Cisterna, G. A. & Taboada, A. C. (1997). *Reticularia* M'coy y *Leiorhynchus* Hall (Brachiopoda) en la Formación Pituil, Carbonífero Superior, provincia de San Juan. *Ameghiniana*, 34(1), 107–112.
- Comité Argentino de Estratigrafía. (1992). Código Argentino de Estratigrafía. *Asociación Geológica Argentina*, Serie B, Didáctica y Complementaria, 20, 1–64. Buenos Aires,
- Cooper, G. A. (1957). Permian brachiopods from central Oregon. *Smithsonian Miscellaneous collections*, 134(12), 1–96.
- Cooper, G. A., & Grant, R. E. (1975). Permian Brachiopods of West Texas, III (Part.1). *Smithsonian Institution Press*, 19, 1049–1055.
- Correa, G. A., & García, G. (2018). Nuevo sitio fosilífero de braquiópodos en la Cuenca Paganzo, implicancias paleogeográficas y correlaciones: la clásica localidad de Retamito, San Juan. VII Simposio Argentino del Paleozoico superior-VII SAPS- Libro de Resúmenes. *Revista del Museo de La Plata*, 3, 10R.
- Correa, G. A., Drovandi, J., Taboada, A., Colombi, C., & Conde, O. (2022). The collapse of the Protoprecordillera and unification of the Paganzo and Calingasta-Uspallata basins: Retamito Formation a key in the integrative biostratigraphic and palaeoenvironmental model. *Journal of South American Earth Sciences*, 119(2022), 103997.
- Costas, M. N. (1964). Informe Preliminar Acerca de Observaciones en la quebrada de Agua Negra y del hallazgo de fósiles marinos del Carbónico (San Juan). *Instituto Nacional de Geología y Minería*. (Informe inédito). Buenos Aires.
- Criado Roque, P. (1972). Bloque de San Rafael. En: Leanza (Ed.) Primer Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias Córdoba, 237–287.
- Cucchi, R. J. (1980). La Formación Esquel: nueva interpretación estratigráfica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35(2), 167–173.
- Cuerda, A. J. (1965). Estratigrafía de los depósitos neopaleozoicos de la sierra de Maz (provincia de La Rioja). 2° *Jornadas de geología Argentina*, actas, 3, 79–94. Salta
- Cuerda, A. J., Cingolani, C. A., Varela, R., & Schauer, O. C. (1986). Cámbrico y Ordovícico en la Precordillera de San Juan.

- Cvancara, A. M. (1958). Invertebrate fossils from the lower Carboniferous of New South Wales. *Journal of Paleontology*, 846–888.
- Damborenea, S. E. (1974). Geología del cerro colorado del cementerio, Barreal, provincia de San Juan (República Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 29 (2), 249–263.
- Danielli, J., Casé, A., & Deza, M. (1999). El distrito minero de Andacollo, Neuquén. *Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales*, 1349–1364.
- Dagys, A. S. (1972). Morphology and systematics of Mesozoic retsioid brachiopods. *Akademiâ Nauk SSSR, Sibirskoe Otdelenie, Institut Geologii I Geofiziki, Trudy* 112: 94–105. [in Russian].
- Davidson, T. (1848). Mémoire sur les Brachiopodes du Systeme Silurien supérieure de l'Angleterre. *Société Géologique de France, Bulletin. Serie 2, 5*, 309–338, 370–374.
- Davidson, T. (1882). A Monograph of the British Fossil Brachiopoda. Vol. V. Part I. Devonian and Silurian Supplements. Pages 1–134; Plates I–VII. *Monographs of the Palaeontographical Society*, 36(172), 1–134.
- Dessanti, R. N. (1945). Sobre el hallazgo del carbónico marino en el Arroyo del Imperial de la Sierra Pintada (Departamento de San Rafael, Provincia de Mendoza). *Notas del Museo de La Plata, Geología* 10, 42, 205–220.
- Dessanti, R. N. (1956). *Descripción Geológica de la Hoja 27c, Cerro Diamante* (Provincia de Mendoza). Boletín de la Dirección Nacional de Minería, 85, 1–79.
- Dessanti, R. N., & Caminos, R. L. (1967). Edades Potasio-Argón y Posición Geológica de Algunas Rocas Ígneas y Metamórficas de la Precordillera, Cordillera Frontal y Sierras de San Rafael, Provincia de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 22(2), 135–162.
- De Verneuil, E. (1845). Paléontologie, mollusques, brachiopodes. *Geologie de la Russie d'Europe et des Montagnes de l'Oural*, 2(3), 17–395.
- Dicaro, S., Pons, M. J., González, S. N., & Greco, G. A. (2022). Estratigrafía de los Cerros San Pedro y Los Pajaritos, Distrito Minero Andacollo, Neuquén. *Actas del XXI Congreso Geológico Argentino*. Puerto Madryn.
- Digregorio, J. (1972). Neuquén. En A. F. Leanza (Ed.). *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba, p. 439–506.

- Dineen, A. A. (2010). Regional paleoecology of near-field marine faunas during the late Paleozoic Ice Age, western Argentina. Masters degree, University of Wisconsin-Milwaukee.
- Di Persia, C. (1969). Breve nota sobre la edad de la denominada Serie de la Horqueta, zona Sierra Pintada, Departamento de San Rafael (provincia de Mendoza). *Actas IV Jornadas de Ciencias Geológicas*, III, 29–41.
- d'Orbigny, A. (1847). Considérations zoologiques et géologiques sur les Brachiopodes ou Palliobranches. *Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 25(7), 266–269.
- Duméril, A. M. C. (1806). Zoologie analytique ou method naturelle de classification des animaux. Allais, pp. 334. Paris.
- Dunbar, C. O. (1955). Permian Brachiopod Faunas of Central East Greenland. *Meddelelserom Groenland (Copenhagen)*, 110(3), 1–169.
- Dunbar, C. O. & Condra, G. E. (1932). Brachiopoda of the Pennsylvanian System in Nebraska. *Nebraska Geological Survey Bulletin*, 5(series 2), 1–377.
- Espejo, I. S. (1990). *Analisis estratigráfico, paleoambiental y de proveniencia de la Formación El Imperial, en los alrededores de los ríos Diamante y Atuel, provincia de Mendoza*. (Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires). Buenos Aires. Disponible en [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_2367\\_Espejo.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2367_Espejo.pdf)
- Espejo, I. S., & López Gamundí, O. R. (1994). Source versus depositional controls on sandstone composition in a foreland basin; the El Imperial Formation (Mid Carboniferous–Lower Permian), San Rafael Basin, western Argentina. *Journal of Sedimentary Research*, 64(1), 8–16.
- Ezpeleta, M., Rustán, J. J., Balseiro, D., Dávila, F. M., Dahlquist, J. A., Vaccari, N. E., Sterren, A. F., Prestianni, C., Cisterna G.A. & Basei, M. (2020). Glaciomarine sequence stratigraphy in the Mississippian Río Blanco Basin, Argentina, southwestern Gondwana. Basin analysis and palaeoclimatic implications for the Late Paleozoic Ice Age during the Tournaisian. *Journal of the Geological Society*, 177(6), 1107–1128.
- Feldmann, R., Chapman, R., & Hannibal, J. (1989). Paleotechniques. *The Paleontological Society Special Publication 4*, 358 p.
- Feruglio, E. (1933). Fossili liassici della valle del Río Genua (Patagonia). *Giornale di Geologia, Annali del Museo Geologico di Bologna*, 9, 1–54.

- Fidalgo, F. (1958). Contribución al conocimiento del Carbónico en las nacientes del Río Tunuyán (Provincia de Mendoza). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 13(1–2), 105–162.
- Fielding, C. R., Frank, T. D., & Isbell, J. L. (2008a). The late Paleozoic ice age—A review of current understanding and synthesis of global climate patterns. In *Resolving the late Paleozoic ice age in time and space* (Vol. 441, pp. 343–354). Special Paper 441: Geological Society of America.
- Fielding, C. R., Frank, T. D., Birgenheier, L. P., Rygel, M. C., Jones, A. T., & Roberts, J. (2008b). Stratigraphic imprint of the Late Palaeozoic Ice Age in eastern Australia: a record of alternating glacial and nonglacial climate regime. *Journal of the Geological Society*, 165(1), 129–140.
- Foster, C. B., & Waterhouse, J. B. (1988). The *Granulatisporites confluens* Opper Zone and Early Permian Marine Faunas from the Grant Formation on the Barbwire Terrace, Canning Basin Western Australia. *Australian Journal of Earth Sciences*, 35, 135–157.
- Frakes, L. A. (1979). *Climates throughout geologic time* (No. 551.5 F7).
- Frakes, L. A., Francis, J. E., & Syktus, J. I. (1992). *Climate modes of the Phanerozoic* (p. 286).
- Frakes, L. A., & Kemp, E. M. (1972). Influence of continental positions on early Tertiary climates. *Nature*, 240(5376), 97–100.
- Frederiks, G. (1924). *Upper Paleozoic of the Ussuriland, I: Brachiopoda*.
- Frederiks, G. (1926). Classification Table of the Genera of the Family Spiriferidae King (pp. 393–423). *Bulletin Academia Sciences U.R.S.S.*, Serie 6th.
- Freije, R. H. (2004). *Estudio estratigráfico de las unidades neopaleozoicas de la Precordillera mendocina*. (Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina).
- Furque, G. (1962). Perfil geológico de la Cordillera de Olivares, Iglesia, San Juan. *Primeras Jornadas Geológicas Argentinas, Buenos Aires, Anales*, 2, 79–88.
- García, G. B. (1990a). Escolecodontes de la Formación El Imperial (Paleozoico superior), Cuenca San Rafael, República Argentina. *Ameghiniana*, 27(1–2), 29–38.
- García, G. B. (1990b). Acerca de la presencia de *Nothorhacopterus argentinica* (Geinitz) Archangelsky en la Formación El Imperial, Paleozoico superior, Cuenca San Rafael. *Ameghiniana*, 27(1–2), 189–190.



- García, G. B. (1990c). Cordaitales y semillas platispérmicas de la Formación El Imperial (Paleozoico superior), Cuenca San Rafael, Argentina. *Ameghiniana*, 27(3–4), 239–249.
- García, G. B. (1995). Palinología de la Formación El Imperial, Paleozoico superior, Cuenca San Rafael, Argentina. Parte I: esporas. *Ameghiniana*, 32(4), 315–339.
- García, G. B. (1996). Palinología de la Formación El Imperial, Paleozoico superior, Cuenca San Rafael, República Argentina. Parte II: granos de polen, incertae sedis, acritarcas. *Ameghiniana*, 33(1), 7–33.
- García-Bellido, D. C., & Rodríguez, S. (2005). Palaeobiogeographical relationships of poriferan and coral assemblages during the late Carboniferous and the closure of the western Palaeotethys Sea–Panthalassan Ocean connection. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 219(3–4), 321–331.
- García Sansegundo, J., Farías, P., Rubio Ordóñez, A., & Heredia, N. (2012). Estructura del Paleozoico del Cordón del Carrizalito (sector meridional de la Cordillera Frontal de los Andes, Provincia de Mendoza, Argentina). Resumen del VIII Congreso Geológico España. Madrid.
- Giacosa, R. E. (2011). *Geología estructural en los depósitos vertiformes del cerro Las Minas, Distrito Minero Andacollo, Cordillera del Viento, provincia del Neuquén*. SEGEMAR, Serie de Contribuciones Técnicas, Recursos Minerales, 33. Buenos Aires.
- Giacosa, R. E., Allard, J. O., Foix, N., & Heredia, N. (2014). Stratigraphy, structure and geodynamic evolution of the Paleozoic rocks in the Cordillera del Viento (37° S latitude, Andes of Neuquén, Argentina). *Journal of Iberian Geology*, 40(2), 331–348.
- Giudici, A. R. (1968). *Contribución a la geología (en particular vulcanismo Neopaleozoico) de la zona adyacente al río Diamante, entre los paralelos 34° 28' y 34° 44' de latitud sur y los meridianos 68° 55' de longitud oeste de Greenwich (Provincia de Mendoza)*. (Trabajo final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, inédito).
- Giudici, A. R. (1971). Geología de las adyacencias del río Diamante al este del cerro homónimo, provincia de Mendoza, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 26(4), 444–446.
- González, C. R. (1972). La Formación Las Salinas, Paleozoico superior de Chubut (República Argentina). Parte I. Estratigrafía, facies y ambientes de sedimentación. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 27(1), 95–115.

- González, C. R. (1981). El Paleozoico superior marino de la República Argentina, bioestratigrafía y paleoclimatología. *Ameghiniana*, 18(1-2), 51-65.
- González, C. R. (1985). Esquema bioestratigráfico del Paleozoico superior marino de la Cuenca Uspallata-Iglesia. República Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 231-244.
- González, C. R. (1989). Relaciones bioestratigráficas y paleogeográficas del Paleozoico superior marino en el Gondwana sudamericano. *Acta geológica lilloana*, 5-20.
- González, C. R. (1993). Late Paleozoic faunal succession in Argentina. *Congrès International de la Stratigraphie et Géologie du Carbonifère et Permien*, (12), 537-550.
- González C. R. & Bossi, G. E. (1987). Descubrimiento del Carbonífero Inferior marino al oeste de Jagüe, La Rioja. *4 Congreso Latinoamericano de Paleontología*, 713-724. Santa Cruz de La Sierra, Bolivia.
- González C. R. & Taboada, A.C. (2006). Intermedia (Fauna). En Gutiérrez (Ed.) *Léxico estratigráfico de la Argentina volumen VII*. P. 139.
- González Díaz, E. F. (1972). Descripción geológica de la Hoja 30e Agua Escondida (provincias de Mendoza y La Pampa). Dirección Nacional de Minería. Boletín 135, 1-78.
- González Díaz, E. F. (1973). Descripción geológica de la Hoja 27d, San Rafael, provincia de Mendoza. Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín 128.
- González Díaz, E. F. (1981). Nuevos argumentos a favor del desdoblamiento de la denominada "Serie de la Horqueta" del Bloque de San Rafael, Provincia de Mendoza. *Actas del 8º Congreso Geológico Argentino*, 3, 241-256.
- Gordon, M. & Henry, T. W. (1990). *Marginovatia* a mid-carboniferous genus of linoproductid brachiopods. *Journal of palaeontology*, 64(4), 532-551.
- Gorjansky, V., & Popov, L. (1985). The morphology, systematic position, and origin of inarticulate brachiopods with carbonate shells. *Paleontological journal*, 3, 1-11.
- Gray, J. E. (1840). Synopsis of the contents of the British Museum (pp. 370). 42nd Ed. London.
- Groeber, P. (1938). Mineralogía y Geología. Espasa-Calpe, Argentina. 492 pp.
- Groeber, P. (1949). Datos Geológicos. Agua Minerales de la República Argentina. Volumen IX. Provincia de San Juan, 27-42. Buenos Aires.

- Groeber, P. (1951). La Alta Cordillera entre la latitud 34° y 29°30'. Revista del Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales, Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", *Geología*, 1(5), 235–352. Buenos Aires.
- Groeber, P. (1963). La Cordillera entre 22°20' y 40°, con mapa en escala 1:2.500.000. Academia Nacional de Ciencias, Boletín 43(2–4), 111–176. Córdoba.
- Guerstein, M., Laya, H., & Pezutti, N. (1965). Bosquejo fotogeológico de la zona de "Las Juntas" (departamento de Calingasta, provincia de San Juan). *Acta Geológica Lilloana*, 7, 231–242.
- Gulbranson, E. L., Montañez, I. P., Schmitz, M., Limarino C., Isbell, J. L., Marensi, S. A., & Crowley, J. (2010). High-precision U-Pb calibration of Carboniferous glaciation and climate history, Paganzo Group, NW Argentina. *Bulletin Geological Society of America*, 122, 1480–1498.
- Gutiérrez, P. R. (1983). Geología del tramo medio de la quebrada de Agua Negra, Departamento de Iglesia, provincia de San Juan. *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Trabajo Final Licenciatura (inédito). Buenos Aires.*
- Gutiérrez, P. R. (1984). Formación Cerro Agua Negra: consideraciones sobre paleoambiente sedimentario y contenido paleontológico. San Juan, Argentina. *Annual Meeting Project* (Vol. 211, pp. 31–32).
- Gutiérrez, P. R. (1992). Microflora de la Formación Cerro Agua Negra (Carbonífero Superior–Pérmico Inferior), de la quebrada de las Leñas, provincia de San Juan, Argentina. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 2(1).
- Gutiérrez, P. R. (2008). Léxico Estratigráfico de la Argentina. Volumen VI. Carbonífero.
- Gutiérrez, P. R., Ottone, E. G., & Japas, S. M. (2006). Léxico Estratigráfico de la Argentina. Volumen VII. Pérmico.
- Gutiérrez, P. R., Pfefferkorn, H. W., & Césari, S. N. (1994). *Velizia inconstans* Césari & Hünicken (Gymnospermae) en la Formación Cerro Agua Negra (Paleozoico superior), San Juan, República Argentina. *Ameghiniana*, 31(1), 87–91.
- Hall, J. (1860). Descriptions of new species of fossils, from the Hamilton Group of western New York, with notices of others from the same horizon in Iowa and Indiana. *New York Cabinet of Natural History Annual Report*, 15, 76–94.
- Hall, J., & Clarke, J. M. (1890). *Paleontology of New York*. C. Van Benthuyesen.

- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2006). Past-Palaeontological Statistics, ver. 1.32. *Universidad de Oslo* (<http://folk.uio.no/ohammer/past/>).
- Harrington, H. J. (1955). The permian *Eurydesma* fauna of eastern Argentina. *Journal of Paleontology*, 29, 112–128.
- Harper, D. A., & Moran, R. (1997). Fossils explained 20: brachiopod life styles. *Geology Today*, 13(6), 235–238.
- Hauthal, R., Lance, I. & Wolff, E. (1895). Examen topográfico y geológico de los departamentos de San Carlos, San Rafael y Villa Beltrán, provincia de Mendoza, Universidad Nacional de La Plata. *Revista del Museo de La Plata*, VIII, 13–96.
- Henry, L. C., Isbell, J. L., & Limarino, C. O. (2008). Carboniferous glacial deposits of the Protoprecordillera of west central Argentina. *Resolving the Late Paleozoic Ice Age in Time and Space: Geological Society of America Special Paper*, 441, 131–142.
- Henry, L. C., Isbell, J. L., & Limarino, C. O. (2014). The late Paleozoic El Imperial Formation, western Argentina: Glacial to post-glacial transition and stratigraphic correlations with arc-related basins in southwestern Gondwana. *Gondwana Research*, 25(4), 1380–1395.
- Henry, L. C., Isbell, J. L., Limarino, C. O., McHenry, L. J., Fraiser, M. L. (2010). Mid-Carboniferous deglaciation of the Protoprecordillera, Argentina, recorded in the Agua del Juagüel paleovalley. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 298, 112–129.
- Heredia, N., Farías P. J., García-Sansegundo, J., & Giambiagi, L. B. (2012). The basement of the Andean Frontal Cordillera in the Cordón del Plata (Mendoza, Argentina): Geodynamic Evolution. *Andean Geology*, 39(2), 242–257.
- Hervé, F., Calderón, M., Fanning, M., Pankhurst, R., Godoy, E. (2013). Provenance variations in the Late Paleozoic accretionary complex of central Chile as indicated by detrital zircons. *Gondwana Research*, 23, 1122–1135.
- Holmer, L. E., & Popov, L. E. (2000). Lingulata. In R. L. Kaesler (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 2* (pp. 30–192). Geological Society of America and University of Kansas Press.
- Hyde, J. E. (1953). Mississippian formations of central and southern Ohio. *Ohio Geological Survey*, 51, 1–355.
- Isbell, J. L., Miller, M. F., Wolfe, K. L. & Lenaker, P. A. (2003a). Timing of the Late Paleozoic glaciation in Gondwana: Was glaciation responsible for the

- development of northern hemisphere cyclotherms?. Geological society of America. Special Paper 370. pp 1–20.
- Isbell, J. L., Lenaker, P. A., Askin, R. A., Miller, M. F., & Babcock, L. E. (2003b). Reevaluation of the timing and extent of late Paleozoic glaciation in Gondwana: Role of the Transantarctic Mountains. *Geology*, 31(11), 977–980.
  - Isbell, J. L., Henry, L. C., Gulbranson, E. L., Limarino, C. O., Fraiser, M. L., Koch, Z. J., Ciccioli, P. L. & Dineen, A. A. (2012). Glacial paradoxes during the Late Paleozoic ice age: Evaluating the equilibrium line altitude as a control on glaciation. *Gondwana Research*, 22(1), 1–19.
  - Isbell, J. L., Vesely, F. F., Rosa, E. L., Pauls, K. N., Fedorchuk, N. D., Ives, L. R., McNall, N. B., Litwin, S. A., Borucki, M. K., Malone, J. E. & Kusick, A. R. (2021). Evaluation of physical and chemical proxies used to interpret past glaciations with a focus on the late Paleozoic Ice Age. *Earth-Science Reviews*, 221, 103756.
  - Ivanov, A. P. (1935). “Brachiopod fauna of the Middle and Upper Carboniferous of the Moscow Basin: Part 1. Productidae”. *Tr. Mosk. Geol. Tresta*, 8, 1–163.
  - Ivanova, E. A. (1972). Osnovnyye zakonomernosti evolyutsii spiriferid (Brachiopoda). *Paleontologicheskii Zhurnal*, 1972(3), 28–42 (in Russian).
  - Jacobs, S. E. (1976). *Neochonetes granulifer*, an explosive opportunist from the Stull Shale (Upper Pennsylvanian) in southwestern Iowa. *Proceedings Iowa Academy of Science*, 83(1), 20–22.
  - Johnson, J. G., Hong-Fei, H., Carter, J. L., & Gourvenec, R. (2006). Delthyridina, p. 1825–1870. En R. L. Kaesler (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Pt. H, Brachiopoda 5. Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence.
  - Kaschirtzev, A. S. 1959. Novyi rod Brakhiopod *Jakutoproductus* iz nizhnepermskikh otlozhenii vostochnoi Sibiri [*Jakutoproductus*, a new genus of brachiopod from the Lower Permian of eastern Siberia]. In L. P. Tatarinov, ed., *Materialy K Osnovam Paleontologii*, vol. 3. Akademiia Nauk SSSR. Moscow. p. 28–31, 1 pl.
  - Keidel, J., & Harrington, H. J. (1938). On the discovery of Lower Carboniferous tillites in the Precordillera of San Juan, western Argentina. *Geological Magazine*, 75(3), 103–129.
  - Kerlleñevich, S. C. (1969). La edad de los “Conglomerados Morados” supuestamente pérmicos, de la quebrada Nueva, Precordillera de San Juan, República Argentina. *Revista de la asociación Geológica Argentina*, 24(3), 272–274.

- Keyserling, A. D. (1846). Geognostische Beobachtungen. *Wissenschaftliche Beobachtungen auf einer Reise in das Petschora-Land im Jahre 1843*, 151-406.
- King, W. (1846). Remarks on the certain genera belonging to the Class Palliobranchiata. *Annals and Magazine of Natural History*, 18(1), 26–42, 83–96.
- King, W. (1850). A monograph of the Permian fossils of England. *Monographs of the Palaeontographical Society*, 3(5), 1–258.
- King, W. (1865). XV. Remarks on the histology of two specimens of *Rhynchopora Geinitziana* De Verneuil, from near the River Oukhta, Province of Archangel, and belonging to the collection of the Corps des Mines of St. Petersburg. *Annals and Magazine of Natural History*, 16(92), 124–128.
- King, R. H. (1938). New Chonetidae and Productidae from Pennsylvanian and Permian strata of north-central Texas. *Journal of Paleontology*, 257–279.
- Kleiman, L. E., & Japas, M. S. (2009). The Choiyoi volcanic province at 34°S–36°S (San Rafael, Mendoza, Argentina): Implications for the Late Palaeozoic evolution of the southwestern margin of Gondwana. *Tectonophysics*, 473, 283–299.
- Klets, A. G. (1983). A new Carboniferous Productid Genus. *Paleontological Journal*, 1, 70–75.
- König, C. (1825). *Icones Fossilium sectiles. Centuria prima*. Nattali and Co. London.
- Kuhn, O. (1949). Lehrbuch der paläozoologie. (pp326). Stuttgart.
- Kutorga, S. S. (1844). Zweiter beitrug zur paläontologie Russlands. Verhandlungen der Russisch-Kaiserlichen *Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg*, 1844, 62–104.
- Lazarev, S. S. (1985). Brachiopods of the families Echinoconchidae and Buxtoniidae. *Palaeontological Journal*, 19(1), 62–72.
- Lazarev, S. S. (1990). Evoliutsiia i sistema produktid. (Evolution and Systematics of Productids.). Akademiia Nauk SSSR, Paleontologicheskii Institut, Trudy, 242, 1–171. [in Russian].
- Lazarev, S. S. (1991). The Phylogenetic series of Carboniferous brachiopods *Absenticosta-Impiacus-Lanipustula* from Mongolia. *Paleontological Journal*, 25(4), 65–78.
- Lazarev, S. S. (2004). Revision of the brachiopod family Schrenkiellidae Lazarev, 1990. *Paleontological Journal*, 38(2), 154–161.

- Lazarev, S. S. (2006). The Brachiopod Family Linoproductidae Stheli from the Lower Moscovian of the Middle Carboniferous of the Moscow Region. *Paleontological Journal*, 5(40), 518–528.
- Lazarev, S. S. (2007). Family Linoproductidae Stheli, (Brachiopoda) from the Upper Moscovian of the Middle Carboniferous of the Moscow Region. *Paleontological Journal*, 4(41), 415–423.
- Lazarev, S. S. (2008). Brachiopods of the Family Linoproductidae from the Kasimovian stage of the Moscow Region. *Paleontological Journal*, 4(42), 378–388.
- Lazarev, S. S. (2009). Ghzelian Brachiopods of the Family Linoproductidae Stehli and Regularities in their evolution in the Middle and Late Carboniferous of the Moscow Region. *Paleontological Journal*, 4(43), 381–390.
- Leanza, A. E. (1945). Braquiópodos carboníferos de la quebrada de La Herradura al NE de Jachal, San Juan. *Revista del Museo de la Plata, Sección Paleontología*, 86(10), 277–314.
- Leanza, A. E. (1948). Braquiópodos y Pelecípodos carboníferos en la provincia de La Rioja (Argentina). *Revista del Museo de la Plata, Sección Paleontología*, 3(18), 237–264.
- Lech, R. R. (1986). *Septosyringothyris jaguelensis* sp. nov. (Brachiopoda) del Pérmico Inferior de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana*, 23(1–2), 57–60.
- Lech, R. R. (1990). Distribución de la fauna de braquiópodos en la Formación Agua del Jagüel (Carbonífero Superior–Pérmico Inferior), provincia de Mendoza, Argentina. *Actas de 11º Congreso Geológico Argentino 1* (pp. 15–18). San Juan.
- Lech, R. R. (1993). El género *Septosyringothyris* Vandercammen, 1995, (Brachiopoda) en el Carbonífero-Pérmico del centro-oeste de Argentina. *Comptes Rendus XII ICC-P, 1*, 563–571.
- Lech, R. R. (2002). Consideraciones sobre la edad de la Formación Agua del Jagüel (Carbonífero Superior), Provincia de Mendoza, Argentina. *Actas del 15º Congreso Geológico Argentino* (pp. 142–146). El Calafate, Santa Cruz.
- Lech, R. R. (2011). A review of *Orbiculoidea saltensis* Reed, Brachiopoda: Discinidae, of the Upper Carboniferous of Argentina. *Serie correlación geológica*, 27(1), 7–16.
- Lech, R. R. (2014). Revisión de *Oehlertella annae* (Feruglio), discinido del Neopaleozoico de Argentina. *Serie correlación geológica*, 30(2), 135–146.

- Lech, R. R., & Aceñolaza, F. G. (1987a). Braquiópodos en el Peñoniano (Carbónico Superior) de la provincia de La Rioja. *Actas 1. 4º Congreso Latinoamericano de Paleontología* (pp. 255–266). Bolivia.
- Lech, R. R., & Aceñolaza, F. G. (1987b). El género *Canocrinella* en el Carbónico Superior de Jagüe, provincia de La Rioja, Argentina. *Actas 3. 10º Congreso Geológico Argentino* (pp. 107–111). Tucumán.
- Lech, R. R., & Aceñolaza, F. G. (1990). Braquiópodos en el Peñoniano de la Formación Del Salto (Carbónico Superior–Pérmico Inferior), provincia de San Juan, Argentina. *Actas del V Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, 1*, 83–88.
- Lech, R. R., & Milana, J. P. (2006). Nuevos registros de moluscos carboníferos en la Sierra del Tontal, Precordillera de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina, 61*(1), 57–62.
- Lech, R. R., Milana, J. P., & Banching, A. (1998). Braquiópodos carboníferos de la Sierra del Tontal. *Ameghiniana, 35*(4), 405–413.
- Leighton, L. R., & Maples, C. G. (2002). Evaluating internal versus external characters: Phylogenetic analyses of the Echinoconchidae, Buxtoniinae and Juresaniinae (Phylum Brachiopoda). *Journal paleontology, 76*(4), 659–671.
- Lesta, P. J. & Ferello, R. (1972). Región extrandina de Chubut y norte de Santa Cruz. En: Leanza, A. F. (Ed.). *Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias, 25*, 239–368.
- Li, W., Shi, G. R., Yarinpil, A., He, W., & Shen, S. (2012). *Canocrinella* and *Costatumulus* (Brachiopoda) from the Permian of South Mongolia and South China: Their morphology, biostratigraphy and distribution. *Geobios, 45*, 297–309.
- Limarino, C. O. (2018). Consideraciones acerca de las transgresiones Neopaleozoicas del margen sudoccidental del Gondwana. VII Simposio Argentino del Paleozoico superior-VII SAPS-Libro de Resúmenes. *Revista del Museo de La Plata, 3*, 6R.
- Limarino, C. O., & Césari, S. N. (1993). Reubicación estratigráfica de la Formación Cortaderas y definición del Grupo Angualasto (Carbonífero Inferior, Precordillera de San Juan). *Revista de la Asociación Geológica Argentina, 47*(1), 61–72.
- Limarino, C. O., & López Gamundí, O. R. (2021). Late Paleozoic basins of South America: Insights and progress in the last decade. *Journal of South American Earth Sciences, 107*, 103150.



- Limarino, C. O., & Spalletti, L. A. (2006). Paleogeography of the Upper Paleozoic basins of southern South America: An overview. *Journal of South American Earth Sciences*, 22(3–4), 134–155.
- Limarino, C. O., Isbell, J. L., Ciccioli, P. I., & Taboada, A. C. (2013). La secuencia Neopaleozoica de la quebrada Agua de Jagüel (Precordillera de Mendoza): edad y redefinición estratigráfica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 70(2), 216–228.
- Limarino, C. O., Césari, S. N., Spalletti, L. A., Taboada, A. C., Isbell, J. L., Geuna, S., & Gulbranson, E. L. (2014). A paleoclimatic review of southern South America during the Late Paleozoic: a record from icehouse to extreme greenhouse conditions. *Gondwana Research*, 25(4), 1396–1421.
- Limarino, C. O., Massabie, A., Rossello, E., López Gamundí, O., Page, R. & Jalfin, G. (1999). El Paleozoico de la Ventania, Patagonia e Islas Malvinas. En Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales*, 29(13), 319–347.
- Llambías, E. J., Leanza, H. A., & Carbone, O. (2007). Evolución tectono-magmática durante el Pérmico al Jurásico Temprano en la Cordillera del Viento (37° 05' S–37° 15' S): nuevas evidencias geológicas y geoquímicas del inicio de la Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 62(2), 217–235.
- López Gamundí, O. (1980). La Formación Esquel, litología y estructura. Provincia del Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35(2), 187–194.
- López Gamundí, O. R., & Martínez, M. (2003). Esquema estratigráfico-secuencial para las unidades Neopaleozoicas de la Cuenca Calingasta-Uspallata en el flanco occidental de la Precordillera. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 58(3), 367–382.
- López Gamundí, O. R., Limarino, C. O., & Césari, S. N. (1992). Late Paleozoic paleoclimatology of central west Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 91(3–4): 305–329.
- López Gamundí, O., Limarino, C. O., Isbell, J. L., Pauls, K., Césari, S. N., & Alonso-Muruaga, P. J. (2021). The Late Paleozoic Ice Age along the southwestern margin of Gondwana: Facies models, age constraints, correlation and sequence stratigraphic framework. *Journal of South American Earth Sciences*, 107, 103056.
- Malizia, D., Limarino, C. O., Sosa-Gómez, J., Kokot, R., Nullo, F. E., & Gutiérrez, P. R. (1999). Hoja Geológica 3169–2 Paso del Agua Negra, provincia de San Juan.

- Manceñido, M. O. & Damborenea, S. E. (2008). Brachiopoda. En Camacho (Ed.). *Los Invertebrados Fósiles* (pp.243–292). Vázquez Mazzini Editores.
- Martínez Chacón, M L., & Winkler Prins, C. F. (1977). A Namurian Brachiopod fauna from Meré (Province of Oviedo, Spain). *Scripta Geológica*, 39, 1–67.
- Martínez Chacón, M L., & Winkler Prins, C. F. (1998). Distribución geográfica de *Aseptella* (Productida): conexión entre los braquiópodos carboníferos de España y Argentina. *Trabajos de Geología*, 221–227.
- Martínez Chacón, M. L., Sánchez de Posada, C. & Sánchez de Posada, L. C. (2007). A quantitative approach to late Pennsylvanian brachiopod biogeography. En Wong, Th. E. (Ed.). Proceedings of the XV<sup>th</sup> International Congress on Carboniferous and Permian Stratigraphy. Royal Netherland Academy of Arts and Sciences.
- Maslennikov, D. F. 1960. Novye vidy permskikh ekhinokonkhid Zabaikal'ia. In B. P. Markowskii, ed., Novye vidy drevnikh rastenii i bespozvonochnykh S.S.S.R. [New species of prehistoric plants and invertebrates of the USSR], part 1. VSEGEI. Moscow. p. 341–343, pl. 81.
- Matthews, S. C. (1973). Notes on open nomenclature and on synonymy lists. *Palaeontology*, 16, 713–119.
- Maxwell, W. G. H. (1951). Upper Devonian and Middle Carboniferous brachiopods of Queensland. *University of Queensland Papers (Geology)*, 3(14), 7–21. Pl. 1–4.
- Maxwell, W. G. H. (1954). Upper Paleozoic formations in the Mount Morgan district, faunas. *University of Queensland, Department of Geology, Papers*, 4(5), 54.
- Mayr, E. (1969). Principles of Systematic Zoology. Mc Graw Hill Publishing Company, 428 pp.
- M'coy, F. (1844). *A sinopsis of the characters of the Carboniferous limestone fossils of Ireland*, pp. 207. Dublin.
- McKerrow, W. S., & Cocks, L. R. M. (1986). Oceans, island arcs and olistostromes: the use of fossils in distinguishing sutures, terranes and environments around the Iapetus Ocean. *Journal of the Geological Society*, 143(1), 185–191.
- Meek, F. B. (1875). Notes on some fossils from near the eastern base of the Rocky Mountains, west of Greeley and Evans, Colorado, and others from about two hundred miles farther eastward, with description of a few new species. *Bulletin of the United States Geological and Geographical Survey of the Territories, second series*, 1, 49–142.

- Melchor, R. N. (1995). La bahía Pampeana de la Cuenca San Rafael. *Reunión Anual del Grupo Argentino de Trabajo del Paleozoico superior (Buenos Aires), Comunicaciones*, 26–27.
- Mendes, J. C. (1959). Chonetacea e Productacea Carboníferos da Amazonia. *Boletim Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Universidade de Sao Paulo*, 17, 1–87.
- Méndez, V., Zanettini, J. C. M., & Zappettini, E. O. (1995). *Geología y metalogénesis del orógeno Andino central, República Argentina*. Dirección Nacional de Servicio Geológico. Anales 23. Buenos Aires.
- Menke, C. T. (1828). *Synopsis methodica molluscorum generum omnium et specierom earom quae in Museo Menkeano adservantur*. G. Uslar Pymonti.
- Mergl, M. (2006). A review of Silurian discinoid brachiopods from historical British localities. *Bulletin of Geosciences*, 81(4), 215–236.
- Milana, J. P., & Di Pasquo, M. (2019). New chronostratigraphy for a lower to upper Carboniferous strike-slip basin of W-Precordillera (Argentina): Paleogeographic, tectonic and glacial importance. *Journal of South American Earth Sciences*, 96, 102383.
- Milani, E. J., & De Wit, M. J. (2008). Correlations between the classic Paraná and Cape–Karoo sequences of South America and southern Africa and their basin infills flanking the Gondwanides: du Toit revisited. *Geological Society, London, Special Publications*, 294(1), 319–342.
- Muir-Wood, H. M. (1951). The Brachiopoda of Martin’s “Petrificata Derbiensa”. *Annals and Magazine of Natural History*, 12(4), 97–118.
- Muir-Wood, H. M. (1955). *A history of the classification of the phylum Brachiopoda* (Vol. 78). Order of the Trustees of the British Museum. P. 24, fig. 12.
- Muir-Wood, H. M. (1962). On the Morphology and Classification of the Brachiopod Suborder Chonetoidea. British Museum (Natural History), Monograph. pp. 132.
- Muir-Wood, H. M., & Cooper, G. A. (1960). Morphology, classification and life habits of the Productoidea (Brachiopoda). *Geological Society of America Memoir*, (81), 447 p.
- Muir-Wood, H. M., & Williams, A. (1965). Strophomenida. In R. C. Moore (Ed.) *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 1* (pp. H361–H521). Geological Society of America and University of Kansas Press.
- Nalivkin, D. V. (1979). Brachiopoda of the Tournaisian of the Urals. *Nauka Leningrad*, p. 248, pl. 65. (Russia).

- Nance, R. D. (2008). The Rheic Ocean: Origin, evolution and significance. *GSA Today*, 18(12), 4–16. En Benedetto, J. L. (2012). El continente Gondwana a través del tiempo, una introducción a la geología histórica.
- Núñez, E. (1979). *Descripción geológica de la hoja 28d, Estación Soitúé* (provincia de Mendoza). Dirección Nacional de Minería, *Boletín*, 166, 1–67.
- Oehlert, D. (1887). Molluscodes: Brachiopodes. *L'Annuaire Géologique Universel*, 3, 162–180.
- Owen, D. D. (1852). Description of new and imperfectly known genera and species of organic remains, collected during the geological surveys of Wisconsin, Iowa, and Minnesota. *Report of a Geological Survey of Wisconsin, Iowa, and Minnesota; and Incidentally of a Portion of Nebraska Territory*, 573–587.
- Pagani, M. A., & Taboada, A. C. (2010). The marine upper Palaeozoic in Patagonia (Tepuel-Genoa Basin, Chubut Province, Argentina): 85 years of work and future prospects. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 298(1–2), 130–151.
- Pagani, M. A., & Taboada, A. C. (2011). The Cisuralian faunal succession in Patagonia (Tepuel-Genoa Basin, Argentina): an updated brachiopod biostratigraphic scheme. *Memoirs of the Association Australasian Palaeontologists*, 41, 339–350.
- Page, R., Limarino, C. O., López Gamundí, O. R., Page, S. (1984). Estratigrafía del Grupo Tepuel en su perfil tipo y en la región de El Molle, provincia de Chubut. *Actas del 9º Congreso Geológico Argentino*, 1, 619–632. Bariloche, Argentina.
- Pankhurst, R. J., Rapela, C. W., Fanning, C. M., & Márquez, M. (2006). Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth-Science Reviews*, 76(3–4), 235–257.
- Pardo, C. A., Taboada, C. A., Taboada, A. C. & Pagani, M. A. (2023). Pennsylvanian brachiopod faunas from the El Imperial Formation (San Rafael Basin) of central-western Argentina. *Alcheringa*. Doi: 10.1080/03115518.2023.2181396.
- Pazos, P. J., Di Pasquo, M., & Amenabar, C. R. (2007). Trace fossils of the glacial to postglacial transition in the El Imperial Formation (Upper Carboniferous), San Rafael basin, Argentina. 88 Society for Sedimentary Geology, *Special Publication*. Pp. 137–147.
- Pazos, P., Rusconi, F., Loss, L., Gutiérrez, C., & Heredia, A. (2017). Estratigrafía de la Formación El Imperial (Pennsylvaniano-Cisuraliano) en el Cañón del Atuel, Cuenca San Rafael. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 74(2), 155–162.

- Polanski, J. (1951). El Bloque de San Rafael. Dirección provincial de Minas y Geología (inédito). Mendoza.
- Polanski, J. (1970). *Carbónico y Pérmico de la Argentina*. EUDEBA, manuales, pp. 216. Buenos Aires.
- Qiao, L., & Shen, S. Z. (2014). Global paleobiogeography of brachiopods during the Mississippian—Response to the global tectonic reconfiguration, ocean circulation, and climate changes. *Gondwana Research*, 26(3–4), 1173–1185.
- Quartino, B. J., & Zardini, R. A. (1967). Geología y petrología de la Cordillera de Colangüil y las serranías de Santa Rosa y San Guillermo, Cordillera Frontal de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 22(1), 5–63.
- Quartino, B., Zardini, R. A., & Amos, A. J. (1971). Estudio y exploración geológica de la región Barreal-Calingasta. *Monografía-Asociación Geológica Argentina*, 1.
- Racheboeuf, P. R. (2000). Chentidina, p. H362–H423. En R. L. Kaesler (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 2, 3*. Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence.
- Racheboeuf, P. R. (2007). Chonetidina, p. 2628–2643. En R. L. Kaesler (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 2, 3*. Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence.
- Ramos, V. A. (1988). The tectonic of the Central Andes: 30° to 33° S latitude. In, S. Clark and D. Burchfiel (Eds.). *Processes in Continental Lithospheric Deformation*. Geological Society of America, Special Paper 218, 31–54.
- Ramos, V. A. (1999). Las provincias geológicas del territorio argentino. En Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales, 29(13), 41–96.
- Ramos, V. A. (2008). Patagonia: a Paleozoic continent adrift?. *Journal of South American Earth Sciences*, 26(3), 235–251.
- Ramos, V. A. (2018). El orógeno de Gondwánides en el margen sudamericano: Sus edades y ambientes tectónicos. VII Simposio Argentino del Paleozoico superior-VII SAPS-Libro de Resúmenes. *Revista del Museo de La Plata*, 3, 4R.
- Ramos, V. A., Vujovich, G., Kay, S. M., & McDonough, M. (1994). La orogénesis de Grenville en las Sierras Pampeanas Occidentales: la Sierra de Pie de Palo y su integración al supercontinente proterozoico. *XII Congr. Geol. Argent. Actas*, 3, 343–57.

- Ramos, V. A., Jordan, T. E., Allmendinger, R. W., Kay, S. M., Cortés, J. M., & Palma, M. A. (1984). Chilenia: un terreno alóctono en la evolución paleozoica de los Andes Centrales. In *Congreso Geológico Argentino* (Vol. 9, pp. 84–106).
- Rapalini, A. E., de Luchi, M. G. L., Dopico, C. M., Klinger, F. G. L., Giménez, M. E., & Martínez, P. (2010). Did Patagonia collide with Gondwana in the Late Paleozoic? Some insights from a multidisciplinary study of magmatic units of the North Patagonian Massif. *Geologica Acta*, 349–371.
- Reed, F. R. C. (1927). Upper Carboniferous fossils from Argentina. In A. L. Du Toit, (Ed.). *Geological comparison of South America with South Africa*, 381, 129–149.
- Richardson, J. R. (1997). Biogeography of Articulated Brachiopods. In R. L. Kaesler (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 1* (pp. 463–470). Geological Society of America and University of Kansas Press.
- Ride, W. D. L., Cogger, H. G., Dupuis, C., Kraus, O., Minelli, A., Thompson, F. C., & Tubbs, P. K. (1999). *International code of zoological nomenclature, International Trust for Zoological Nomenclature* (4th Ed.). The Natural History Museum, London.
- Roberts, J., Claoué-Long, J. C. & Jones, P. J. (1995). Australian Early carboniferous Time. *Geochronology Time Scale and Global Stratigraphic Correlation, SEPM Special Publication*, 54, 23–40.
- Roberts, J., Hunt, J. W., & Thompson, D. M. (1976). Late Carboniferous marine invertebrate zones of eastern Australia. *Alcheringa*, 1(2), 197–225.
- Rocha Campos, A. C., Basei, M. A., Nutman, A. P., Kleiman, L. E. Varela, R., Lambías, E., Canile, F. M., & da Rosa, O. R. (2011). 30 million years of Permian volcanism recorded in the Choiyoi igneous province (W. Argentina) and their source for younger ash fall deposits in the Paraná Basin: SHRIMP U-Pb zircon geochronology evidence. *Gondwana Research*, 19, 509–523.
- Rodríguez, E. J., & Valdiviezo, A. (1974). En Furlotti, O. Rodríguez, E. J., Prieto, A.O., & Valdiviezo, A. (1974). En *El nuevo distrito uranífero de Sierra Pintada, Provincia de Mendoza (República Argentina)*. V Congreso Geológico Argentino (Villa Carlos Paz, 1972), Actas (2), pp. 267–284.
- Rosa, E. L., & Isbell, J. L. (2021). Late Paleozoic Glaciation. En: Alderton, D., Elias, S. A. (Eds.), *Encyclopedia of Geology, Second ed. Academic Press*, Oxford, pp. 534–545.
- Sabattini, N. (1975). *Austroneilsonia* gen. nov. (Gastropoda) del Paleozoico superior de Argentina. *Ameghiniana*, 12(4), 337–342.

- Sabattini, N., Azcuay, C. L., & Carrizo, H. A. (2001). Invertebrados marinos de la Formación Malimán (Carbonífero Inferior), y su relación con las asociaciones paleoflorísticas. Provincia de San Juan, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56(1), 111–120.
- Sabattini, N., Ottone, E. G., & Azcuay, C. L. (1990). La zona de *Lissochonetes jachalensis-Streptorhynchus inaequiornatus* (Carbonífero Tardío) en la localidad de la Delfina, provincia de San Juan. *Ameghiniana*, 27(1–2), 75–81.
- Sahni, M. R., & Srivastava, J. P. (1956). Discovery of *Eurydesma* and *Conularia* in the eastern Himalaya and description of associated faunas. *Journal of the Palaeontological Society of India*, 1(1), 202–214.
- Sartenaer, P. (1961). Redescription of *Leiorhynchus quadracostatus* (Vanuxem), type species of *Leiorhynchus* Hall, 1860 (Rhynchonellacea). *Journal of paleontology*, 35(5), 963–976.
- Sarytcheva, T. G. (1960). Brachiopoda. In T. G. Sarytcheva (ed.). Bryozoa, Brachiopoda. *Paleontologii*, 7, 115–304.
- Sarytcheva, T. G. & Sokolskaya, A. N. (1959). O Klassifikatsin lozhnoporistykh brachiopod (On the classification of pseudopunctate brachiopods). *Akademmiya Nauk SSSR, Doklady* (Moscow). 125, 181–184. (In Russian)
- Sato, A. M., Llambías, E. J., Basei, M. A. S., & Leanza, H. A. (2008). The Permian Choiyoi Cycle in Cordillera del Viento (Principal Cordillera, Argentina): Over 25 Ma of magmatic activity. *VIº South American Symposium on Isotope Geology*. San Carlos de Bariloche, Río Negro.
- Savage, M. N., Manceñido, M. O., Owen, E. F., Carlson, S. J., Grant, R. E., Dagys, A. S. & Dong-Li, S. (2002). Rhynchonellida, p. H1027–H1376. En R. L. Kaesler (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 4*. Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence.
- Scalabrini Ortiz, J. (1972a). El Carbónico en el sector septentrional de la Precordillera sanjuanina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 27(4), 351–377.
- Scalabrini Ortiz, J. (1972b). La Cuenca Rio Blanco en el sector norte de la Precordillera Argentina y su relación con las sedimentitas del Grupo Paganzo. *Anais da Academia Brasileira da Ciencias*, 44, 313–320.
- Scalabrini Ortiz, J. (1973). El Carbónico de la Precordillera Argentina al norte del río Jachal. In *Congreso Geológico Argentino* (No. 5, pp. 387–401).

- Schlotheim, E. F. (1816). Beitrage zur Naturgeschichte der Versteinerungen in geognostischer Hinsicht. *Akademi Wissenschaften Munchen Mathematischephysike Klasse Denkschriften*, 6, 13–36.
- Schuchert, C. (1893). Classification of the Brachiopoda. *American Geologist*, 11, 141–167.
- Schuchert, C. (1929). Classification of brachiopod genera, fossil and recent. *Brachiopoda*, 10–25.
- Schuchert, C. (1893). Classification of the Brachiopoda. *American Geologist*, 11, 141–167.
- Scotese, R. C., & Barrett, S. F. (1990). Gondwana's movement over the South Pole during the Palaeozoic: evidence from lithological indicators of climate. *Geological Society, London, Memoirs*, 12(1), 75–85.
- Scotese, C. R., & McKerrow, W. S. (1990). Revised world maps and introduction. *Geological Society, London, Memoirs*, 12(1), 1–21.
- Scotese, C. R., Bambach, R. K., Barton, C., Van der Voo, R., & Ziegler, A. M. (1979). Paleozoic base maps. *The Journal of Geology*, 87(3), 217–277.
- Shen, S. & Archbold, N. W. (2002). Chonetoida (Brachiopoda) from the Lopingian (Late Permian) of South China. *Alcheringa*, 25, 327–349.
- Shen, S., & Shi, G. R. (2000). Wuchiapingian (early Lopingian, Permian) global brachiopod palaeobiogeography: a quantitative approach. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 162(3–4), 299–318.
- Shen, S. Z., & Shi, G. R. (2004). Capitanian (Late Guadalupian, Permian) global brachiopod palaeobiogeography and latitudinal diversity pattern. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 208(3–4), 235–262.
- Shen, S. Z., Zhang, H., Shi, G. R., Li, W. Z., Xie, J. F., Mu, L., & Fan, J. X. (2013). Early Permian (Cisuralian) global brachiopod palaeobiogeography. *Gondwana Research*, 24(1), 104–124.
- Shi, G. R. (1993). Multivariate data analysis in palaeoecology and palaeobiogeography—a review. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 105(3–4), 199–234.
- Shi, G. R. (1998). Aspect of Permian marine biogeography: A review on nomenclature and evolutionary patterns, with particular reference to the Asian-Western pacific region. *Palaeoword*, 9, 97–112.



- Shi, G. R., & Archbold, N. W. (1995). Palaeobiogeography of Kazanian-Midian (Late Permian) Western Pacific Brachiopod Faunas. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 12(1–2), 129–141.
- Shi, G. R., & Archbold, N. W. (1996). A quantitative palaeobiogeographical analysis on the distribution of Sterlitamakian–Aktastinian (Early Permian) western Pacific brachiopod faunas. *Historical Biology*, 11(1–4), 101–123.
- Shi, G. R., & Grunt, T. A. (2000). Permian Gondwana–Boreal antitropicality with special reference to brachiopod faunas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 155(3–4), 239–263.
- Shi, G. R. & Taboada, A. C. (2011). Argentinean-Siberian Late Palaeozoic marine biogeographic links: implications for Permian global marine biogeography and climate change. *The XVII International Congress on the Carboniferous and Permian*. pp 112. Perth, Australia.
- Shi, G. R. & Tazawa, J. (2001). *Rhynchopora* and *Blasispirifer* (Brachiopoda) from the Middle Permian of the Hida Gaien Belt, central Japan, and their paleobiogeographical significance. *Journal Geological Society of Japan*, 107(12), 755–761.
- Shi, G. R., & Waterhouse, J. B. (1996). Lower Permian Brachiopods and Molluscs from the Upper Jungle Creek Formation, Northern Yukon Territory, Canada. *Geological Survey of Canada, Bulletin*, 424, 1–241.
- Shi, G. R., & Waterhouse, J. B. (2010). Late Palaeozoic global changes affecting high-latitude environments and biotas: an introduction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 298(–2), 1–16.
- Sigovini, M., Keppel, E., & Tagliapietra, D. (2016). Open Nomenclature in the biodiversity era. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(10), 1217–1225.
- Simanaukas, T. (1996a). Una nueva especie de *Lanipustula* (Productoidea, Brachiopoda) del Paleozoico superior de Patagonia, Argentina. *Ameghiniana*, 33(3), 301–305.
- Simanaukas, T. (1996b). Un supuesto Chonetoidea del Pérmico de Patagonia reasigando a un género de Productoidea (Brachiopoda). *Ameghiniana*, 33(3), 349–351.
- Simanaukas, T. (1996c). Braquiópodos (Productoidea) del Pérmico de la Cuenca Tepuel-Genoa, Chubut, Argentina. *Ameghiniana*, 33(4), 377–383.

- Simanauskas, T. & Cisterna, G. A. (2001). Braquiópodos articulados de la Formación El Paso, Paleozoico superior, Precordillera Argentina. *Revista Española de Paleontología*, 16(2), 209–222.
- Simanauskas, T. & Sabbattini, N. (1997). Bioestratigrafía del Paleozoico superior de la Cuenca Tepuel-Genoa, provincia del Chubut, Argentina. *Ameghiniana*, 34(1), 49–60.
- Snider, L. C. (1915). Paleontology of the Chester Group in Oklahoma. Oklahoma Geological Survey, *Bulletin*, 24(2), 67–122.
- Sokolskaya, A. N. (1963). Semeistvo Syringothyrididae (Family Syringothyrididae). In T. G. Sarytcheva, ed. *Trudy* 95, 267–285.
- Sour Tovar, F. & Martínez Chacón, M. L. (2004). Braquiópodos Chonetoideos del Carbonífero de México. *Revista Española de Paleontología*, 19(2), 125–138.
- Sowerby, J. (1814). *The mineral conchology of Great Britain; or coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals or Shells which have been preserved at various times and depths in the earth. Part 1*. London (Arding & Merrett).
- Sowerby, J. (1816). *The mineral conchology of Great Britain; or coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals or Shells which have been preserved at various times and depths in the earth. Part 2*. London (Arding & Merret).
- Sowerby, J. (1822). *The mineral conchology of Great Britain; or coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals or Shells which have been preserved at various times and depths in the earth. Part 4*. London (Arding).
- Spalletti, L. A., & Limarino, C. O. (2017). The Choiyoi magmatism in south western Gondwana: implications for the end-Permian mass extinction-a review. *Andean Geology*, 44(3), 328–338.
- Stainbrook, M. A. (1945). *Brachiopoda of the Independence Shale of Iowa* (Vol. 14). Geological Society of America. *Memoir*, 14, 1–74.
- Stanley, S. M., & Powell, M. G. (2003). Depressed rates of origination and extinction during the late Paleozoic ice age: a new state for the global marine ecosystem. *Geology*, 31(10), 877–880.
- Stappenbeck, R. (1910). La Precordillera de San Juan y Mendoza. *Anales de Minería y Agricultura. Sección Geología, Mineralogía y Minería*, 4(3), 3–179.

- Stappenbeck, R. (1918). *Los yacimientos de minerales y rocas de aplicación en la República Argentina*. Talleres gráficos del Ministerio de agricultura de la Nación.
- Starck, D., Bordese, S., Guibaldo, C., & Hernández, R. (2021). Size and style of the Gondwana late Paleozoic ice cover: Insights from U-Pb dating of the Tarija Formation granitic boulders. *Journal of South American Earth Sciences*, *106*, 102954.
- Stehli, F. G. (1954). Lower Leonardian Brachiopoda of the Sierra Diablo. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, *105*(3), 255–382.
- Sterren, A. F., & Cisterna, G. A. (2010). Bivalves and Brachiopods in the Carboniferous Early Permian of Argentine Precordillera: Diversification and faunal turnover in the Southwestern Gondwana. *Geologica Acta*, *8*(4), 501–517.
- Sterren, A. F., Cisterna, G. A., López Gamundí, O., & Vergel, M. M. (2020). The southernmost record of the *Asseptella-Tuberculatella/Rhipidomella-Micraphelia* Fauna (late Serpukhovian–Bashkirian) in the Calingasta-Uspallata Basin, Argentina. *Andean Geology*, *47*(1), 110–124.
- Sterren, A. F., Cisterna, G. A., Rustán, J. J., Vaccari, N. E., Balseiro, D., Ezpeleta, M., & Prestianni, C. (2021). New invertebrate peri-glacial faunal assemblages in the Agua de Lucho Formation, Río Blanco Basin, Argentina. The most complete marine fossil record of the early Mississippian in South America. *Journal of South American Earth Sciences*, *106*, 103078.
- Stoll, W. C. (1957). *Geología y depósitos minerales de Andacollo, provincia de Neuquén*. Ministerio de Comercio e Industria de la Nación. Dirección Nacional de Minería.
- Suárez, M., De la Puente, S., & Danieli, J. C. (2022). Estratigrafía Paleozoica en la quebrada del arroyo Guaraco Norte, ladera noroccidental de la Cordillera del Viento. *Actas del XXI Congreso Geológico Argentino*. Puerto Madryn.
- Suárez, M., De la Cruz, R., Fanning, M., & Etchart, H. (2008). Carboniferous, Permian and Toarcian magmatism in Cordillera del Viento, Neuquén, Argentina: first U–Pb SHRIMP dates and tectonic implications. *XVII Congreso Geológico Argentino, Actas II*, 906–907. Jujuy.
- Suárez, M., Fanning, C. M., Etchart, H., & De La Cruz, R. (2012). New Carboniferous to Toarcian U-Pb SHRIMP ages from Cordillera del Viento, Neuquén, Argentina. In *13 Congreso Geológico Chileno*. Santiago, Chile.

- Taboada, A. C. (1987). Estratigrafía y contenido paleontológico de la Formación Agua del Jagüel, Pérmico Inferior de la Precordillera mendocina. *Actas 1º Jornadas Geológicas de la Precordillera* (pp. 181–186). San Juan.
- Taboada, A. C. (1989). La fauna de la Formación El Paso, Carbonífero Inferior de la Precordillera sanjuanina. *Acta Geológica Lilloana*, 17(1), 113–129.
- Taboada, A. C. (1990). Nueva interpretación estratigráfica del Grupo Pituil en la Sierra de Barreal, Precordillera Argentina. In *Annual Meeting of Working Group, Project* (Vol. 211, pp. 65–68).
- Taboada, A. C. (1993). Un nuevo Linoproductidae (Brachiopoda) del Pérmico temprano de Patagonia. *Buenos Aires (1991), Compte Rendus XII Congrès International de Stratigraphie et de Geologie du Carbonifère et Permien*, 1, 589–598.
- Taboada, A. C. (1997). Bioestratigrafía del Carbonífero marino del valle de Callingasta-Uspallata, Provincias de San Juan y Mendoza. *Ameghiniana*, 34(2), 215–246.
- Taboada, A. C. (1998). Dos nuevas especies de Linoproductidae (Brachiopoda) y algunas consideraciones sobre el Neopaleozoico sedimentario de las cercanías de Uspallata. *Acta Geológica Lilloana*, 18(1), 69–80.
- Taboada, A. C. (1999). La Biozona de *Balakhonia-Geniculifera* en la Formación Cerro Agua Negra, provincia de San Juan. *Resúmenes de Ameghiniana*, 36(4), 45.
- Taboada, A. C. (2004). Braquiópodos y bioestratigrafía del Carbonífero del Cordón del Naranjo (Subcuenca Calingasta-Uspallata), Argentina. *Ameghiniana*, 41(3), 405–422.
- Taboada, A. C. (2006). *Tivertonia* Archbold (Chonetidina, Brachiopoda) del Pérmico Inferior de la Subcuenca Calingasta-Uspallata, Precordillera Argentina. *Ameghiniana*, 43, 705–716.
- Taboada, A. C. (2008). Late Mississippian-Cisuralian Brachiopods from Patagonia and western Argentina: a tool for higher paleolatitude correlations. In *The Permian of Gondwana: Stratigraphy, Sedimentology and Paleaeontology—An International symposium and field workshop on the Permian of Gondwana, as exemplified in the southern Sydney Basin, South-east Australia—(Deakin University, Melbourne, 2008)* (pp. 21–22).
- Taboada, A. C. (2010). Mississippian-Early Permian brachiopods from western Argentina: Tools for middle to high-latitude correlation, paleobiogeographic and

- paleoclimatic reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 298(1–2), 152–173.
- Taboada, A. C. (2014). New Brachiopod records and considerations on the *Tivertonia-Streptorhynchus* (Moscovian) and *Costatumulus amosi* (Sakmarian–Artinskian) faunas from western Argentina: the key sections at Quebrada Agua del Jagüel and Quebrada Santa Elena are revisited. *Ameghiniana*, 51(3), 226–242.
  - Taboada, A. C., & Cisterna, G. A. (1996). Elythinae (Brachiopoda) del Paleozoico superior de Argentina. *Ameghiniana*, 33(1), 83–94.
  - Taboada, A. C., & Pagani, M. A. (2010). The coupled occurrence of *Cimmeriella-Jakutoproductus* (Brachiopoda: Productidina) in Patagonia: implications for Early Permian high to middle paleolatitudinal correlations and paleoclimatic reconstruction. *Geologica Acta*, 513–534.
  - Taboada, A., & Sabattini, N. (1987). Nuevos Eotomariidae (Gastropoda) del Paleozoico superior de Argentina. *Ameghiniana*, 24(3–4), 175–180.
  - Taboada, A. C., & Shi, G. R. (2009). *Yagonia* Roberts (Brachiopoda: Chonetidina) from the Malimán Formation, Lower Carboniferous of western Argentina: palaeobiogeographical implications. *Alcheringa*, 33(3), 223–235.
  - Taboada, A. C., & Shi, G. R. (2010). Taxonomic review and evolutionary trends of Levipustulini and Absenticostini (Brachiopoda) from Argentina: palaeobiogeographic and palaeoclimatic implications. 6<sup>th</sup> International Brachiopod Congress. Abstract N° 95. Melbourne.
  - Taboada, A. C., & Shi, G. R. (2011). Taxonomic review and evolutionary trends of Levipustulini and Absenticostini (Brachiopoda) from Argentina: palaeobiogeographic and palaeoclimatic implications. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists*, (41), 87–114.
  - Taboada, A. C., Mulé, P. & Aredes, M. A. (2006). Gastrópodos y braquiópodos de la Formación Pituil en la Quebrada de Barrancón, Carbonífero de la Precordillera de San Juan. *1° jornadas Geológicas de la Fundación Miguel Lillo*. San Miguel de Tucumán.
  - Taboada, A. C., Pagani, M. A., & Isbell, J. L. (2013). Las faunas Neopaleozoicas subpolares de Patagonia (Cuenca Tepuel-Genoa): biocorrelación, vinculación/aislamiento paleobiogeográfico e implicancias paleogeográficas. In *VI Simposio Argentino del Paleozoico superior* (Vol. 3). Buenos Aires.

- Taboada, A. C., Pagani, M. A., & Limarino, C. O. (2014). The Carboniferous faunas of the Huaraco Formation at Cordillera del Viento, Neuquén Basin. *4<sup>th</sup> International Paleontological Congress, the History of Life: a view from the southern hemisphere*, (p. 625). Mendoza.
- Taboada, A. C., Pagani, M. A., & Puerta, P. (2009). An approach to the Carboniferous–Early Permian stratigraphy, paleontology, paleogeography and paleoclimatology of the Calingasta-Uspallata Subbasin (western Argentina) and Tepuel-Genoa Basin (Patagonia), Argentina: a fieldguide. *Permophiles*, 53, 11–48.
- Taboada, A. C., Pagani, M. A., Pinilla, M. K., Tortello, M. F., & Taboada, C. A. (2019). Carboniferous deposits of northern Sierra de Tecka, central-western Patagonia, Argentina: paleontology, biostratigraphy and correlations. *Andean Geology*, 46(3), 629–669.
- Taboada, A. C., Taboada, C. A., Pardo, C. A., & Césari, S. N. (2018). Formación Valle Chico, Esquel, Chubut: Actualización del registro paleontológico, discusión estratigráfica e implicancias paleoclimáticas. *Revista del Museo de La Plata, suplemento resúmenes*, 3(1), 20R.
- Taboada, A. C., Pardo, C. A., Taboada, C. A., & Pagani, M. A. (2021a). Unraveling late Pennsylvanian brachiopod assemblages from the San Rafael Basin (Argentina): Biostratigraphic implications to southwestern Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*, 106, 102980.
- Taboada, A. C., Pagani, M. A., Pinilla, M. K., Taboada, C. A., Robles Vilches, A. V. & Pardo, C. A. (2021b). Invertebrados del Paleozoico superior marino de la Cuenca Tepuel-Genoa. *Relatorio XXI Congreso Geológico Argentino*, Puerto Madryn, pp, 643–672.
- Tankard, A. J., Ultiana, M. A., Welsink, H. J., Ramos, V. A., Turic, M., Milani, A. F. E., Brito Neves, B. B., Eyles, N., Skarmeta, J., Santa Ana, H., Wiens, F., Cirbián, M., López Paulsen, O., Germs, G.J.B., De Wit, M.J., Machacha, T. & Miller, R. M. (1995). Structural and tectonic controls of basin evolution in southwestern Gondwana during the Phanerozoic. En *Petroleum basins of South American* (Eds. Tankard, A. J., Suárez, Soruco, R., Welsink, H. J.). American Association Petroleum Geologist Foundation, memoir 62, 5–52. Tulsa.
- Termier, G. & Termier, H. (1974). In Massa, Termier & Termier. *Le Carbonifere de Lybie Occidentale. Stratigraphie et Paleontologie*. Compagnie Francaise des Pétroles. *Notes et Mémoires*, 11, 139–206.

- Thomas, I. (1914). The British Carboniferous Producti. Genera Pustula and Overtonia. *Great Britain Geological Survey, Memoir, 1(4)*, 197–366.
- Torres-Martínez, M. A., & Sour-Tovar, F. (2012). Nuevos braquiópodos productidos (Rhynchonelliformea, Strophomenata) del Carbonífero de la región de Nochixtlán, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias geológicas, 29(3)*, 696–712.
- Torsvik, T. H., & Cocks, L. R. M. (2013). Gondwana from top to base in space and time. *Gondwana Research, 24(3–4)*, 999–1030.
- Trautschold, H. A. (1867). *Einige Crinoideen und andere Thierreste des Jüngerer Bergkalks im Gouvernement Moskau*. Druckerei der Kaiserlichen Universität.
- Vai, G. B. (2003). Development of the palaeogeography of Pangaea from Late Carboniferous to Early Permian. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 196(1–2)*, 125–155.
- Vandercammen, A. (1955). *Septosyringothyris demaneti* nov. gen., nov. sp., un Syringothyride nouveau du Dinantien de la Belgique. *Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, 31*, 1–6.
- Vanuxem, L. (1842). Geology of New York, Part. 3. Comprising the Survey of the Third Geological District. *Natural History of New York, 4(3)*, 1–306.
- Vázquez, M. S. (2018). *Palinoestratigrafía del Paleozoico superior de la Cuenca San Rafael y su comparación con la Cuenca Paganzo*. (Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires). Buenos Aires.
- Vázquez, M. S., Limarino, C. O., & Césari, S. N. (2020). Stratigraphic revision of the El Imperial Formation (Pennsylvanian–Cisuralian), in its type locality, San Rafael Basin (Mendoza), Argentina. *Journal of South American Earth Sciences, 98*, 102–365.
- Vergel, M. M., Cisterna, G. A., & Sterren, A. F. (2008). Primera evidencia palinológica en la Formación El Paso, Paleozoico superior, Precordillera Argentina. *Tucumán, 2nd Jornadas Geológicas, Dirección de Geología, Fundación Miguel Lillo*, 149–151.
- Vergel, M. D. M., Cisterna, G. A., & Sterren, A. F. (2015). New Palynological Records from the Glaciomarine Deposits of the El Paso Formation (Late Serpukhovian–Bashkirian) in the Argentine Precordillera: Biostratigraphical Implications. *Ameghiniana, 52(6)*, 613–624.

- Waagen, W. H. (1883). Salt Range Fossils, Pt. 4 (1), *Productus* Limestone fossils, Brachiopoda. *Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica, series, 13*(2), 391–546.
- Waagen, W. H. (1884). Salt Range Fossils, Pt. 4 (1), *Productus* Limestone fossils, Brachiopoda. *Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica, series, 13*(3–4), 547–728.
- Waagen, W. H. (1885). Salt Range Fossils, Pt. 4 (1), *Productus* Limestone fossils, Brachiopoda. *Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica, series, 13*(5), 729–770.
- Waterhouse, J. B. (1968). The classification and description of Permian Spiriferida (Brachiopoda) from New Zeland. *Palaeontographica, 129*(1–3), 1–94.
- Waterhouse, J. B. (1971). Carboniferous and Permian Stratigraphy and Paleontology, northern Yukon Territory, Canada. In Bamber, E. W., and Waterhouse, J. B. (Eds.). *Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 19*(1), 29–250.
- Waterhouse, J. B. (1975). New Permian and Triassic Brachiopod Taxa. *University of Queensland, Department of Geology, Papers, 7*, 1–23.
- Waterhouse, J. B. (1982). New Carboniferous brachiopods genera from Huai Ban Nak, North-East Thailand. *Palaeontologische Zeitschrift, 56*(1–2), 39–52.
- Waterhouse, J. B. (1983). New Permian invertebrate genera from the East Australian segment of Gondwana. *Indian Geologist Association Bulletin (Chandigarh), 16*, 153–158.
- Waterhouse, J. B. (1986). New late Paleozoic invertebrate taxa. *Indian Geologist Association Bulletin, 19*, 1–8.
- Waterhouse, J. B. (2001). Late Paleozoic Brachiopoda and Mollusca from Wairaki Downs, New Zealand. *Earthwise, 3*, 1–196.
- Waterhouse, J. B. (2010). New Late Paleozoic Brachiopods and Molluscs. *Earthwise, 9*, 1–40.
- Waterhouse, J. B. (2004). Permian and Triassic stratigraphy and fossils of the Himalaya in northern Nepal. *Earthwire, 6*, 1–288.
- Waterhouse, J. B. (2013). The Evolution and Classification of Productida (Brachiopoda). *Earthwise, 10*, 440–445.
- Waterhouse, J. B., & Bonham-Carter, G. F. (1975). Global distribution and character of Permian biomes based on brachiopod assemblages. *Canadian Journal of Earth Sciences, 12*(7), 1085–1146.



- Waterhouse, B., & Chen, Z. (2007). Brachiopoda from the Late Permian Senja Formation, Manang area, Nepal Himalaya. *Palaeontographica A*, 280(1–3), 1–69.
- Waterhouse, J. B., Briggs, D. J. C., & Parfrey, S. M. (1983). Major faunas assemblages in the early Permian Tiverton Formation near Homevale Homestead, Northern Bowen Basin, Queensland. In Foster (Ed.) *Geological Society of Australia, Queensland Division* (pp. 212–138). Permian Geology of Queensland. Australia.
- Weller, S. (1914). The Mississippian Brachiopoda of the Mississippi Valley Basin (Vol. 1). Illinois State Geological Survey, University of Illinois.
- Westermann, G. E. (2000). Biochore classification and nomenclature in paleobiogeography: an attempt at order. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 158(1–2), 1–13.
- Winkler Prins, C. F. & Martínez Chacón, M L. (1998). A new species of the productid brachiopod *Aseptella* from the Lower Carboniferous of the Cantabrian Mountains (Spain). *Revista Española de Paleontología*, 13, 243–249.
- Williams, A. (1953). The classification of the strophomenoid brachiopods. *Washington Academy of Sciences Journal*, 43, 1–13.
- Williams, A., Brunton, C. H. C., & Wright, A. D. (2000). Orthotetida. In R. L. Kaesler (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 2* (pp. 664–714). Geological Society of America and University of Kansas Press.
- Williams, A., Carlson, S. J., Brunton, C. H. C., Holmer, L. E. & Popov, L. E. (1996). A supra-ordinal classification of the Brachiopoda. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (Series B)*, 351, 1171–1193.
- Williams, A., Howard, C., Brunton, C. & MacKinnon, D. I. (1997). Morphology. In R. L. Kaesler (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 1* (pp. 321–410). Geological Society of America and University of Kansas Press.
- Winchell, A. (1863). Descriptions of fossils from the Marshall and Huron Groups of Michigan. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 405–430.
- Wu, H. T., He, W. H., Zhang, Y., Yang, T. L., Xiao, Y. F., Chen, B. & Weldon, E. A. (2016). Palaeobiogeographic distribution patterns and processes of *Neochonetes* and *Fusichonetes* (Brachiopoda) in the Late Palaeozoic and Earlier Mesozoic. *Palaeoworld*, 25(4), 508–518.

- Ye, F., Shi, G. R., & Bitner, M. A. (2021). Global biogeography of living brachiopods: Bioregionalization patterns and possible controls. *PloS one*, *16*(11), e0259004.
- Yrigoyen, M. (1967). Geology of the Triassic Formation of Northern Mendoza area. 1er International Symposium on Gondwana Stratigraphy and Paleontology. *Asociación Geológica Argentina, Guidebook* (pp. 1–13). Buenos Aires.
- Zappettini, E., Méndez, V., & Zanettini, J. C. (1987). Metasedimentitas mesopaleozoicas en el noroeste de la provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, *42*(1–2), 206–207.
- Zappettini, E. O., Chernicoff, C. J., Santos, J. O., Dalponte, M., Belousova, E., & McNaughton, N. (2012). Retrowedge-related Carboniferous units and coeval magmatism in the northwestern Neuquén province, Argentina. *International Journal of Earth Sciences*, *101*(8), 2083–2104.
- Zezina, O. N. (1997). Biogeography of the bathyal zone. In *Advances in Marine Biology* (Vol. 32, pp. 389–426). Academic Press.
- Zöllner, W. (1950). Observaciones tectónicas en la Precordillera sanjuanina, zona de Barreal. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, *5*(3), 111–126.
- Zöllner, W. & Amos, A. J. (1955). Acerca del Paleozoico superior y Triásico del Cerro La Premia, Andacollo (Neuquén). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, *10*(2), 127–135.
- Zöllner, W. & Amos, A. J. (1973). Descripción Geológica de la Hoja 32b, Chos Malal, provincia de Neuquén. *Servicio Geologico Minero Argentino, boletín* 143, 1–91. Buenos Aires.

## ANEXOS

**Tabla 1.** Unidades litoestratigráficas del centro-oeste argentino, seleccionadas de acuerdo a su relevancia en contenido fosilífero de invertebrados marinos.

Unidad Litoestratigráfica	Cuenca	Antigüedad	Biozonas presentes
<b>Fm. Malimán</b> (Scalabrini Ortíz, 1972)	Río Blanco	Carbonífero Inferior	<i>Azurduya chavelensis</i>
<b>Fm. Cortaderas</b> Scalabrini Ortíz, 1973	Río Blanco	Carbonífero Inferior	
<b>Fm. Agua de Lucho</b> González & Bossi, 1987	Río Blanco	Carbonífero Inferior	<i>Azurduya chevelensis</i>
<b>Fm. Cerro Agua Negra</b> (Polanski, 1970)	Río Blanco	Carbonífero Superior- Pérmico Inferior	<i>Marginovatia-Maemia</i> y <i>Tivertonia-</i> <i>Streptorhynchus</i>
<b>Fm. Río del Peñón</b> (Borrello, 1955)	Río Blanco	Carbonífero Superior- Pérmico Inferior	<i>Tivertonia-</i> <i>Streptorhynchus</i>
<b>Fm. Quebrada Larga</b> (Scalabrini Ortíz, 1972)	Río Blanco	Carbonífero Superior- Pérmico Inferior	<i>Tivertonia-</i> <i>Streptorhynchus</i>
<b>Fm. El Ratón</b> Güerstein, Laya & Pezzutti, 1965	Calingasta- Uspallata	Carbonífero Inferior	Flora A-F
<b>Fm. Yalguaraz</b> (Amos & Rolleri, 1965)	Calingasta- Uspallata	Carbonífero Medio- Carbonífero Superior	<i>Levipustula</i>
<b>Fm. Leoncito</b> (Baldis, 1964)	Calingasta- Uspallata	Carbonífero Medio	<i>Levipustula</i>
<b>Fm. San Eduardo</b> (Mésigos, 1963)	Calingasta- Uspallata	Carbonífero Medio	<i>Rugosochonetes-</i> <i>Bulahdelia</i> y <i>Levipustula</i>
<b>Fm. Majaditas</b> (Amos & Rolleri, 1965)	Calingasta- Uspallata	Carbonífero Medio- Carbonífero Superior	<i>Levipustula</i>
<b>Fm. La Capilla</b> (Amos, Baldis & Csaky, 1963)	Calingasta- Uspallata	Carbonífero Medio	<i>Levipustula</i>
<b>Fm. Pituil</b> Taboada, 1997	Calingasta- Uspallata	Carbonífero Medio	<i>Marginovatia-Maemia</i>
<b>Fm. Ansilta</b> (Harrington, 1971)	Calingasta- Uspallata	Carbonífero Medio- Carbonífero Superior	<i>Marginovatia-Maemia?</i>
<b>Fm. Ciénaga Larga del Tontal</b> (Banchig, Milana & Lech, 1997)	Calingasta- Uspallata	Carbonífero Medio	<i>Marginovatia-Maemia?</i>

<b>Fm. Del Salto</b> (Quartino, Zardini & Amos, 1971)	Calingasta-Uspallata	Carbonífero Superior-Pérmico Inferior?	<i>Tivertonia-Streptorhynchus</i>
<b>Fm. Agua del Jagüel</b> (Harrington, 1971)	Calingasta-Uspallata	Carbonífero Superior	<i>Tivertonia-Streptorhynchus</i>
<b>Fm. Santa Elena</b> (Yrigoyen, 1967)	Calingasta-Uspallata	Carbonífero Superior	<i>Tivertonia-Streptorhynchus</i>
<b>Fm. Santa Máxima</b> Rolleri & Criado Roqué, 1968	Calingasta-Uspallata	Carbonífero Superior-Pérmico Inferior	<i>Tivertonia-Streptorhynchus</i>
<b>Fm. Alto Tupungato</b> (Polanski, 1959)	Cordillera Principal	Carbonífero Superior-Pérmico Inferior	-
<b>Fm. Alto río Tunuyán</b> (Polanski, 1959)	Cordillera Principal	Carbonífero Superior-Pérmico Inferior?	<i>Tivertonia-Streptorhynchus?</i>
<b>Fm. El Plata</b> (Caminos, 1965)	Cordillera Principal	Carbonífero Superior	-
<b>Fm. Las Peñas</b> (Polanski, 1959)	Calingasta-Uspallata	Carbonífero Superior	-
<b>Fm. Cordón del Jagüel</b> Limarino, Isbell, Ciccioli & Taboada, 2013	Calingasta-Uspallata	Pérmico Inferior	<i>Costatumulus</i>
<b>Fm. Guandacol</b> (Cuerda, 1965)	Paganzo	Carbonífero Superior	
<b>Fm. Tupe</b> (Cuerda, 1965)	Paganzo	Carbonífero Superior	<i>Tivertonia-Streptorhynchus</i>
<b>Fm. Patquía</b> (Cuerda, 1965)	Paganzo	Pérmico Inferior	
<b>Fm. El Imperial</b> (Dessanti, 1945)	San Rafael	Carbonífero Superior-Pérmico Inferior	<i>Tivertonia-Streptorhynchus</i>
<b>Fm. Huaraco</b> Zöllner & Amos, 1955	Neuquén	Carbonífero Superior-Pérmico Inferior	<i>Marginovatia-Maemia</i> y <i>Tivertonia-Streptorhynchus</i>

**Tabla 2.** Contenido fosilífero de las distintas asociaciones fósiles reconocidas en las cuencas del centro-oeste y sudeste argentino durante el Paleozoico tardío.

**Invertebrados marinos de la fauna de *Michiganites scalabrinii*-Azurduya *chavelensis***

Taxa	Cuenca Río Blanco		
	Malimán	La Punilla	Agua de Lucho
<i>Azurduya chavelensis</i> (Amos) Cisterna & Isaacson, 2003 <sup>2,3</sup>	x	x	x
<i>Azurduya cingolani</i> Cisterna & Isaacson, 2003 <sup>2</sup>			x
<i>Pseudosyringothyris?</i> sp. Cisterna, 1996 <sup>2</sup>		x	
<i>Yagonia furquei</i> Taboada & Shi, 2009 <sup>2</sup>	x		
<i>Azurduya</i> sp. <sup>3</sup>			x
<i>Azurduya cingolani?</i> Cisterna & Isaacson, 2003 <sup>3</sup>			x
Chonetidae indet. <sup>3</sup>			x
Rhynchonellida indet. <sup>3</sup>			x
Spiriferida indet. <sup>3</sup>			x
?Septosyringothyridinae gen. nov. <sup>3</sup>			x
Anopliidae indet. A <sup>3</sup>			x
Leiorhynchidae indet. <sup>3</sup>			x
Anopliidae indet. B <sup>3</sup>			x
Plicatiferinae indet. <sup>3</sup>			x
Strophalosiidina indet. <sup>3</sup>			x
Anopliidae indet. C <sup>3</sup>			x
<i>Spiriferellina?</i> sp. <sup>3</sup>			x
Terebratulidina indet. <sup>3</sup>			x
<i>Hyolithes malimanensis</i> Sabbattini, Azcuy & Carrizo, 2001 <sup>2</sup>	x		
<i>Paraconularia anteloi</i> Sabbattini, Azcuy & Carrizo, 2001 <sup>2</sup>	x		
<i>Bellerophon</i> ( <i>Bellerophon</i> ) sp. Sabbattini, Azcuy & Carrizo, 2001 <sup>2</sup>	x		
<i>Mourlonia punillana</i> Sabbattini, Azcuy & Carrizo, 2001 <sup>2</sup>	x		
<i>Treospira</i> ( <i>Angyomphalus</i> ) sp. <sup>1</sup>			
<i>Michiganites scalabrinii</i> (Antelo, 1969) <sup>2</sup>	x		
<i>Pseudoorthoceras</i> sp. (Riccardi & Sabbattini, 1975) <sup>2</sup>	x		
<i>Cypricardinia?</i> sp. González, 1994 <sup>2</sup>		x	
<i>Cypricardinia</i> sp. <sup>3</sup>			x
<i>Edmondia?</i> sp. González, 1994 <sup>2</sup>		x	
<i>Leptodesma?</i> sp. González, 1994 <sup>2</sup>		x	
<i>Malimania triangularis</i> González, 1994 <sup>2,3</sup>	x	x	x
<i>Malimanina malimanensis</i> (González) Waterhouse, 2001 <sup>2</sup>	x		
<i>Malimanina malimanensis?</i> (González) <sup>3</sup>			x
<i>Palaeoneilo subquadratum</i> González, 1994 <sup>2,3</sup>		x	x
<i>Palaeoneilo</i> sp. <sup>3</sup>			x
<i>Phestia</i> sp. González, 1994 <sup>2,3</sup>	x	x	x

<i>Sanguinolites punillanus</i> González, 1994 <sup>2</sup>	x		
<i>Schizodus</i> sp. González, 1994 <sup>2</sup>	x		
<i>Vacunella?</i> sp. nov. González, 1994 <sup>2</sup>	x		
<i>Volsellina?</i> sp. González, 1994 <sup>2,3</sup>		x	x
Pholadomyidae indet. <sup>3</sup>			x
<i>Streblochondria</i> sp. <sup>3</sup>			x
<i>Euchondria</i> sp. <sup>3</sup>			x
<i>Myofossa</i> sp. <sup>3</sup>			x
<i>Bivalvia</i> indet. <sup>3</sup>			x
Sanguinolitidae indet. <sup>3</sup>			x
Mytilidae indet. <sup>3</sup>			x
Pectinidae indet. <sup>3</sup>			x
<i>Minitaspongia parvis</i> Carrera, 2018 <sup>3</sup>			x
Crinoidea indet. <sup>3</sup>			x
<i>Hyalitha</i> indet. <sup>3</sup>			x
Cnidaria indet. <sup>3</sup>			x
peces indet. <sup>3</sup>			x
Trilobitomorpha indet. <sup>3</sup>			x
Conuláridos <sup>3</sup>			x
Cephalopoda indet. <sup>3</sup>			x

Referencias bibliográficas más relevantes. 1, Sabattini *et al.* (2001); 2, Taboada & Shi (2009); 3, Sterren *et al.* (2021).

### Invertebrados marinos de la fauna de *Rugosochonetes gloucesterensis*-*Bulahdelia* cf. *myallensis*

Taxa	Cuenca Calingasta-Uspallata Miembro El Paso, Formación San Eduardo
<i>Rugosochonetes gloucesterensis</i> (Cvancara) <sup>1,2</sup>	x
<i>Rugosochonetes</i> sp. A Taboada, 1989 <sup>1</sup>	x
<i>Rugosochonetes</i> sp. B Taboada, 1989 <sup>1</sup>	x
<i>Retichonetes</i> sp. Taboada, 1989 <sup>1</sup>	x
Chonetidae indet. <sup>1</sup>	x
<i>Bulahdelia</i> cf. <i>myallensis</i> Roberts, 1976 <sup>2</sup>	x
<i>Absenticosta Bruntoneillinae</i> Taboada & Shi, 2009 <sup>3</sup>	x
<i>Orbiculoidea</i> sp. Taboada, 1989 <sup>1</sup>	x
<i>Sinuitina gonzalezi</i> Sabattini <sup>1,2</sup>	x
<i>Glabrocingulum</i> ( <i>Glabrocingulum</i> ) <i>advena</i> (Reed) <sup>1,2</sup>	x
<i>Glabrocingulum</i> ( <i>Stenozone</i> ) sp. <sup>1</sup>	x
<i>Murchisonia</i> ( <i>M.</i> ) aff. <i>tatei</i> ? Elias <sup>1,2</sup>	x
<i>Neoplatyteichum barrealensis</i> (Reed) <sup>1,2</sup>	x
<i>Yunnania subpygmaea</i> (d'Orbigny) <sup>1,2</sup>	x
<i>Phestia</i> sp. <sup>1,2</sup>	x
<i>Sueroceras irregulare</i> Riccardi & Sabattini <sup>1,2</sup>	x

Bryozoa indet. <sup>1</sup>	x
Pelecypoda indet. <sup>1</sup>	x
? <i>Zaphrentis</i> sp. <sup>1</sup>	x
Gastropoda indet. <sup>1</sup>	x

Referencias bibliográficas más relevantes. **1**, Taboada (1989); **2**, Taboada (1997); **3**, Taboada & Shi (2011).

### Invertebrados marinos de la fauna de *Levipustula*

Taxa	Subcuenca Calingasta-Uspallata				
	Mb. Hoyada Verde	La Capilla	Leoncito	Majaditas	Yalguaraz
<i>Levipustula levis</i> Maxwell, 1951 <sup>2</sup>	x	x	x		
<i>Costuloplica leoncitensis</i> (Harrington) <sup>1</sup>	x	x	x		
<i>Septosyringothyris keideli</i> (Harrington) <sup>1</sup>	x		x		
<i>Spiriferellina octoplicata</i> (Sowerby) <sup>1</sup>	x	x	x		
<i>Spiriferellina</i> sp. <sup>8</sup>		x			
<i>Kitakamithyris booralensis</i> (Campbell) (= <i>K. septata</i> Amos <i>et al.</i> , 1963) <sup>4,6</sup>	x	x			
<i>Kitakamithyris immensa</i> (Campbell) <sup>6</sup>					x
<i>Torynifer tigrensis</i> Taboada & Cisterna, 1997 <sup>6</sup>					x
<i>Torynifer</i> sp. Taboada & Cisterna, 1997 <sup>6</sup>		x			
<i>Beecheria</i> sp. <sup>8</sup>	x	x	x		
Orthotetoidea indet. <sup>8</sup>		x	x		
<i>Dielasma</i> sp. cf. <i>itaitubense</i> Derby <sup>1</sup>			x		
<i>Beecheria</i> cf. <i>sublaevis</i> Waagen (= <i>B. patagonica</i> Amos, 1958) <sup>1</sup>	x	x	x		
<i>Spirifer</i> sp. indet. <sup>1</sup>			x		
<i>Reticularia</i> sp. indet. <sup>1</sup>			x		
<i>Orthidae</i> gen. indet. <sup>1</sup>			x		
<i>Beecheria</i> sp. <sup>7</sup>			x		
<i>Nuculopsis</i> sp.					
<i>Phestia</i> sp. <sup>7,8</sup>	x	x	x		
<i>Phestia</i> sp. aff. <i>bellistrata</i> (Stevens) <sup>8</sup>	x				
<i>Palaeolima retifera</i> (Shumard) <sup>8</sup>	x				
<i>Streblochondria stappenbecki</i> Reed <sup>8</sup>	x				
<i>Streblochondria sanjuanensis</i> Sterren <sup>8</sup>	x				
<i>Aviculopecten barrealensis</i> Reed <sup>8</sup>		x			
<i>Schizodus</i> sp. <sup>7,8</sup>		x	x		
<i>Oriocrassatella?</i> sp. <sup>8</sup>		x			
<i>Pleurophorella?</i> sp. <sup>7,8</sup>		x	x		
<i>Oriocrassatella andina</i> González <sup>8</sup>			x		
<i>Myofossa calingastensis</i> González <sup>8</sup>			x		
<i>Leptodesma (Leiopteria)</i> sp. <sup>8</sup>			x		
<i>Cypricardinia</i> sp. <sup>8</sup>			x		
<i>Promytilus</i> sp. <sup>8</sup>			x		
<i>Pyramus?</i> Sp. <sup>8</sup>			x		

<i>Naiadites</i> sp. <sup>1</sup>			X		
<i>Barrealispira mesigosi</i> Taboada & Sabattini <sub>3,4,8</sub>	X		X		
<i>Mourlonia striata</i> (sowerby) <sup>3,4</sup>	X				
<i>Ptychomphalina sabattinia</i> e Taboada <sup>5,8</sup>		X			
<i>Ptychomphalina turgentis</i> Taboada <sup>5,8</sup>		X			
<i>Ptychomphalina</i> cf. <i>kuttungensis</i> (Campbell) <sup>5,8</sup>		X			
<i>Peruvispira reedi</i> Sabattini <sup>3,8</sup>	X	X			
<i>Straparollus (Eumphalus)</i> sp. <sup>8</sup>		X			
<i>Leptoptygma</i> sp. <sup>8</sup>		X			
<i>Fenestella sanjuanensis</i> Sabattini <sup>8</sup>	X				
<i>Fenestella barrealensis</i> Sabattiini <sup>8</sup>	X				
<i>Fenestella altispinosa</i> Sabattini <sup>8</sup>	X				
<i>Fenestella</i> sp. <sup>8</sup>			X		
<i>Polypora nerkelensis</i> Crockford <sup>8</sup>	X				
<i>Cladochonus harringtoni</i> Sabattini <sup>8</sup>	X				
<i>Sphenotallus stubblefieldi</i> Schmidt & Teichmüller <sup>5,8</sup>	X				
Briozoa indet. <sup>8</sup>	X	X	X		
Crinoidea indet. <sup>8</sup>	X	X	X		
Ostracoda indet. <sup>8</sup>	X		X		
<i>Sueroceras</i> sp. <sup>3</sup>	X				
<i>Glabrocingulum (Stenozone) Argentinus</i> (Reed) <sub>5</sub>					
<i>Barrealispira?</i> sp. <sup>7</sup>			X		
<i>Aviculopecten</i> sp. <sup>5</sup>				X	
<i>Limipecten</i> sp. <sup>5</sup>				X	
<i>Streblochondria</i> sp. <sup>5</sup>				X	
<i>Sueroceras irregulare</i> Riccardi & Sabattini <sup>4</sup>	X				

Referencias bibliográficas más relevantes. **1**, Keidel & Harrington (1938); **2**, Amos & Rolleri (1965); **3**, Taboada & Sabattini (1987); **4**, Taboada (1990); **5**, Taboada (1997); **6**, Taboada & Cisterna (1997); **7**, Cisterna & Sterren (2008); **8**, Cisterna & Sterren (2010).

### Invertebrados marinos de la fauna de *Marginovatia peregrina*-*Maemia tenuiscostata*

Taxa	Calingasta-Uspallata	Río Blanco	Neuquén
	Pituil	Cerro Agua Negra	Huaraco
<i>Marginovatia peregrina</i> (Taboada, 1997) <sup>2,4</sup>	X	X	
<i>Maemia tenuiscostata</i> (Taboada, 1997) <sup>2,4</sup>	X	X	
<i>Neochonetes granulifer</i> (Owen, 1852) <sup>2,5</sup>	X		X
<i>Reticularia notica</i> Reed, 1927 <sup>1,2,3,4</sup>	X	X	
<i>Leiorhynchus</i> sp. nov.? Cisterna & Taboada (1997) <sup>2,3</sup>	X		
<i>Orbiculoidea</i> aff. <i>Saltensis</i> Reed, 1927 <sup>1,2</sup>	X		
<i>spirifer</i> cf. <i>supramosquensis</i> Nikitin <sup>1</sup>	X		
<i>Spirifer</i> spp. <sup>1</sup>	X		
<i>Amboceoelia</i> sp. <sup>1</sup>	X		



<i>Athyris (Spirigerella)? sp.</i> <sup>1</sup>	x		
<i>Leiorhynchus sp.</i> <sup>4,5</sup>		x	x
<i>Reticularia sp.</i> <sup>5</sup>			x
<i>Orbiculoidea sp.</i> <sup>5</sup>			x
<i>Linipalus sp. nov.</i> <sup>5</sup>			x
<i>Glabrocingulum (Stenzone) argentinus</i> (Reed) <sup>2</sup>	x		
<i>Neoplatyteichum barrealensis</i> (Reed) <sup>2,4</sup>	x	x	
<i>Strapallorus (eumopallus) subcircularis</i> (Mansuy) <sup>2</sup>	x		
<i>Aviculopecten barrealensis</i> Reed <sup>2,4</sup>	x	x	
<i>Euphemites sp.</i> <sup>2</sup>	x		
<i>Sphenotallus stubblefieldi</i> Schmidt & Tiechmuller <sup>2</sup>	x		

Referencias bibliográficas más relevantes. **1**, Reed (1927); **2**, Taboada (1997); **3**, Cisterna & Taboada (1997); **4**, Taboada (1999); **5**, Taboada *et al.* (2014).

### Invertebrados marinos de la fauna de *Tivertonia jachalensis*-*Streptorhynchus inaequiornatus*

Taxa	Río Blanco			Calingasta-Uspallata			Paganzo	San Rafael	Neuquén
	Río del Peñón	Cerro Agua Negra	Quebrada Larga	Agua del Jagüel	Santa Elena	Del Salto	Tupe	El Imperial	Huaraco
<i>Tivertonia jachalensis</i> (Amos, 1961) <sup>1,3,4,5,7,8,15</sup>	x	x	x		x	x	x		x
<i>Neochonetes pegnonensis</i> Cisterna & Simanaukas, 2000 <sup>7,12</sup>	x								
<i>Streptorhynchus inaequiornatus</i> Leanza, 1945 <sup>1,4,5,7,8,11,14,17</sup>	x		x	x			x	x	
<i>Streptorhynchus sp.</i>									
<i>Streptorhynchus? sp.</i> <sup>7</sup>	x							x	
<i>Septosyringothyris keideli</i> (Harrington) <sup>3,6</sup>								x	x
<i>Septosyringothyris (Precosyringothyris) jaguelensis</i> Lech, 1986 <sup>7,13,14,17,20</sup>	x		x	x			x		
<i>Septosyringothyris sp.</i> <sup>4,9</sup>			x				x	x	
<i>Septosyringothyris aff. jaguelensis</i> <sup>8,10</sup>			x				x		
<i>Septosyringothyris (Precosyringothyris) globosa</i> Lech, 1993 <sup>11,12</sup>									
<i>Septosyringothyris (Precosyringothyris)</i>	x							x	

<i>feruglioi</i> (Amos, 1957) 5,11,17,21,22									
<i>Spiriferellina</i> sp. <sup>7,17</sup>	X							X	
<i>Pericospira pericoensis</i> (Leanza, 1945) <sup>1,3,5,8,12</sup>					X	X	X	X	X
<i>Pericospira riojanensis</i> (Lech & Aceñolaza, 1987) <sup>7,12,22</sup>	X								
<i>Pericospira sanjuanensis</i> (Lech & Aceñolaza, 1995) <sup>23</sup>									
<i>Pericospira</i> sp. <sup>7</sup>	X							X	
<i>Crurithyris roxoi</i> Oliveira <sup>14</sup>				X					
<i>Crurithyris?</i> sp. <sup>8,12</sup>							X		
<i>Coronalosia argentinensis</i> Archbold & Simanaukas, 2001 <sup>8,12</sup>							X		
<i>Coronalosia</i> sp. <sup>8,10</sup>			X						
<i>Etherilosia</i> sp. <sup>12</sup>									
<i>Tupelosia paganzoensis</i> Simanaukas & Archbold, 2001 <sup>8,12</sup>							X		
<i>Kochiproductus</i> sp. <sup>8,9</sup>							X		
<i>Buxtonia riojanae</i> (Leanza, 1948) <sup>2,4,5,6,7,12,17</sup>	X		X				X	X	
<i>Coolkilella aredesi</i> Taboada, 2014 <sup>14</sup>	X			X		X			
<i>Calitrixia piersoni</i> Taboada, 2014 <sup>14</sup>	X		X		X	X	X		
<i>Costatumulus</i> sp. A <sup>7</sup>	X								
<i>Costatumulus</i> sp. <sup>8,9</sup>							X		
<i>Lanipustula patagoniensis</i> Simanaukas, 1996 <sup>15</sup>									X
<i>Rhynchopora</i> sp. <sup>7,12</sup>	X								
<i>Heteralosia cornelliana</i> (Derby) <sup>4</sup>			X						
<i>Argentiella stappenbecki</i> Archbold et al., 2005 <sup>18</sup>					X				
<i>Lingula</i> sp. <sup>6</sup>								X	
<i>Lingula</i> sp.2 <sup>12</sup>							X		
<i>Oehlertella annae</i> Feruglio, 1933 <sup>5,16</sup>				X	X				
<i>Orbiculoidea saltensis</i> Reed, 1927 <sup>4,5,6,13</sup>			X	X	X				
<i>Orbiculoidea</i> sp. <sup>7,9,12</sup>	X						X		
<i>Dyschrestia?</i> sp. <sup>7</sup>	X								
<i>Heteropecten?</i> sp. <sup>9</sup>							X		

<i>Myofossa?</i> sp. <sup>9</sup>								X		
<i>Sanguinolites?</i> sp. <sup>9</sup>								X		
<b>Amomalodesmata</b> <b>indet.</b> <sup>9</sup>								X		
<i>Peruvispira</i> sp. <sup>4</sup>			X							
<b>Orthoceras</b> sp. <sup>4</sup>			X							
<b>Conularidos</b> indet. <sup>4</sup>			X							
<b>ostracodos</b> indet. <sup>4</sup>			X							
<i>Schizodus</i> sp. <sup>10</sup>			X							
<i>Pleurophorella</i> sp. <sup>10</sup>			X							
<i>Edmondia?</i> sp. <sup>10</sup>			X							
<i>Modiolus?</i> sp. <sup>10</sup>			X							
<i>Aviculopecten</i> sp. <sup>10</sup>			X							
<i>Streblochondria</i> sp. <sup>10</sup>			X							
<i>Nuculavus</i> <i>levatiformis</i> (Wallcot) <sup>19</sup>								X		
<i>Phestia</i> sp. aff. <i>bellistriata</i> (Stevens) <sup>19</sup>								X		
<i>Modiolus</i> ( <i>Modiolus</i> ) sp. <sup>19</sup>								X		
<i>Septimyalina</i> sp. <sup>19</sup>								X		
<i>Palaeolima retifera</i> (Schumard) <sup>19</sup>								X		
<i>Aviculopecten</i> sp. <sup>19</sup>								X		
<i>Streblochondria</i> sp. <sup>19</sup>								X		
<i>Schizodus</i> sp. <sup>19</sup>								X		
<i>Pleurophorella?</i> sp. <sup>19</sup>								X		

Referencias bibliográficas más relevantes. **1**, Leanza (1945); **2**, Leanza (1948); **3**, Zöllner & Amos (1955); **4**, Antelo (1972); **5**, Amos (1979); **6**, Sabbatini *et al.* (1990); **7**, Cisterna & Simanuskas (2000); **8**, Cisterna *et al.* (2002); **9**, Cisterna *et al.* (2006); **10**, Cisterna & Sterren (2007); **11**, Cisterna (2011); **12**, Cisterna *et al.* (2011); **13**, Lech (2011); **14**, Taboada (2014); **15**, Taboada *et al.* (2014); **16**, Lech (2014); **17**, Pardo & Taboada (2017); **18**, Archbold *et al.* (2005); **19**, Sterren (2004); **20**, Lech (1986); **21**, Amos (1957); **22**, Lech & Aceñolaza (1987); **23**, Cisterna & Archbold (2007).

### Invertebrados marinos de la fauna de *Costatumulus*

Taxa	Calingasta-Uspallata Basin
	Cordón del Jaguel
<i>Costatumulus amosi</i> Taboada, 1998 <sup>1,2</sup>	X
<i>Coolkilella keideli</i> Taboada, 1998 <sup>2</sup>	X
<i>Tivertonia leanzai</i> Taboada, 2006 <sup>3</sup>	X
<i>Septosyringothyris jaguelensis</i> Lech, 1986 <sup>3</sup>	X
<i>Crurithyris</i> sp. <sup>3</sup>	X
<i>Streptorhynchus</i> sp. <sup>3</sup>	X
<i>Crurithyris roxoi</i> Oliveira <sup>1,5</sup>	X
<i>Argentiella stappenbecki</i> Archbold <i>et al.</i> , 2005 <sup>4,5</sup>	X

<i>Orbiculoidea</i> sp. <sup>4</sup>	x
<i>Oriocrassatella sanjuanensis</i> González? <sup>2</sup>	x
<i>Cypricardinia?</i> sp. nov. González <sup>2</sup>	x
<i>Sanguinolites</i> sp. González <sup>2</sup>	x
<i>Schizodus</i> sp. González <sup>2</sup>	x
<i>Streblochondria?</i> sp. González <sup>2</sup>	x

Referencias bibliográficas más relevantes. **1**, Taboada (1987); **2**, Taboada (1998); **3**, Taboada (2006); **4**, Archbold *et al.* (2005); **5**, Limarino *et al.* (2013).

**Tabla 3.** Matriz de presencia-ausencia utilizada en este trabajo, tomada y modificada de Martínez-Chacón *et al.* (2003).

Géneros			Urales		Paleotethys			Austral				
	M-C A	A	M-D	U-T	SE	K	EP	S	EA	A-I	C-W A	P
<i>Acosarina</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Alexenia</i>	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Alispirifer</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
<i>Altiplecus</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ambikella</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Amosia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Anidanthus</i>	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
<i>Anthracospirifer</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
<i>Argentiella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Arktikina</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Aseptella</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>Asiomeekella</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Attenuatella</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacophoria</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Avisyrinx</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Balkhasheconcha</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Beecheria</i>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Booralia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Brachythyrina</i>	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Brasilioproductus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Buntoxia</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Buxtonia</i>	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
<i>Buxtonioides</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Callaiapsida</i>	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Calliprotonia</i>	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0
<i>Calytrixia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Camerisma</i>	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Cantabriella</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Capillomesolobus</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaoiella</i>	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Chonetina</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Choristitella</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Choristites (Priskites)</i>	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Coledium</i>	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0
<i>Comuquia</i>	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
<i>Coolkilella</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
<i>Coronalosia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Costachonetes</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Costatumulus</i>	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0

<i>Crenispirifer</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Crurithyris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cryptacanthia</i>	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Cryptonella</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
<i>Cubacula</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyrolaxis</i>	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
<i>Deltachania</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Derbyoides</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Desmoinesia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplanus</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Donispirifer</i>	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dowhatania</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
<i>Duartea</i>	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
<i>Dyschrestia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
<i>Echinaria</i>	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0
<i>Elinoria</i>	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Enteletes</i>	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Enteletoides</i>	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Eridmatus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eumetria</i>	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
<i>Fimbrinia</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Fletcherithyris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Gibbospirifer</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gilledia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Gjelispinifera</i>	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0
<i>Gonzalezius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Gypospirifer</i>	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Heteralosia</i>	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Hontorialosia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hystriaculina</i>	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Incisius</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Isogramma</i>	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Jakutella</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Jakutochonetes</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Jiguliconcha</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juresania</i>	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0
<i>Kalitvella</i>	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Karavankina</i>	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Kasakhstania</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Kelamelia</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Keyserlingina</i>	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Kiangsiella</i>	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
<i>Kochiproductus</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Komiella</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Kutorginella</i>	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0

<i>Languigneotus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Lanipustula</i>	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
<i>Larispirifer</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leiorhynchoidea</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Leiorhynchus</i>	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0
<i>Leptalosia</i>	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limbella</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Linispunus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Linoproductoides</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Lissella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Lissochonetes</i>	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0
<i>Lopasnia</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Maemia</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Marginovatia</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Marinurnula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Martiniopsis</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Mesolobus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Minispina</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Minysphenia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neochonetes</i>	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0
<i>Oehlertella</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Oligothyrina</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orbiculoidea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Orthotetes</i>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orthotichia</i>	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Orulgania</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Parachoristites</i>	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Parajuresania</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paramesolobus</i>	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Parenteletes</i>	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pelaiella</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pericospira</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Planispina</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plekonella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Plicatiferina</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plicatospiriferella</i>	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plicatorynifer</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Polystylus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pontisia</i>	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Proteguliferina</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudosyringothyris</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psilocamara</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
<i>Pulchratia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pulsia</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quadrochonetes</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

<i>Quasiavonia</i>	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Reticularia</i>	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
<i>Reticulatia</i>	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Rhynchopora</i>	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0
<i>Riosanetes</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rostranteris</i>	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Saltospirifer</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Septosyringothyris</i>	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>Sergospirifer</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Settedabania</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Sokolskya</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spiriferellina</i>	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>Spirigerella</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0
<i>Streptopomum</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Streptorhynchus</i>	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>Tangshanella</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Tapajotia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
<i>Teguliferina</i>	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Tegulispirifer</i>	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Terebratuloida</i>	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
<i>Tethorotes</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Theodusia</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Tiramnia</i>	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
<i>Tivertonia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
<i>Tomioipsis</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
<i>Tornquistia</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Trautscholdia</i>	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Tubaria</i>	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Tuberculatella</i>	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1
<i>Tupelosia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Verchojania</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Verkhotomia</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Werriea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Zaissania</i>	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>Zia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Referencias.** C-W A: centro-oeste argentino. P: Patagonia. EA: este de Australia. A-I: Afganistán e India.

M-D: Moscú-Donets. U-T: Urales-Timan. SE: sur de Europa. K: Kazajistán. EP: este del Paleotethys. A: Ártico. M-C A: Continente medio Andino. S: Siberia.



Artículo científico de respaldo

## **Pennsylvanian brachiopod faunas from the El Imperial Formation (San Rafael Basin) of central-western Argentina**

Cristian Adrián Pardo, César Augusto Taboada, Arturo César Taboada, María Alejandra Pagani

While some Upper Paleozoic basins in central-western Argentina have been extensively studied, others have poorly understood biostratigraphy. The current biozones heterogeneity between basins could be an artefact of incompletely sampled invertebrate fossil assemblages preventing precise correlations. Here, we therefore provide a taxonomic assessment of brachiopods recovered from fossil-bearing beds of the El Imperial Formation at Arroyo del Imperial, Quebrada de La Horqueta, and Cañón del Atuel. Two distinct biozones are identified: (1) a conspicuous Moscovian *Tivertonia jachalensis*-*Streptorhynchus inaequiornatus* Biozone (TS) from the Cañón del Atuel section; (2) a new early late Bashkirian *Saltospirifer guevarai*-*Pericospira sanjuanensis* Biozone (SP) from the Arroyo del Imperial and Quebrada de La Horqueta sections. The TS assemblage includes *Argentiella stappenbecki*, *Oehlertella annae*, *Orbiculoidea saltensis*, *Coolkilella aredesi*, *Calytrixia piersoni*, *Costatumulus* sp. and *Septosyringothyris?* sp. The SP assemblage comprises cf. *Buxtonia riojana*, *Streptorhynchus inaequiornatus*, cf. *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) *feruglioi*, cf. *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) *jaguelensis*, ?*Spiriferellina*

sp., *Saltospirifer guevarai* and cf. *Pericospira sanjuanensis*. The El Imperial Formation brachiopod biozones provide a basis for accurate biocorrelation between regional lithostratigraphical units, and clarify the Upper Paleozoic biochronostratigraphical scheme for central-western Argentina during the Pennsylvanian.

*Cristian Adrián Pardo* [pardocr22@gmail.com], Centro de Investigación Esquel de Montaña y Estepa Patagónica (CIEMEP) CONICET-UNPSJB, Roca 780, Esquel (U9200), Chubut, Argentina. [Laboratorio de Investigaciones en Evolución y Biodiversidad \(LIEB\), Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud \(FCNyCS\), Sede Esquel, Edificio de Aulas, km 16.5, Esquel, Chubut, U9200, Argentina;](#) *César Augusto Taboada* [ctaboada@mef.org.ar], Museo Paleontológico Egidio Feruglio (MEF)-CONICET, Avenida Fontana N°140, Trelew, Chubut, U9100GYO, Argentina; *Arturo César Taboada* [taboadaart@gmail.com], Centro de Investigación Esquel de Montaña y Estepa Patagónica (CIEMEP) CONICET-UNPSJB, Roca 780, Esquel (U9200), Chubut, Argentina. [Laboratorio de Investigaciones en Evolución y Biodiversidad \(LIEB\), Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud \(FCNyCS\), Sede Esquel, Edificio de Aulas, km 16.5, Esquel, Chubut, U9200, Argentina;](#) *María Alejandra Pagani* [apagani@mef.org.ar], Museo Paleontológico Egidio Feruglio (MEF)-CONICET, Avenida Fontana N°140, Trelew, Chubut, U9100GYO, Argentina.

**Keywords:** taxonomy; biostratigraphy; brachiopod biozone; Upper Paleozoic; San Rafael Basin; El Imperial Formation; Argentina.

BRACHIOPODS constitute a valuable tool for regional correlations between Upper Paleozoic units in southwestern Gondwana because of their abundance and diversity across sedimentary basins (Azcuy *et al.* 2007). The various groups show complex morphological disparity and habitat preferences at different palaeolatitudes and palaeobathymetries. Brachiopods have been widely used for biochronostratigraphical characterisations and/or correlations in central-western Argentina (Fig. 1A) because other typical index microfossils (e.g., fusulinids, conodonts) are scarce or absent (e.g., Amos & Roller 1965, Sabbatini *et al.* 1990, 2001, Taboada 2010, Cisterna *et al.* 2011, Sterren *et al.* 2020). At least seven biostratigraphical units have been defined in central-western Argentina using rhynchonelliformean brachiopods (Fig. 2). Yet, recent stratigraphical and taxonomic revisions have constrained and/or split their geographical and biostratigraphical ranges (Taboada 2014, Taboada *et al.* 2021).

Carboniferous brachiopod biozones are geographically discontinuous across the central-western Argentinean basins. For example: (1) the Tournaisian *Michiganites-Azurduya* Biozone is restricted to the Río Blanco Basin; (2) the early Serpukhovian *Rugosochonetes-Bulahdelia* Biozone, and late Serpukhovian–early Bashkirian cold water *Levipustula* Biozone are restricted to the Calingasta-Uspallata Basin (the later also present in eastern Australia and southern Bolivia: Taboada 2010, 2014, Taboada & Shi 2011, di Pasquo *et al.* 2017). The earliest late Bashkirian warmer water *Marginovatia-Maemia* Biozone was also recognised in the Calingasta-Uspallata Basin, Río Blanco and Neuquén basins, respectively (Taboada 1997, 1999, 2010, Taboada *et al.* 2014, 2021). The most widely distributed of these biozones corresponds to the Moscovian warm?-temperate *Tivertonia-Streptorhynchus* Biozone (Sabbatini *et al.* 1990), which is recognised across central-western Argentina (Fig. 2; Taboada 2014, Taboada *et al.* 2021). Taboada *et al.* (2021) split the *Tivertonia-Streptorhynchus*

Biozone according to variations in faunal composition. This includes a slightly older formerly named pre *Tivertonia-Streptorhynchus* assemblage (pTS) identified in the southern San Rafael Basin, extending northward into the Calingasta-Uspallata and Río Blanco basins (excluding the Paganzo Basin).

The Calingasta-Uspallata, Paganzo, and Río Blanco basins have been extensively studied, but the restricted southern San Rafael and Neuquén basins (Fig. 1A) are relatively poorly understood (Pazos *et al.* 2017, Taboada *et al.* 2014, 2021). Therefore, the brachiopod biozone heterogeneity between these basins could be a product of scarcely studied faunas. In this context, new investigations will undoubtedly improve the biostratigraphical zonation scheme of southwestern Gondwana.

The San Rafael Basin (Azcuy 1985) incorporates Upper Paleozoic marine deposits within the El Imperial Formation (Fig. 1A: see Dessanti 1945). At the Arroyo del Imperial locality, fossil invertebrates including spiriferids, discinoids, lingulids, and gastropods were briefly reported by Egidio Feruglio in Dessanti (1945), but remain undescribed. Amos (1957) assigned some brachiopod specimens of Dessanti (1945) to *Syringothyris feruglioi* Amos, 1957. Amos in Giudici (1971) further suggested biostratigraphical affinities with the middle Carboniferous *Levipustula* fauna from the northernmost Calingasta-Uspallata Basin (Amos & Rolleri 1965). Later, Arias & Azcuy (1986) proposed correlation with the “Fauna Intermedia” of González (1985), which has since been formalised as the *Tivertonia jachalensis-Streptorhynchus inaequiornatus* Biozone (TS) by Sabbatini *et al.* (1990). Additional marine invertebrate assemblages have been reported from other localities where the El Imperial Formation crops out (Fig. 1A), such as Quebrada de La Horqueta (= Puesto Pantanito in Arrondo & Scalabrini Ortiz 1978, García 1990, Espejo 1990), and Cañón del Atuel (Pazos *et al.* 2017).

This paper aims to provide a detailed taxonomic and biostratigraphical assessment of brachiopod fossils collected from three beds within the El Imperial Formation. Intra-basinal and regional biocorrelations, biochronostratigraphy, and faunal affinities with other basins from central-western Argentina are discussed.

### ***Institutional abbreviations***

MHNSR-Pi-CN, Museo de Historia Natural de San Rafael, Mendoza, Argentina.

CPBA, Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. MLP, Sección Paleozoología de Invertebrados, Museo de La Plata, La Plata, Argentina. FML-IPI, Instituto de Paleontología, Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.

### **Geological setting**

The El Imperial Formation comprises upper Mississippian to lower Pennsylvanian marine strata capped by lower Permian continental beds (see Taboada *et al.* 2021 and references therein for detailed lithostratigraphical information). The unit crops out along the western margin of the San Rafael Basin, and reaches a maximum thickness of up to 3000 m. It comprises mainly sandstones, shales, and conglomerates divided in two sections and designated as: the Lower Member; and the Upper Member at the Arroyo del Imperial as type locality (Dessanti 1945, Giudici 1971). Two additional members are recognised at the Cañón del Atuel locality: the lower Glacigénico Member; and the upper Cabecera del Cañón Member (Pazos *et al.* 2017, Taboada *et al.* 2021). The San Rafael Basin is palaeoenvironmentally interpreted as an embayment adjoining to a western volcanic arc open to the Panthalassan Ocean at ~45° S palaeolatitude (Fig. 1A: see Limarino *et al.* 2006, Torsvik & Cocks 2013, Pazos *et al.* 2017). The basement is

composed of Precambrian granites overlain by the Lower Paleozoic Río Seco de los Castaños (González Díaz, 1972) and La Horqueta formations (Giudici, 1971). These units have been deformed and uplifted by the Late Devonian–earliest Carboniferous Chanic Orogeny, which produced an angular unconformity separating them from the overlying Late Paleozoic El Imperial Formation (Fig. 1B). The El Imperial Formation is sequentially overlying by volcanic and volcanoclastic deposits of the late Cisuralian–early Guadalupian Cochicó Group (Limarino & Spalletti 2006).

## Materials and methods

Fieldwork carried out during 2015–2017 collected new brachiopods material (with subordinate bivalves, gastropods, cephalopods, conulariids, and body-fish remains) from the fossiliferous beds (Fig. 1A, B) of the Arroyo del Imperial and Quebrada de La Horqueta localities (lower section of the Lower Member), as well as from a new horizon in the El Imperial Formation at Cañón del Atuel (upper section of the Cabecera del Cañón Member: see Taboada *et al.* 2021).

The fossils were prepared following procedures explained in Feldmann *et al.* (1989), and examined under a stereomicroscope. Magnesium oxide coating was used to increase contrast during photography with a *Canon Xi3 Rebel* digital camera. Measurements were made with Vernier callipers accurate to 0.1 mm and processed in *Image J* (Abramoff *et al.* 2004). Nomenclature follows ICZN guidelines (Ride *et al.* 1999) with systematic schemes from: Brunton *et al.* (2000) and Waterhouse (2010, 2013) for Productidina; Holmer & Popov (2000) for Lingulida; Carter & Johnson (2006) for Spiriferinida; Carter *et al.* (2006) for Spiriferida; and Williams *et al.* (2000) for Orthotetida. Synonymy and open nomenclature qualifiers follow Matthews (1973).

## **Systematic palaeontology**

Phylum BRACHIOPODA Duméril, 1806

Subphylum LINGULIFORMEA Williams, Carlson, Brunton, Holmer & Popov, 1996

Class LINGULATA Gorjansky & Popov, 1985

Order LINGULIDA Waagen, 1885

Superfamily LINGULOIDEA Menke, 1828

Family LINGULIDAE Menke, 1828

Subfamily LINGULINAE Menke, 1828

**Argentiella** Archbold, Cisterna & Sterren, 2005

### ***Type species***

*Argentiella stappenbecki* Archbold, Cisterna & Sterren, 2005, from the Santa Elena Formation (Upper Carboniferous–Lower Permian) of the Calingasta-Uspallata Basin in central-western Argentina (original designation).

### ***Remarks***

All lingulid records from Argentina have been referred to the genus *Lingula* Bruguière, 1797 (Archbold *et al.* 2005), as have previous reports from the El Imperial, Tupe, and Río del Peñón formations (e.g., Dessanti 1945, Cisterna 2010, Cisterna *et al.* 2011, Lech & Aceñolaza 1987a).

The genus *Argentiella* is monospecific and was defined by Archbold *et al.* (2005) from Permian beds of the Precordillera in Mendoza Province, and attributed to a section of the Santa Elena Formation (Yrigoyen 1967) considered equivalent to the Cordón del

Jagüel Formation (Limarino *et al.* 2013; see also Taboada 1998, 2014). *Argentiella* sp. was also reported from the late Tournaisian Valle Chico Formation in Patagonia (Taboada *et al.* 2018), although this material is awaiting description.

***Argentiella stappenbecki*** Archbold, Cisterna & Sterren, 2005

(Fig. 3A, B)

?1945 *Lingula* sp. Dessanti, p. 213–215.

?1990 *Lingula* sp. Espejo, p. 151, 197.

2005 *Argentiella stappenbecki* Archbold, Cisterna & Sterren, p. 309–314, fig. 4A–L.

### ***Referred material***

MHNSR-Pi-CN 10.2, MHNSR-Pi-CN 10.7, MHNSR-Pi-CN 10.9, MHNSR-Pi-CN 10.10, MHNSR-Pi-CN 10.11, exterior of dorsal valves; MHNSR-Pi-CN 10.12, external mould of a dorsal valve. MHNSR-Pi-CN 10.6, internal mould of a dorsal valve; MHNSR-Pi-CN 10.8, exterior of a ventral valve. MHNSR-Pi-CN 10.3, interior of a ventral valve; MHNSR-Pi-CN 10.1, composite internal mould of a ventral valve with the exterior partially preserved. MHNSR-Pi-CN 10.4, MHNSR-Pi-CN 10.5, other fragmentary material.

### ***Locality, unit and age***

Cañón del Atuel, ~10 km east of El Nihuil dam near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Upper section of the Cabecera del Cañón Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).



### **Description**

Elongated and oval shell with biconvex profile, marginal beak, and ornamentation consisting of concentric lines. Maximum width ~6.2 mm; maximum length ~9 mm; average width/length (W/L) ratio = 0.57.

Elongated ventral valve with maximum width at about the valve mid-length; profile is gently convex. The beak is pointed and extends posteriorly. The fastigium is weakly developed. Ornamentation comprises weak concentric lines with irregular concentric rugellae in some specimens. The small pedicle foramen (the pedicle groove is narrow in internal moulds) is ~0.3 mm wide. Interiorly, the ventral median fold has sub-parallel sides developed at about the mid-length of the valve.

The dorsal valve has a gently elongate oval outline and an evenly and gently convex profile. The beak is less protuberant than in the ventral valve and not pointed. The maximum width is located at the valve mid-length. The ornamentation is similar to the ventral valve.

### **Remarks**

The El Imperial Formation specimens of *Argentiella* show minor differences from those found in Santa Elena Formation. These include a more elongate outline (W/L ratio = 0.57 versus 0.61) and protruberant ventral beak. Our new records extend the geographical distribution of *Argentiella stappenbecki* to the San Rafael Basin and its stratigraphical range into the Moscovian.

Superfamily DISCINOIDEA Gray, 1840

Family DISCINIDAE Gray, 1840

**Oehlertella** Hall & Clarke, 1890

***Type species***

*Discina pleurites* Meek, 1875, from the Cuyahoga Formation (Tournaisian) in the Waverly Group of Ohio, U.S.A. (original designation).

***Remarks***

*Oehlertella* is a poorly known discinid brachiopod reported from the ?Silurian–Devonian to Permian in the U.S.A., Libya, Scotland, Argentina, and possibly also Estonia and Germany (Holmer & Popov 2000). *Orbiculoidea* d’Orbigny, 1847 is comparable to *Oehlertella* but differs in its subcircular outline, dorsal valve bearing a subcentral apex, and pedicle tracks that do not reach to the posterior margin of valve (Mergl 2006). *Orbiculoidea saltensis* Reed, 1927 (see also Antelo 1972, Amos 1979, Lech 1990) has been associated with *Oehlertella* in the Carboniferous strata of central-western Argentina (Lech 2011).

***Oehlertella annae*** (Feruglio, 1933)

(Fig. 3C–H)

1933 *Orbiculoidea annae* Feruglio, p. 22–24, pl. I, fig. 10–12.

1990 *Oehlertella* sp. Lech, p. 225, pl. 1, fig. 11.

2014 *Oehlertella annae* Feruglio; Lech, p. 140–142, only fig. 4a–f.

***Referred material***

MHNSR-Pi-CN 5.9, exterior of a ventral valve; MHNSR-Pi-CN 5.17 and MHNSR-Pi-CN 5.18, interiors of ventral valves. MHNSR-Pi-CN 5.16 and MHNSR-Pi-CN 5.19, composite mould of an interior ventral valve. MHNSR-Pi-CN 5.1, MHNSR-Pi-CN 5.8, MHNSR-Pi-CN 5.12, MHNSR-Pi-CN 5.13, MHNSR-Pi-CN 5.14, MHNSR-Pi-CN 5.23, MHNSR-Pi-CN 5.24 and MHNSR-Pi-CN 5.27, exteriors of dorsal valves. MHNSR-Pi-CN 5.10, MHNSR-Pi-CN 5.20 and MHNSR-Pi-CN 5.21, composite moulds of exterior dorsal valves. MHNSR-Pi-CN 5.2, MHNSR-Pi-CN 5.3, MHNSR-Pi-CN 5.4, MHNSR-Pi-CN 5.5, MHNSR-Pi-CN 5.6, MHNSR-Pi-CN 5.7, MHNSR-Pi-CN 5.11, MHNSR-Pi-CN 5.15, MHNSR-Pi-CN 5.22, MHNSR-Pi-CN 2.25, MHNSR-Pi-CN 5.26, MHNSR-Pi-CN 5.28, MHNSR-Pi-CN 5.29, MHNSR-Pi-CN 5.30, fragmentary specimens.

### ***Locality, unit and age***

Cañón del Atuel, ~10 km east of El Nihuil dam near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Upper section of the Cabecera del Cañón Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

### ***Description***

Subcircular to slightly elongated outline shell with a convex-plano profile. The ornamentation consists of numerous concentric filae and rugellae. The maximum width is up to ~15.5 mm wide; maximum length at ~16.5 mm; average W/L ratio = 0.98.

The ventral valve has a subcircular outline becoming narrower towards the posterior margin; the profile is flat to shallowly convex with a sub-central apex. The pedicle track is 'U' shaped with the vertex contacting the umbo, and the floor and flanks being wide, deep and sub-vertical. The pedicle track is also covered by the listrium near

the posterior margin. Anteriorly, the median ridge is variably developed and 2.8 mm long in MHNSR-Pi-CN 5.17, or 1.3 mm long in MHNSR-Pi-CN 5.16. The ornamentation comprises irregular concentric rugellae (some joining the contiguous rugellae) with a density of 8–10/5 mm measured across the anterior margin. Continuous and irregular concentric filae are closely arranged in pairs and number 14–18/5 mm across the anterior margin. The space between the rugellae is broad and shallowly concave to flat.

The dorsal valve has a sub-circular to elliptical outline becoming narrower towards the posterior margin. The profile is shallowly convex across the anterior two-thirds of the valve, but more convex in the posterior third. The apex is submarginal. The ornamentation consists of thin concentric filae that are irregular and separated by broader interspaces. Some decorticated specimens show fine radial lines. No internal characteristics were observed.

### **Remarks**

The genus *Oehlertella* was first identified from central-western Argentina by Damborenea (1974), who reported specimens from the Esquina Gris Formation (= Pituil Formation: Taboada 1997). Later, Lech (1990) illustrated a single example of *Oehlertella* sp. from Moscovian beds of the Agua del Jagüel Formation (emended by Limarino *et al.* 2013). More recently, specimens from the nearby Tramojo Formation (laterally equivalent to the Agua del Jagüel Formation: Polansky 1970) at Quebrada de Santa Elena, were reassigned to *Oehlertella annae* by Lech (2014).

*Oehlertella annae* (see also Amos 1979) is the only species of *Oehlertella* known from the Sakmarian?–Artinskian Río Genoa Formation of Patagonia (Andreis *et al.* 1987, Pagani & Taboada 2011). Lech (2014) proposed a lectotype of *O. annae*

(Feruglio 1933, fig. I, 10), together with paralectotypes (Feruglio 1933, fig. I.11–12) for the syntype series. Other ‘paralectotypes’ were mentioned by Lech (2014) from the Agua del Jagüel and Tramojo formations in the Precordillera of Argentina. However, these specimens are not part of the original type series, and therefore cannot be designated syntypes or paralectotypes according to article 74.2 of ICZN (<https://www.iczn.org/>).

Our specimens differ from those found in the Agua del Jagüel and Tramojo formations by Lech (2014) in having a rugellae density of 8–10/5 mm versus 6–8/5 mm, respectively, which could reflect intraspecific variation. Similarly, examples of *O. annae* from the Río Genoa Formation have a broader pedicle track, but the rugellae density was not described (see Feruglio 1933, Lech 2014).

## **Orbiculoidea** d’Orbigny, 1847

### ***Type species***

*Orbicula forbesii* Davidson, 1848, from the Middle Silurian (Wenlockian) of the West Midlands in England (ICZN listing 722, 1965).

### ***Remarks***

*Orbiculoidea* is a cosmopolitan genus that ranges from the Ordovician? to Permian (Holmer & Popov 2000, Mergl 2006).

## **Orbiculoidea saltensis** Reed, 1927

(Fig. 3I–M)

1927 *Orbiculoidea saltensis* Reed in Du Toit, p. 132, pl. 13, fig. 1.

1972 *Orbiculoidea* aff. *saltensis* Reed; Antelo, p. 162, pl. 1, fig. 5, pl.2, fig. 6.

1979 *Orbiculoidea* aff. *saltensis* Reed; Amos, p. 71, fig. 2.

1990 *Orbiculoidea* aff. *saltensis* Reed; Lech, p. 17, pl. 1, fig. 7.

2011 *Orbiculoidea saltensis* Reed; Lech, p. 9–14, pl. 3, fig. A–G.

### **Referred material**

MHNSR-Pi-CN 7.2, partially decorticated exteriors of ventral valves. MHNSR-Pi-CN 7.5 and MHNSR-Pi-CN 7.19, interiors of ventral valves; MHNSR-Pi-CN 7.1 and MHNSR-Pi-CN 7.6, composite mould of ventral valves. MHNSR-Pi-CN 7.3, MHNSR-Pi-CN 7.8, MHNSR-Pi-CN 7.9, MHNSR-Pi-CN 7.13, MHNSR-Pi-CN 7.17 and MHNSR-Pi-CN 7.18, exteriors of dorsal valves. MHNSR-Pi-CN 7.7, MHNSR-Pi-CN 7.12, MHNSR-Pi-CN 7.14 and MHNSR-Pi-CN 7.16, external moulds of dorsal valves. MHNSR-Pi-CN 7.20 and MHNSR-Pi-CN 7.21, composite mould of a dorsal valve. MHNSR-Pi-CN 7.4, MHNSR-Pi-CN 7.10, MHNSR-Pi-CN 7.11 and MHNSR-Pi-CN 7.15, other fragmentary specimens.

### **Locality, unit and age**

Cañón del Atuel, ~10 km east of El Nihuil dam near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Upper section of the Cabecera del Cañón Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

### **Description**

Shell with sub-circular outline and strongly convex-plano profile. The ornamentation consists of regular and numerous concentric rugellae. The maximum width is up to ~27 mm; length of ~25 mm; average W/L ratio = 0.98.

The ventral valve has a sub-circular outline and sub-central apex. The profile is shallowly convex to flat with the anterior half of the valve being concave and the posterior half being shallowly convex; the apex centrally positioned (see Fig. 3I–J). The ornamentation comprises concentric rugellae that are regular and continuous but separated by broad interspaces; the rugellae density is ~15/5 mm; the filae become denser closer to the apex, and there are also thin radial lines. The pedicle track is narrow (2.5 mm wide and 7 mm long) and terminates prior to the posterior margin.

The dorsal valve has a sub-circular outline and is sub-conical in profile; the apex is sub-centrally positioned and pointed. The profile trends from shallowly convex from the apex to the anterior margin, and is almost straight towards the posterior margin (Fig. 3L–M). The ornamentation is similar to that of the ventral valve; internal features are not preserved.

### **Remarks**

The subcircular outline, strongly convex profile dorsal valve, pedicle track not reaching the posterior margin, and ornamentation of regular concentric rugellae collectively support our attribution of the Cañón del Atuel specimens to *Orbiculoidea* (following Holmer & Popov 2000, Mergl 2006).

*Orbiculoidea* is one of the most common faunal elements recorded from the upper Palaeozoic strata of Argentina, although formal descriptions of the taxon are scarce. *Orbiculoidea saltensis* was originally documented from the Pituil Formation at Sierra de Barreal in San Juan Province (Reed in Du Toit 1927). Later, Antelo (1972) reported

*Orbiculoidea* aff. *O. saltensis* from the Quebrada Larga Formation in San Juan Province, with Lech (2011) also documenting *O. saltensis* from the Agua del Jagüel and Santa Elena formations in Mendoza Province, and the Ansilta Formation in San Juan Province.

*Orbiculoidea asperotriangularis* Lech, 1990 has never been described in detail but was classified as *nomen nudum* under article 13 of the ICZN (see Archbold *et al.* 2005). This taxon could be conspecific with *O. saltensis*, which occurs in the Agua del Jagüel Formation (Lech 1990, 2002, 2011). *Orbiculoidea* sp. has been mentioned from the Río del Peñón Formation at sinclinal de Rincón Blanco (Cisterna & Simanauskas 2000), the Tupe Formation at Quebrada de La Herradura and Quebrada de La Delfina (Cisterna *et al.* 2011, Cisterna *et al.* 2006), the El Paso and Hoyada Verde members of the San Eduardo and Pituil formations at Sierra de Barreal (Damborenea 1974, Taboada 1989, Cisterna *et al.* 2017), and the Agua del Jagüel Formation at Quebrada Agua del Jagüel (Taboada 1987).

Finally, our recognition of *O. saltensis* in the El Imperial Formation confirms previous accounts by Dessanti (1945), Arias & Azcuy (1986), Sabbatini *et al.* (1990), and Espejo (1990).

Subphylum RHYNCHONELLIFORMEA Williams, Carlson, Brunton, Holmer & Popov, 1996

Class STROPHOMENATA Williams, Carlson, Brunton, Holmer & Popov, 1996

Superorder PRODUCTIFORMI Waagen, 1883

Order PRODUCTIDA Sarytcheva & Sokolskaya, 1959

Suborder LINOPRODUCTIDINA Waterhouse, 2013

Superfamily PROBOSCIDELLOIDEA Muir-Wood & Cooper, 1960



Family PAUCISPINAURIIDAE Waterhouse, 1986a

Subfamily COOLKILELLINAE Waterhouse, 2001

**Coolkilella** Archbold, 1993

***Type species***

*Canocrinella coolkilyaensis* Archbold, 1983, from the Coolkilya Greywacke (Kungurian) of the Carnarvon Basin in Western Australia (original designation).

***Remarks***

*Coolkilella* is known from the Permian of Australia (Archbold 1983, 1993, 1996), Nepal (Waterhouse & Chen 2007), and China (Chen & Shi 2006), with stratigraphically older records in the Pennsylvanian of central-western Argentina (Taboada 1998, 2014).

*Coolkilella* resembles *Costatumulus* Waterhouse, 1983, but differs in having a stronger dorsal valve geniculation and ventral valve with a sub-globose profile.

*Coolkilella* is otherwise similar to *Canocrinella* Fredericks, 1928, but *Canocrinella* having spines on the dorsal valve, cluster of spines on the ears, and possessing elongate and swollen spine bases (Brunton *et al.* 2000, Taboada, 1998, Archbold, 1993).

***Coolkilella aredesi*** Taboada, 2014

(Fig. 3N–Q)

?1990 *Canocrinella farleyensis* (Etheridge & Dunn); Lech, p. 225, pl. 2, fig. 2.

?1990 *Linoproductus cora* (d'Orbigny); Lech, p. 225, fig. 3.

?2000 *Costatumulus* sp. C; Cisterna & Simanauskas, p. 141–142, fig. 5e–l.

?2010 *Costatumulus* sp. C; Cisterna & Simanauskas, p. 94, fig. 2T (copy Cisterna & Simanauskas, 2000, fig. 5i).

2010 *Coolkilella* sp.; Taboada, p. 169, fig. 14B–D.

\*v. 2014 *Coolkilella aredesi* Taboada, p. 235–237, fig. 5.1–8.

### **Referred material**

MHNSR-Pi-CN 4.11, MHNSR-Pi-CN 4.13 and MHNSR-Pi-CN 4.8, external moulds of ventral valves. MHNSR-Pi-CN 4.12, external mould of an articulated specimen.

MHNSR-Pi-CN 4.4, composite mould of a ventral valve. MHNSR-Pi-CN 4.20,

MHNSR-Pi-CN 4.21 and MHNSR-Pi-CN 4.14, external moulds of dorsal valves.

MHNSR-Pi-CN 4.19, composite mould of a dorsal valve. MHNSR-Pi-CN 4.5 and

MHNSR-Pi-CN 4.7, steikerns. MHNSR-Pi-CN 4.1, MHNSR-Pi-CN 4.2, MHNSR-Pi-

CN 4.3, MHNSR-Pi-CN 4.6, MHNSR-Pi-CN 4.9, MHNSR-Pi-CN 4.10, MHNSR-Pi-

CN 4.15, MHNSR-Pi-CN 4.16, MHNSR-Pi-CN 4.17 and MHNSR-Pi-CN 4.18, other fragmentary specimens.

### **Locality, unit and age**

Cañón del Atuel, ~10 km east of El Nihuil dam near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Upper section of the Cabecera del Cañón Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

### **Description**

Small to middle sized shell with sub-circular outline and strongly concavo-convex profile; auricles are small and flattened. Maximum width up to ~21 mm; maximum length at ~17.5 mm; average W/L ratio = 1.3.

The ventral valve has a strongly convex to sub-globose profile with straight flanks, a long trail, and geniculation that begins at an  $\sim 50^\circ$  angle along the anterior edge of the corpus between the venter and trail. The umbo is weakly protuberant and incurved over the hinge. The ornamentation comprises weak concentric rugae on the venter that become most marked on the umbonal region, auricles and trail; thin costellae have a density of 3–4/1 mm (5 mm from the umbo). The costellae bifurcate anteriorly towards the spine base, with interspacing equal to the width of each costella. The spine bases are elongate (average length = 2 mm), thickened and occur at a density of 3–4/5 mm<sup>2</sup> (5 mm from the umbo: Fig. 3N–O).

The dorsal valve has a weakly concave profile and strong geniculation beginning at  $\sim 70^\circ$ . The ornamentation consists of strongly concentric rugae on the dorsal disc, and thin costellae with a density of 4–5/1 mm (5 mm from the hinge). The costellae increasing by intercalation, although occasionally also by splitting, with interspacing equal to almost twice the width. The interior has a dorsal median septum extending along almost a quarter of the valve length (e.g., 4.1 mm in MHNSR-Pi-CN 4.7), with an angle of  $75^\circ$  between the dorsal median septum and cardinal crest.

### **Remarks**

The concavo-convex profile (= sub-globose), sub-circular outline, strong geniculation, ornamentation consisting of weak concentric rugae on the venter that become more marked on umbonal region, flanks and trail, and thickened and elongated spine bases on the venter are character states that support assignment of the Cañón del Atuel specimens to *Coolkilella* (see Archbold 1983, 1993, Brunton *et al.* 2000).

*Coolkilella aredesi* Taboada, 2014 has been recorded from the Agua del Jagüel, Río del Peñón, and Del Salto formations (Moscovian), but *Coolkilella keideli* Taboada,

1998 is only known from the Cordón del Jagüel Formation (Sakmarian?–Artinskian). These species are morphologically similar but *C. aredesi* is distinguished by its larger size and more transverse outline, ventral valve with a stronger convex profile, higher density of spines, longer and thicker spine bases, and dorsal valve with a concave profile and geniculation at a lower angle (Taboada 2014).

Likewise, *C. keideli* resembles our specimens from Cañón del Atuel, in the ornamentation and costellae density (3–4/1 mm versus 3/1 mm). However, *C. keideli* differs in possessing thinner spine bases (~0.15 mm versus 0.25 mm, respectively). The costellae on the dorsal valve increase by splitting, and additionally has stronger geniculation. Based on these features, we assign our fossils to *Coolkilella aredesi*.

Subfamily MAGNIPLICATININAE Waterhouse, 2001

Tribe MAGNIPLICATININI Waterhouse, 2001

Subtribe CANCRINELLINAI Waterhouse, 2013

**Calytrixia** Waterhouse, 2010

***Type species***

*Terrakea capillata* Waterhouse (in Foster & Waterhouse 1988) from the Calytrix Formation (Lower Permian) of the Canning Basin in Western Australia (original designation).

***Remarks***

*Calytrixia* has been identified from both Western Australia and central-western Argentina, and spans the Late Carboniferous to Early Permian (Waterhouse 2010,

Taboada 2014). The genus is distinguished from *Costatumulus* Waterhouse, 2010 by its smaller size, stout ventral spine bases, and numerous ears spines that are not arranged in rows. *Coolkilella* is similar to *Calitrixia*, but is again smaller with a thinner body cavity, no sub-globose ventral valve, a short trail, weak geniculation, and numerous ears spines that are not arranged in rows (Waterhouse 2010, Taboada 2014).

***Calytrixia piersoni* Taboada, 2014**

(Fig. 3R–T)

1987b *Canocrinella* sp.; Lech & Aceñolaza, p. 108, fig. 2a–c.

1990 *Canocrinella* sp.; Lech, p. 225, pl. 2, fig. 8.

2000 *Costatumulus* sp. B; Cisterna & Simanuskas, p. 141, fig. 5a–d.

2014 *Calytrixia piersoni* Taboada, p. 237–239, fig. 5.9–12.

***Referred material***

MHNSR-Pi-CN 8.3 and MHNSR-Pi-CN 8.4, external moulds of dorsal valves.

MHNSR-Pi-CN 8.5, external mould of a ventral valve. MHNSR-Pi-CN 8.6, incomplete steinkern. MHNSR-Pi-CN 8.1, MHNSR-Pi-CN 8.2 and MHNSR-Pi-CN 8.7, fragmentary specimens.

***Locality, unit and age***

Cañón del Atuel, ~10 km east of El Nihuil dam near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Upper section of the Cabecera del Cañón Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

### **Description**

Small-sized shell with moderately concavo-convex profile and shallow corpus; sub-circular in outline with maximum width at the mid-length of the valve. The maximum width is up to 13.6 mm; maximum length = 13.4 mm (Fig. 3R–S); average W/L ratio = 1.1.

The ventral valve has a moderately convex profile and prominent umbo, which is incurved over the cardinal margin; the hinge is shorter than the maximum width. The ornamentation consists of thin costellae and sub-quincunxially arranged spine bases. The costellae have a density of 3–4/1 mm across the venter, but increasing via bifurcation anterior to the spine bases. The spine bases are stout and short (~1 mm in length), becoming weakly swollen over the costellae. Weak concentric rugae occur on the venter but become stronger in the umbonal region, as well as on the flanks and short trail. Interspaces on the trail are wider than the costellae and equidistant on the flanks.

The dorsal valve has a concave profile and is ornamented with thin and regular costellae that curved laterally; costellae density = 3–4/1 mm across the dorsal disc. The costellae increase by bifurcation, although occasionally also by intercalation. The interspaces become stretched toward the flanks. Concentric rugae are marked on the dorsal disc. Internally, a simple median dorsal septum extends approximately along a quarter of the valve length (= 3.6 mm).

### **Remarks**

The small size, sub-circular outline with maximum width at the valve mid-length, a moderately concavo-convex profile with shallow corpus, short and stout spine bases, and comparable ornamentation support assignment of our specimens to *Calytrixia* (see Foster & Waterhouse 1988, Archbold 1995, Waterhouse 2010, Taboada 2014).

*Calytrixia piersoni* is known elsewhere from undifferentiated Pennsylvanian strata in the Río Blanco and Calingasta-Uspallata basins (Taboada 2014). Our new material therefore extends the geographical distribution of this species to the San Rafael Basin.

Family AURICULISPINIDAE Waterhouse, 1986

Subfamily AURICULISPININAE Waterhouse, 1986

**Costatumulus** Waterhouse, 1983

### ***Type species***

*Auriculispina tumida* Waterhouse (in Waterhouse *et al.* 1983), from the Tiverton Formation (Sakmarian) in the Bowen Basin of Queensland, Australia (original designation).

### ***Remarks***

*Costatumulus* has been widely recorded from Upper Carboniferous–Upper Permian units representing high paleolatitude settings in the northern and southern hemispheres (Waterhouse 2010, 2013, Taboada 2010), together with a geographically isolated low-palaeolatitude deep-water occurrence in South China (He *et al.* 2020, 2019, 2005). In Argentina, *Costatumulus* is known from Pennsylvanian–Cisuralian beds in central-western Argentina, and Cisuralian beds in Patagonia (Taboada 1998, 2010, Cisterna & Simanauskas 2000, Pagani & Taboada 2011). *Costatumulus* resembles *Canocrinella* except in lacking abundant dorsal spines, a sub-globose profile on the ventral valve, elongate and swollen spine bases, and spine clusters on the ears (Brunton *et al.* 2000, Taboada 1998).

**Costatumulus sp.**

(Fig. 4A–F)

***Referred material***

MHNSR-Pi-CN 1.5, MHNSR-Pi-CN 1.6, MHNSR-Pi-CN 1.7, MHNSR-Pi-CN 1.10, MHNSR-Pi-CN 1.12, MHNSR-Pi-CN 1.14, MHNSR-Pi-CN 1.15 and MHNSR-Pi-CN 1.18, external moulds of ventral valves. MHNSR-Pi-CN 1.2 and MHNSR-Pi-CN 1.21, exterior composite moulds of a ventral valve. MHNSR-Pi-CN 1.1, MHNSR-Pi-CN 1.8, MHNSR-Pi-CN 1.11 and MHNSR-Pi-CN 1.19, poorly preserved external moulds of dorsal valves. MHNSR-Pi-CN 1.3, MHNSR-Pi-CN 1.4, MHNSR-Pi-CN 1.9, MHNSR-Pi-CN 1.13, MHNSR-Pi-CN 1.16, MHNSR-Pi-CN 1.17, MHNSR-Pi-CN 1.20 and MHNSR-Pi-CN 1.22, additional specimens.

***Locality, unit and age***

Cañón del Atuel, ~10 km east of El Nihuil dam near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Upper section of the Cabecera del Cañón Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

***Description***

The shell is medium-sized with a sub-circular to transverse outline and moderately concavo-convex profile. The ornamentation consists of thin costellae and low and irregular concentric rugae. The maximum width = 32 mm; maximum length = 24 mm; average W/L ratio = 1.5.



The ventral valve has a moderately convex profile and sub-circular to gently transverse outline. Genuation begins at  $\sim 50^{\circ}$ – $55^{\circ}$ , and the trail is short. The umbonal region is convex and prominent, becoming gently incurved at the hinge. The costellae are thin and rounded to flexuose on the venter with regular interspaces that increase by bifurcation anterior to the spine bases; intercalation is infrequent. Costellae density is 4–5/1 mm on the venter (10 mm from the umbo), and 3/1 mm on the trail. Low concentric rugae occur irregularly across the entire valve, and are weak on the venter but become stronger along the anterior margin and flanks. The spine bases are elongate and swollen, being wider than the costellae (1.3–1.5 mm in length) and quincunxially arranged (Fig. 4E). The spine base density is 3/5 mm<sup>2</sup>.

The dorsal valve has a moderately concave profile, becoming more concave on the disc; The valve has a sub-circular outline with its maximum width near the mid-length of the valve; the auricles are small and flat. The trail is short with genuation beginning at  $\sim 50^{\circ}$ . The ornamentation comprises thin costellae of equal width to the interspaces; there are also occasional flexuose costellae with a density of 4–5/1 mm (6 mm from the hinge); the costellae increase by bifurcation. Low concentric rugae extend across the dorsal disc region, becoming more prominent on the auricles. A simple median dorsal septum extends along half the length of the valve ( $\sim 10$  mm).

### **Remarks**

The mid-sized shell with transverse outline, moderately concavo-convex profile, short trail and weak genuation, ornamentation consisting of thin costellae and irregular low concentric rugae indicate affinity of our specimens with *Costatumulus*, but also with *Auriculispina* Waterhouse, 1975. However, *Costatumulus* can be differentiated from *Auriculispina* by its more convex ventral valve, smaller ears with one or more rows of

spines near the hinge, and spine bases that are segregated from the costellae and quincunxially arranged (Briggs 1998, Taboada 1998, Li *et al.* 2012, Waterhouse 2010, 2013). *Costatumulus* also has ventral adductor scars that are oval-shaped, elongate and dendritic, while those of *Auriculispina* tend to be sub-rectangular and smooth (Briggs 1998, Brunton *et al.* 2000). Unfortunately, our Cañón del Atuel specimens lack well-preserved muscle scars but do share their ornamentation pattern with *Costatumulus*.

The El Imperial Formation fossils are comparable to ‘*Costatumulus* sp. A’ described from the Río del Peñón Formation by Cisterna & Simanaukas (2000). This species exemplar likewise has thin costellae with a density of 2–4/1 mm on the ventral valve and weak concentric rugae, but the auricles are stronger. However, ‘*Costatumulus* sp. A’ is clearly smaller and has an irregular spine base distribution. *Costatumulus amosi* Taboada, 1998, from the Cordón del Jagüel Formation closely resembles our *Costatumulus* sp. in the convex ventral valve, prominent umbo, median dorsal septum length, and ornamentation. Nevertheless, *C. amosi* exhibits a maximum width along the hinge, together with interspaces that are wider than the costellae, and spine bases that are not quincunxially arranged. ‘*Costatumulus* sp. 3’ identified by Pagani & Taboada (2011) from the Mojón de Hierro and Río Genoa formations of Patagonia also have a comparable shape shell, ornamentation and swollen spine bases, but the spine bases are longer and the concentric rugae stronger.

Suborder PRODUCTIDINA Waagen, 1883

Superfamily ECHINOCONCHOIDEA Stehli, 1954

Family ECHINOCONCHIDAE Stehli, 1954

Subfamily BUXTONIINAE Muir-Wood & Cooper, 1960

Tribu BUXTONIINI Muir-Wood & Cooper, 1960

**Buxtonia** Thomas, 1914

***Type species***

*Productus scabriculus* Sowerby, 1814, from the upper Visean of Derbyshire in England (designation from Muir-Wood, 1951 based on article 420 of ICZN).

***Remarks***

*Buxtonia* was included in Buxtoniidae/Buxtoniinae by Muir-Wood & Cooper (1960; see Muir-Wood & Williams 1965, Cooper & Grant 1975, Lazarev 1990), and later placed in Productidae as Buxtoniinae/Buxtoniini (= Kochiproductiini: Lazarev, 1985) by Brunton *et al.* (1995, 2000: see also Waterhouse 2013). Buxtoniinae has also been assigned to Echinoconchidae by Leighton & Maples (2002) based on the presence of a shafted cardinal process and anteromedial positioning of the dorsal valve adductor field.

*Buxtonia* is a cosmopolitan taxon that ranged from Visean to Serpukhovian (Brunton *et al.* 2000, Leighton & Maples 2002). Its external morphology is consistent with *Kochiproductus* Dunbar, 1955 and *Buxtonioides* Mendes, 1959 (= *Gemmulicosta* Waterhouse 1971: *sensu* Brunton *et al.* 2000). However, *Kochiproductus* is known only from Permian sequences and is larger with a more elongate outline and stronger concentric ornamentation (or rugae) developing into a reticulate pattern on the dorsal valve; abundant spines occur on the auricles and radiating costae distribute across the entire valve (Dunbar 1955, Waterhouse 2013). The Pennsylvanian genus, *Buxtonioides*, is also larger than *Buxtonia* and has a more elongate outline with stronger and thicker costae, elongate spine bases and a reticulate ornamentation that is marked on the dorsal valve and umbonal region (Mendes 1959). Moreover, *Buxtonia* differs from

*Kochiproductus* in its internal antron on the dorsal valve, a bifid median septum, and a narrow and dorsally reflected ( $\sim 90^\circ$ ) cardinal process (Dunbar 1955, Muir-Wood & Cooper 1960, Brunton *et al.* 2000, Leighton & Maples 2002). *Buxtonioides* is distinguished from *Buxtonia* because it lacks an antron and buttress plate in mature stages, but has a simple dorsal median septum and trilobate cardinal process (Mendes 1959, Muir-Wood & Williams 1965, Brunton *et al.* 2000).

***Buxtonia* sp cf. *B. riojana* (Leanza, 1948)**

(Fig. 4G–K)

1948 *Productus riojanus* Leanza, p. 240–242, Pl. 1, figs 1, 2, 5.

1972 *Buxtonia riojana* (Leanza); Antelo, p. 167–168, Pl. 1, figs 3, 4, 7, 8.

1979 *Buxtonia riojana* (Leanza); Amos, p. 76, figs a, b, c (copy Leanza, 1948 Pl. 1, figs 1, 2, 5).

v.?2000 *Kochiproductus riojanus* (Leanza); Cisterna & Simanauskas, p. 138–140, fig. 4g–l, n.

?2010 *Kochiproductus riojanus* (Leanza); Cisterna, figs 2, i, l (Copy Cisterna & Simanauskas, 2000 figs 4k, l).

2010 *Kochiproductus riojanus* (Leanza); Taboada, fig. 14E–H.

?2011 *Kochiproductus riojanus* (Leanza); Cisterna, Sterren & Gutiérrez, figs 5, 12, 15 (Copy Cisterna & Simanauskas, 2000 fig. 4k–n).

***Referred material***

CPBA 24605 and CPBA 24615, composite mould of the ventral valve; CPBA 24637, external mould of the ventral valve.

### **Locality, unit and age**

CPBA 24605 and CPBA 24615 come from Quebrada de La Horqueta, ~8 km south of Río Diamante. CPBA 24637 comes from Arroyo del Imperial, ~7 km north of Río Diamante near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Lower section of the Lower Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

### **Description**

A mid-sized ventral valve with moderately convex profile and sub-elliptic to sub-quadrangle outline. The maximum length = 32 mm; maximum width = 28 mm across the valve mid-length; average W/L ratio = 0.87. The ventral sulcus is shallow and poorly differentiated from the flanks; its is visible across the anterior two-thirds of the valve. The flanks are straight and sub-vertical. The umbo is incurved over the cardinal margin and angled at ~80°. The ornamentation comprises radial costae with a density of 6–8/5 mm on the venter. The costae are intercalated anteriorly and occasionally anastomosing. The spine bases are elongate or ‘ramped’ and anteroposteriorly aligned (Fig. 4I). The concentric rugae are weakly delineated. The diductor scars are vestigial and apparently both striated and sub-rectangular.

### **Remarks**

Antelo (1972) reassigned *Productus riojanus* Leanza, 1948 from the Río del Peñón Formation of La Rioja Province to *Buxtonia* (articulated specimen MPL 5900). Antelo (1972) also described a partially decorticated ventral valve (MLP 11496) from the Quebrada Larga Formation of San Juan Province, and an articulated shell (FML-IPI

10502) from the middle member of the Río del Peñón Formation to this taxon. Antelo (1972) based their taxonomic referrals on the presence of a bifid dorsal median septum with antron. However, Shi & Waterhouse (1996) questioned the diagnostic validity of this character state at generic level, and otherwise emphasised the utility of external features. Cisterna & Simanaukas (2000) followed this interpretation and included *B. riojana* within *Kochiproductus*. Nevertheless, the Argentinian *B. riojana* exhibit a weak concentric ornamentation, which contrasts with the strongly reticulated ornamentation of *Kochiproductus porrectus* Kutorga, 1844. Consequently, we follow Antelo (1972) in placing this material in *Buxtonia*, and recognising *B. riojana* from the Tupe (Sabattini *et al.* 1990, Cisterna *et al.* 2006) and Del Salto formations (Taboada 2010). Cisterna *et al.* (2006) recorded *Buxtonia* sp. (= *Kochiproductus* sp. *sensu* Cisterna *et al.* 2006) at from the Tupe Formation at Quebrada La Delfina, but these specimens have not been formally described.

*Buxtonia riojana* was previously reported from the El Imperial Formation at Arroyo del Imperial by Polansky (1970), and is closely comparable to conspecifics from the Río del Peñón Formation (Leanza 1948, Cisterna & Simanaukas 2000) and Quebrada Larga Formation (Antelo 1972). They share a sub-elliptic to sub-quadrate outline, sub-vertical flanks, shallow sulci, and ornamentations comprising radial costae with elongated ramps. Notably though, the El Imperial Formation exemplars are smaller, have higher density costae (6–8 versus 5–6/5 mm on the venter), and marked concentric rugae.

Order ORTHOTETIDA Waagen, 1884

Suborder ORTHOTETIDINA Waagen, 1884

Superfamily ORTHOTETOIDEA Waagen, 1884

Family SCHUCHERTELLIDAE Williams, 1953

Subfamily STREPTORHYNCHINAE Stehli, 1954

**Streptorhynchus** King, 1850

***Type species***

*Terebratulites pelargonatus* Schlotheim, 1816, from the Zechstein Formation (Permian), of Gera in Germany (original designation).

***Remarks***

*Streptorhynchus* is a cosmopolitan genus recorded in Carboniferous to Permian strata (Muir-Wood & Williams 1965). The genus is represented by *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza, 1945 from basins in central-western Argentina.

***Streptorhynchus inaequiornatus*** Leanza, 1945

(Fig. 4L–N)

1945 *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza, p. 286–291, Pl. 3, fig. 1–6, Pl. 4, fig. 19, Pl. 5, fig. 6.

1972 *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza; Antelo, p. 164, Pl. 1, fig. 2.

v. 2002 *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza; Cisterna, Simanauskas & Archbold, p. 182–186, fig. 3A–J, fig. 4A–J.

2010 *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza; Cisterna, p. 487–491, fig. 3N.

2014 *Streptorhynchus inaequiornatus* Leanza; Taboada, p. 226–242, fig. 3.3–7.

### ***Referred material***

CPBA 24627, internal mould of a dorsal valve; CPBA 24628, internal mould of a ventral valve; CPBA 24612b and CPBA 24622, additional material.

### ***Locality, unit and age***

CPBA 24612b and CPBA 24622 come from Quebrada de La Horqueta, ~8 km south of Río Diamante. CPBA 24627 and CPBA 24628 come from Arroyo del Imperial, ~7 km north of Río Diamante near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B).

Lower section of the Lower Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

### ***Description***

Shell sub-elliptic outline and biconvex profile. The ornamentation comprises thin radial costellae and weak concentric lines. The maximum width is up to 38 mm; maximum length = 24 mm; average W/L ratio = 1.58.

The ventral valve is convex to flattened in profile and sub-elliptical in outline. The ornamentation consists of thin radial costellae and weak concentric lines. The umbo is protuberant and not incurved towards the cardinal margin. The interarea is apsacline.

The dorsal valve sub-elliptical in outline with its maximum width at the mid-length of the valve; the profile is convex and greatest at the posterior half of the valve. The ornamentation consists of thin radial costellae, but there are other slightly thicker, density of 10/5 mm density across the right flank (Fig. 4N). The umbo is protuberant and incurved on the cardinal margin.

### ***Remarks***



The El Imperial Formation specimens can be assigned to *Streptorhynchus* (Muir-Wood & Williams 1965, Williams *et al.* 2000) based on their costellae pattern and density, shell outline and profile, which is identical to *Streptorhynchus inaequiornatus* from Quebrada de La Herradura (Leanza 1945, Cisterna *et al.* 2002). Polansky (1970) previously reported this species from the El Imperial Formation at Arroyo del Imperial (see also Sabattini *et al.* 1990).

Class RHYNCHONELLATA Williams, Carlson, Brunton, Holmer & Popov, 1996

Order SPIRIFERINIDA Ivanova, 1972

Suborder SPIRIFERINIDINA Ivanova, 1972

Superfamily SYRINGOTHYRIDOIDEA Frederiks, 1926

Family SYRINGOTHYRIDIDAE Frederiks, 1926

Subfamily SYRINGOTHYRIDINAE Frederiks, 1926

**Septosyringothyris** Vandercammen, 1955

### ***Type species***

*Septosyringothyris demaneti* Vandercammen, 1955, from the Early Carboniferous of Belgium (original designation).

### ***Remarks***

*Septosyringothyris* is a cosmopolitan taxon recorded from the Carboniferous of Europe, Asia, and America. It is a ubiquitous component of upper Paleozoic marine faunas from central-western Argentina.

Recently, Cisterna (2011) recognized a new endemic subgenus, *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) Cisterna, 2011, from the Argentinian Precordillera that is characterised by a large syrinx partially enclosed by a short delthyrial plate. The type species *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) *jaguelensis* Lech, 1986 was integrated with the synonymous *Septosyringothyris jaguensis* Lech & Aceñolaza, 1987a and *Septosyringothyris saltensis* Lech, 1995 by Cisterna (2011). *Septosyringothyris* sp. aff. *S. jaguelensis* (Cisterna *et al.* 2002), *Septosyringothyris* sp. aff. *S. jaguelensis* (Cisterna & Sterren, 2007), *Septosyringothyris globosa* Lech, 1993, *Septosyringothyris* sp. aff. *feruglioi* (Amos, 1957) and *Septosyringothyris feruglioi* (Amos, 1957) are also placed within *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*).

***Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) sp. cf. *S. (P.) feruglioi* (Amos, 1957)**

(Fig. 4Ñ–Q)

### ***Referred material***

CPBA 24610, internal mould of a ventral valve; CPBA 24633a, fragmentary external mould of a ventral valve; CPBA 24632, composite mould of a dorsal valve; CPBA 24617a and CPBA 24619, additional specimens.

### ***Locality, unit and age***

CPBA 24610, CPBA 24617a and CPBA 24619 come from Quebrada de La Horqueta, ~8 km south of Río Diamante. CPBA 24632 and CPBA 24633a come from Arroyo del Imperial, ~7 km north of Río Diamante near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Lower section of the Lower Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

### **Description**

Large shell with a transverse outline and ventri-biconvex profile. The fold and sulcus are well-developed; the flanks have thick costae and narrow interspaces. The maximum length/width = 30/80 mm; average W/L ratio = 2.6.

The ventral valve has a transverse outline with strongly convex to hemipyramidal profile; the maximum width occurs near the cardinal margin. The interarea is high (25 mm) and flattened to weakly concave. The triangular delthyrium has an angle of  $\sim 50^\circ$  with divergent dental plates that are 8 mm long; the adminicular diverge at  $\sim 100^\circ$  and have a syrx like apex. The beak has a short and wide septum that connects with the coiled syrx (4 mm diameter) on the valve floor. The syrx curls clockwise (Fig. 4Ñ). The broad, deep and smooth sulcus is well-differentiated from the costae. The flattened flanks have eight thick straight costae.

The dorsal valve has a transverse outline and moderately convex profile. The umbo is prominent and incurved towards the cardinal margin. The fold has a sub-rectangular section becoming sub-circular near the anterior margin and widening from 3 mm at umbo to 13.5 mm at the commissure; angle measured from CPBA 24632 is  $25^\circ$  with a length of 28.5 mm. The flanks are flattened to weakly convex with 10 thick costae (1.8 mm in width) that are sub-circular in section and separated by narrow interspaces (0.6 mm wide).

### **Remarks**

The El Imperial Formation specimens are referred to *Septoyringothyris* because of their large size, hemipyramidal profile on the ventral valve, high and flattened interarea, wide

and deep sulcus, thick costae and syrinx connected by a ventral median septum to the floor of the valve.

Our fossils were recovered from the same section as *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) *ferugloi* described by Amos (1957). Cisterna (2011) observed a median ventral septum connecting the coilex syrinx to the valve floor in *S. (P.) ferugloi* material from the Río del Peñón Formation. These also share a hemipyramidal profile on the ventral valve, a high and flat interarea extending across approximately one third of the maximum length, a well-defined U-shaped sulcus, and weakly flattened flanks with simple rounded costae separated by narrow interspaces. The coiled syrinx likewise has a comparable diameter and shape, and the ventral median septum is short and wide. Nonetheless, these features occur in our El Imperial Formation exemplars, as well as *S. (P.) ferugloi* shells from the Río del Peñón Formation (see Lech and Aceñolaza 1987a).

***Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) sp. cf. *S. (P.) jaguelensis* Lech, 1986**

(Fig. 5A–D)

***Referred material***

CPBA 24624 and CPBA 24625, composite mould of a ventral valve; CPBA 24602 and CPBA 24603, composite mould of a dorsal valve; CPBA 24630, internal mould of a ventral valve; CPBA 24611, CPBA 24612a and CPBA 24623a, external moulds of ventral valves; CPBA 24631 and CPBA 24636, external moulds of dorsal valves; CPBA 24604, CPBA 24606, CPBA 24607, CPBA 24613a, CPBA 24614, CPBA 24616, CPBA 24618, CPBA 24620a, CPBA 24629, CPBA 24638, CPBA 24639a and CPBA 24640a, other material.

### **Locality, unit and age**

CPBA 24602, CPBA 24603, CPBA 24604, CPBA 24606, CPBA 24607, CPBA 24611, CPBA 24612a, CPBA 24613a, CPBA 24614, CPBA 24616, CPBA 24618, CPBA 24620a, CPBA 24623a, CPBA 24624 and CPBA 24625 come from Quebrada de La Horqueta, ~8 km south of Río Diamante. CPBA 24629, CPBA 24630, CPBA 24631, 24636, CPBA 24638, CPBA 24639a and CPBA 24640a come from Arroyo del Imperial, ~7 km north of Río Diamante near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Lower section of the Lower Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

### **Description**

Large shell with transverse outline and ventri-biconvex profile. The flanks have thick costae. The maximum length/width = 24/64 mm; average W/L ratio = 2.1.

The ventral valve is strongly convex to hemipyramidal in profile with a transverse outline and smooth sulcus that is increasingly U-shaped anteriorly. The beak is acute and straight to weakly incurved over the interarea. The flanks are flattened to shallowly convex and ornamented by 8–12 thick costae (1.3 mm in width) of sub-circular cross-section with narrow interspaces (0.6 mm wide). The high sub-triangular interarea (up to 20 mm high) is flattened to shallowly concave. The triangular delthyrium is higher than wide (20/17 mm) and angled at ~55°. The tubular syrx (3.5 mm in diameter) has divergent dental plates. The small and fine median septum connects the syrx with the valve floor (Fig. 5C–D).

The dorsal valve has a transverse outline (W/L ratio = 2.6) with rounded cardinal extremities. The umbo is protuberant and incurved towards the cardinal margin. The fold has a sub-rectangular section, widening anteriorly from 4 mm to 13 mm at the

commissure (average angle =  $27.5^\circ$ ; length = 24 mm). The flanks are flattened to weakly convex with 13 costae that are sub-circular in cross-section and have narrow interspaces (0.6 mm). The interior surface has a fine median septum up to 11 mm in length (Fig. 5B).

### **Remarks**

The transverse outline, ventri-biconvex profile, flank ornamentation and fine ventral septum support attribution of the El Imperial Formation specimens to *Septosyringothyris*.

The fossils are comparable to *Septosyringothyris (Precosyringothyris) jaguelensis* from the Agua del Jagüel Formation, sharing their large size (64 mm versus 79 mm), transverse outlines (W/L ratio of 2.1 versus 2.07), ventral valves with moderately convex profiles, straight to moderately incurved umbos, smooth U-shaped sulci, concave interareas, delthyrial angles ( $55^\circ$  versus  $45^\circ$ – $57^\circ$ ), sub-rectangular section on the dorsal valve fold, shallowly convex flanks and dorsal median septum about half the length of the valve. However, these exemplars differ in the cardinal extremity shape being rounded in the El Imperial Formation specimens, versus angular in the Agua del Jagüel Formation specimens. The maximum costae number is also 13 as opposed to 15, respectively, but this (together with the interarea curvature, fold section, umbonal and delthyrial angles) is ontogenetically variable and/or affected by weathering (Cisterna 2011).

In comparison with *Septosyringothyris keideli* (Harrington, 1938, in Keidel & Harrington 1938) from the Leoncito Formation, the El Imperial Formation specimens do not have umbos that are strongly incurved towards the interarea. The delthyrial angle is also only  $30^\circ$ , the cardinal extremities angular, and the shallow sulcus is poorly

differentiated from the flanks in *S. keideli*. The shell size, W/L ratio, moderately incurved umbo, and large median dorsal septum permit further referral of the El Imperial Formation specimens to *S. (P.)* sp. cf. *S. (P.) jaguelensis*.

**Septosyringothyris? sp.**

(Fig. 5E–F)

***Referred material***

MHNSR-Pi-CN 2, steinkern of an articulated shell.

***Locality, unit and age***

Cañón del Atuel, ~10 km east of El Nihuil dam near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Upper section of the Cabecera del Cañón Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

***Description***

Mid-sized shell with strong transverse outline and ventri-biconvex profile. The flanks are ornamented with stout costae and U-shaped wide interspaces; the cardinal extremities are rounded. Maximum width/length = 64/22 mm; average W/L ratio = 2.9.

The ventral valve has a strongly convex profile and triangular interarea. Valve height = 22 mm; the smooth, wide and shallow sulcus increases anteriorly from 3.5 mm near the umbo to 15 mm at the commissure and is 18 mm in length. The flat flanks are ornamented by stout costae (1.3 mm thick) and regular interspaces (1 mm).

The dorsal valve has a moderately convex profile and sub-rectangular fold cross-section that increases anteriorly from 7 mm near the umbo to 13 mm at the commissure

and is 17 mm in length. The flat to convex flanks are ornamented by 10 costae. The umbo is shallowly incurved on the cardinal margin.

### **Remarks**

The Cañón del Atuel specimen is placed in Syringothyrididae because of its transverse outline, ventri-biconvex profile, high interarea, flank ornamentation of stout costae, and cardinal extremities being angular to rounded. Poor preservation prevents further diagnosis.

Superfamily PENNOSPIRIFERINOIDEA Dagys, 1972

Family SPIRIFERELLINIDAE Ivanova, 1972

**Spiriferellina** Frederiks, 1924

### **Type species**

*Terebratulites cristatus* Von Schlotheim, 1816, from Upper Permian strata on Pössneck in the Thuringia region of Germany (original designation).

### **Remarks**

*Spiriferellina* has been recorded from Permian successions in Europe, Asia and North America (Carter & Johnson 2006), together with Carboniferous strata in Argentina (Amos 1958, Cisterna & Sterren 2008, Pagani & Taboada 2010).

**Spiriferellina?** sp.

(Fig. 5G–I)



### **Referred material**

CPBA 24608 and CPBA 24621, internal moulds of ventral valves.

### **Locality, unit and age**

Quebrada de La Horqueta, ~8 km south of Río Diamante near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Lower section of the Lower Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

### **Description**

The ventral valve is transverse to sub-triangular in outline and strongly convex in profile; the commissure has plicae. The maximum width occurs at the cardinal margin, and the umbo is protuberant. Maximum width/length = 22/11.2 mm; estimated W/L ratio = 1.9. The sulcus is narrow and well-defined. The flanks have three rounded plicae (2.8 mm thick) and narrow interspaces (~0.5 mm).

### **Remarks**

The El Imperial Formation specimens exhibit the transverse outline, convex profile, narrow ventral sulcus, and strong and rounded plicae with narrow interspaces characteristic of *Spiriferellina* (see Muir-Wood & Williams 1965, Shi & Waterhouse 1996, Carter & Johnson 2006).

Order SPIRIFERIDA Waagen, 1884

Suborder SPIRIFERIDINA Waagen, 1884

Superfamily SPIRIFEROIDEA King, 1846

Family TRIGONOTRETIDAE Schuchert, 1893

Subfamily NEOSPIRIFERINAE Waterhouse, 1968

**Saltospirifer** Cisterna & Archbold, 2007

***Type species***

*Saltospirifer guevarii* Cisterna & Archbold, 2007, from the Del Salto Formation (Upper Carboniferous) of Calingasta-Uspallata Basin in San Juan Province, Argentina (original designation).

***Remarks***

*Saltospirifer* includes specimens previously assigned to *Trigonotreta* König, 1825 and *Neospirifer* Frederiks, 1924. The genus is represented only by *Saltospirifer guevarai* Cisterna & Archbold, 2007 from the Del Salto Formation at Quebrada Del Salto y Del Alumbre in San Juan Province (Cisterna & Archbold 2007, Cisterna 2010, Sterren & Cisterna 2010, Taboada 2014).

***Saltospirifer guevarai*** Cisterna & Archbold, 2007

(Fig. 5J–L)

v. 2007 *Saltospirifer guevarii* Cisterna & Archbold, p. 7–10, fig. 4A–O.

2010 *Saltospirifer guevarii* Cisterna; p. 93, 97, 98.

2010 *Saltospirifer guevarii* Sterren & Cisterna; p. 504, 510.

***Referred material***

CPBA 24620b and CPBA 24641, composite exterior mould of a ventral valve; CBPA 24601 and CBPA 24635, internal moulds of ventral valves; CPBA 24617b and CPBA 24626, additional material.

### ***Locality, unit and age***

CPBA 24601, CPBA 24617b, CPBA 24620b and CPBA 24641 come from Quebrada de La Horqueta, ~8 km south of Río Diamante. CPBA 24626 and CPBA 24635 come from Arroyo del Imperial, ~7 km north of Río Diamante near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Lower section of the Lower Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

### ***Description***

The ventral valve has a transverse outline with maximum width/length of 34/25 mm; W/L ratio = 1.4. The profile is shallowly convex with rounded cardinal extremities. The cardinal margin is 27 mm long (= ~78% of the maximum length). The beak is moderately protuberant and incurved towards the cardinal margin. The sulcus is well-defined, rounded and wide, and shallows posteriorly becoming deeper anteriorly. The sulcus also widens anteriorly from 2 mm at the umbo to 13 mm at the commissure before the beginning of the sulcal tongue (Fig. 5J). Ornamentation comprises eight equidimensional costae that bifurcate at the valve mid-length. The flanks are convex with weak plicae along the lateral margin near the commissure. The flanks are ornamented by costae that bifurcate near the valve mid-length and umbonal region. The costae are weakly fasciculate with 14 present along the lateral margin.

### ***Remarks***

The El Imperial Formation specimens are attributed to *Saltospirifer* because of their transverse outline, rounded cardinal extremities, hinge line being shorter than the maximum width, shallow sulcus with sulcal tongue, flanks bearing weak plicae, and weakly fasciculate costae. Despite the less protuberant and incurved umbo, our material is also specifically consistent with *Saltospirifer guevarai*.

Subfamily TRIGONOTRETINAE Schuchert, 1893

Tribe TRIGONOTRETINI Schuchert, 1893

**Pericospira** Archbold & Cisterna, 2007 (in Cisterna & Archbold 2007)

***Type species***

*Spirifer (Spirifer) pericoensis* Leanza, 1945, from the Tupe Formation (Upper Carboniferous) of Paganzo Basin in San Juan Province, Argentina (original designation).

***Remarks***

The specimens reassigned to *Pericospira* by Cisterna & Archbold (2007) were previously attributed to *Spirifer* Sowerby, 1816 (Leanza 1945), *Punctothyris* Hyde, 1953 (Lech & Aceñolaza 1987a), and *Trigonotreta* König, 1825 (Cisterna & Simanaukas 2000, Cisterna *et al.* 2002). Cisterna & Archbold (2007) studied examples from several localities in the central-western Argentinean Precordillera and erected *Pericospira* based on their distinctive costae pattern. Currently, three species of *Pericospira* are recognised: *Pericospira pericoensis* (Leanza, 1945) from the Tupe Formation; *Pericospira riojanensis* (Lech & Aceñolaza, 1987a) from the Río del Peñón

Formation; and *Pericospira sanjuanensis* (Lech & Aceñolaza, 1990) from the Del Salto Formation.

*Pericospira* sp. cf. *P. sanjuanensis* (Lech & Aceñolaza, 1990)

(Fig. 5M–Ñ)

### **Referred material**

CPBA 24609, internal mould of a ventral valve; CPBA 24634, fragmentary and decorticated exterior ventral valve.

### **Locality, unit and age**

CPBA 24609 comes from Quebrada de La Horqueta, ~8 km south of Río Diamante.

CPBA 24634 comes from Arroyo del Imperial, ~7 km north of Río Diamante near San Rafael in Mendoza Province, Argentina (Fig. 1B). Lower section of the Lower Member of the El Imperial Formation; lower Pennsylvanian (middle Carboniferous).

### **Description**

The ventral valve has a transverse outline and moderately convex profile. Maximum width/length = 24/17 mm; W/L ratio = 1.4–1.5. The maximum width occurs at the hinge line. The cardinal extremities are extended and moderately rounded. The umbo is protuberant and incurved towards the interarea. The sulcus is narrow, smooth, shallow, and sub-angular; it widens anteriorly from 1 mm at the umbo to 4 mm at the commissure (Fig. 5N–Ñ). The flanks are shallowly convex with six or seven plicae ornamented by simple overlapping costae that usually do not bifurcate. CPBA 24634 otherwise shows bifurcate costae bordering the sulcus at the valve mid-length. The

plicae become inconspicuous towards the cardinal margin, and their cross-section is rounded to sub-angular (~1.3 mm thick; 0.8 mm interspacing at the commissure).

### **Remarks**

The El Imperial Formation specimens share a transverse outline, narrow and shallow sulcus, and ornamentation comprising thick and simple plicae with *Pericospira*. Our exemplars are also specifically comparable to *Pericospira sanjuanensis* in their narrow, shallow and sub-angular sulcus which increases in width from the umbo to the commissure, and is bordered by coarse bifurcating costae at the valve mid-length.

*Pericospira* of the El Imperial and Del Salto formations additionally exhibit their maximum widths at the cardinal margin, and have protuberant and incurved umbos and transverse outlines incorporating W/L ratios of 1.4–1.5 versus 1.2–1.4. However, the El Imperial Formation fossils are distinguished by 6–7 plicae per flank, as opposed to 6–8 in the Del Salto Formation exemplars. Other differences include moderately extended and rounded cardinal extremities and simple flank costae in the Arroyo del Imperial material, unlike the sharper extremities and bifurcate costae in the Quebrada Del Salto specimens. These differences are probably a result of ontogenetic variation (Cisterna & Simanaukas 2000). Finally, the more transverse outline, broader sulcus and fasciculate costal pattern (contra *P. pericoensis*: see Cisterna *et al.* 2002) prompt our attribution of the El Imperial Formation specimens to *Pericospira* sp. cf. *P. sanjuanensis* pending discovery of better preserved remains.

### **Discussion**

The diachronic pTS and TS biozones within the El Imperial Formation were defined on the basis of taxonomic composition, stratigraphical provenance and palynozonal

correlations (Taboada *et al.* 2021). These have established an early-late Bashkirian age for the pTS biozone, and a Moscovian age for the TS biozone (Figs 1B, 2), with pTS fauna accordingly considered a precursor of the TS fauna (Taboada *et al.* 2021). Our results corroborate and refine this interpretation using brachiopods.

### ***Saltospirifer guevarai-Pericospira sanjuanensis* Biozone**

The Arroyo del Imperial and Quebrada de La Horqueta faunal assemblages correlate with the pTS biozone, with an updated brachiopod composition *Buxtonia* sp. cf. *B. riojana*, *Streptorhynchus inaequiornatus*, *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) sp. cf. *S. (P.) feruglioi*, *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) sp. cf. *S. (P.) jaguelensis*, *Spiriferellina?* sp., *Saltospirifer guevarai*, and *Pericospira* sp. cf. *P. sanjuanensis*. The pTS fauna characterises a decametric stratigraphical interval at the El Imperial Formation (Fig. 2) and equates to the lower levels of the Del Salto Formation (= ‘Bed A’ of Manceñido 1973), as well as the ‘Assemblage I beds’ (*sensu* Cisterna & Simanaukas 2000) of the Río del Peñón Formation (Taboada *et al.* 2021). We therefore propose a formal designation of this common pTS fauna as the *Saltospirifer guevarai-Pericospira sanjuanensis* Biozone (SP), with these nominotypical brachiopod taxa representing biostratigraphical markers. Moreover, the genus *Pericospira* includes species (*Pericospira pericoensis*) that range up into the basal TS biozone (see Taboada *et al.* 2021). We subsequently designate the Quebrada de La Horqueta locality as the biozonal holostratotype, with Arroyo del Imperial and the lower ‘Bed A’ of the Del Salto Formation (see Manceñido 1973) representing parastratotypes within central-western Argentina.

### ***Tivertonia jachalensis-Streptorhynchus inaequiornatus* Biozone**

The Cañón del Atuel faunal assemblage includes *Coolkilella aredesi*, *Calytrixia piersoni*, *Orbiculoidea saltensis*, *Oehlertella annae*, *Argentiella stappenbecki*, *Costatumulus* sp., *Septosyringothyris?* sp. These correspond with the TS biozone (Fig. 2), which has both Boreal and Gondwanan biogeographical affinities based on brachiopods, bivalves, gastropods, crinoids, conulariids, and even osteichthyan fish remains of Moscovian age (Gulbranson *et al.* 2010, Césari *et al.* 2011, Taboada 2014, Taboada *et al.* 2021). Despite the absence of nominotypical TS taxa at Cañón del Atuel, biostratigraphical marker taxa incorporate *C. aredesi* and *C. piersoni* with *Tivertonia jachalensis* and/or *Streptorhynchus inaequiornatus* present in the Tupe and Río del Peñón formation stratotypes.

The nominotypical species *S. inaequiornatus* is constrained to the early-late Bashkirian–Moscovian; however, this does not differentiate the SP and TS biozones. Furthermore, *B. riojana*, *S. (P.) feruglioi* and *S. (P.) jaguelensis* are common brachiopods in both biozone assemblages. Thus, our brachiopod segregation of the SP and TS biozones clarifies the established biochronostratigraphical scheme for central-western Argentina.

## Conclusions

- We provide a detailed taxonomic update of brachiopod assemblages recovered from the El Imperial Formation at the Arroyo del Imperial, Quebrada de La Horqueta, and Cañón del Atuel localities in the San Rafael Basin.
- We recognise two distinct brachiopod biozones within the El Imperial Formation: the *Tivertonia jachalensis*-*Streptorhynchus inaequiornatus* Biozone, which is widely distributed across five major basins in central-western Argentina; and the



stratigraphically older and geographically localized *Saltospirifer guevarai*-*Pericospira sanjuanensis* Biozone that we designate herein.

- Our discrimination of diachronic brachiopod biozones within the El Imperial Formation constitutes a framework for more detailed biocorrelation of regional lithostratigraphical units, and clarifies local assemblage turnover within Carboniferous marine ecosystems from the southwestern Gondwanan margin.

## Acknowledgments

We thank Marian Tanuz and María Aguirre Urreta (Universidad de Buenos Aires) for provision of samples. Field support was provided by Marcelo de la Fuente, Silvia Césari, Oscar Limarino, Karina Pinilla, Soledad Vázquez, Santiago Bessone and Sebastian Pinto. Weihong He and another anonymous reviewer, together with the Editorial Board of *Alcheringa* contributed valuable comments. The Centro de Investigación Esquel de Montaña y Estepa Patagónica (CIEMEP) and Museo Paleontológico Egidio Feruglio (MEF) supplied laboratory facilities.

## Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

## Funding statement

Financial support was provided by a grant (PICT 0584) from the ANPCYT, Argentina.

## References

ABRAMOFF, M.D., MAGALHÃES, P.J., & RAM, S.J., 2004. Biophotonics international. *Biophotonics International* 11, 36–42.

- AMOS, A. J., 1957. New syringothyrid brachiopods from Mendoza, Argentina. *Journal of Paleontology* 31, 99–104.
- AMOS, A. J., 1958. Algunos Spiriferaceae y Terebratulacea (Brachiopoda) del Carbonífero Superior del Sistema Tepuel (Provincia del Chubut). *Contribución Científica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Serie Geología* 2, 95–108.
- AMOS, A. J., 1979. *Guía Paleontológica Argentina. Parte I: Paleozoico. Faunas Carbónicas y Pérmicas*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Buenos Aires).
- AMOS, A. J., & ROLLERI, E. O., 1965. El Carbónico marino en el valle de Calingasta-Uspallata (San Juan y Mendoza). *Boletín de informaciones petroleras* 368, 1–23.
- ANDREIS, R. R., ARCHANGELSKY, S., GONZÁLEZ, C. R., LÓPEZ GAMUNDÍ, O., SABATTINI, N., ACEÑOLAZA, F. G., AZCUY, C. L., CORTINAS, J., CUERDA, A., & CÚNEO, R., 1987. Cuenca Tepuel-Genoa. In *El Sistema Carbonífero de la República Argentina*. ARCHANGELSKY, S., ed, Academia (pp. 169–196).
- ANTELO, B., 1972. Los Braquiópodos del Carbonífero Superior de la Quebrada Larga, en las cabeceras del Río Blanco, Provincia de San Juan. *Ameghiniana*, 9, 159–172.
- ARCHBOLD, N. W., 1983. Studies on Western Australian Permian Brachiopods. 3. The Family Linoproductidae Stehli 1954. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 95, 237–254.
- ARCHBOLD, N. W., 1993. Studies on Western Australian Permian Brachiopods. 11. New Genera, Species and Records. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 105, 1–29.
- ARCHBOLD, N. W., 1995. Studies on Western Australian Permian Brachiopods. 12. Addition to the late Asselian-Tastubian faunas. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 107, 95–112.
- ARCHBOLD, N. W., 1996. Studies on Western Australian Permian Brachiopods. 13. The fauna of the Artinskian Mingenew Formation, Perth Basin. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 108, 17–42.
- ARCHBOLD, N. W., CISTERNA, G. A., & STERREN, A. F., 2005. Lingulida (Brachiopoda) the early Permian of Argentina. *Proceeding of the Royal Society of Victoria* 117, 307–317.
- ARIAS, W. E., & AZCUY, C. L., 1986. El Paleozoico Superior del Cañón del Río Atuel, Provincia de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 41, 262–269.

- ARRONDO, O. G., & SCALABRINI ORTIZ, J., 1978. Contribución al conocimiento de las Sierras Pintadas y nota sobre el hallazgo de un nuevo nivel marino en la Formación El Imperial (San Rafael, Mendoza). *Acta Geológica Lilloana (suplemento)14*, 105–110.
- AZCUY, C. L., 1985. Late Carboniferous paleogeography and stratigraphy of Argentina. *Actas de 10º Congreso Internacional de Estratigrafía y Geología del Carbonífero 4*, 281–293.
- AZCUY, C., BERI, A., BERNARDES de OLIVEIRA, M. E. C., CARRIZO, H. A., DI PASQUO, M. M., DÍAZ SARAVIA, P., GONZÁLEZ, C. R., IANNUZZI, R., LEMOS, V., MELO, J. H. G., PAGANI, A., ROHN, R., RODRÍGUEZ AMENÁBAR, C., SABATTINI, N., SOUZA, P. A., TABOADA, A., & VERGEL, M. M., 2007. Bioestratigrafía del Paleozoico Superior de América del Sur: primera etapa de trabajo hacia una nueva propuesta cronoestratigráfica. *Asociación Geológica Argentina, Serie D, publicación especial No. 11*, 9–65.
- BRIGGS, D. J. C., 1998. Permian Productidina and Strophalosiidina from the Sydney-Bowen Basin and New England Orogen: systematics and biostratigraphic significance. *Memoir of the Association of Australasian Palaeontologists 19*, 1–258.
- BRUGUIÈRE, J. G., 1797. Vers, Coquilles, Mollusques et Polypes. *Tableau Encyclopédique et Méthodique des trois Règnes de la nature*. Agasse, Paris. T. 2, Pls. [*Lingula*: Pl. 250, fig. 1a-c].
- BRUNTON, C. H. C., LAZAREV, S. S., & GRANT, R. E., 1995. A review and new classification of the brachiopods Order Productida. *Palaeontology 38*, 915–936.
- BRUNTON, C. H. C., LAZAREV, S. S., & GRANT, R. E., 2000. Productida. In R. L. Kaesler (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 2, 3* (pp. H350–H643). Geological Society of America and University of Kansas Press.
- CARTER, J. L., & JOHNSON, J. G., 2006. Spiriferinida. In *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 5*. KAESLER, R. L., ed, Geological Society of America and University of Kansas Press, 1877–1938.
- CARTER, J. L., JOHNSON, J. G., GOURVENNEC, R., & HONG-FEI, H., 2006. Spiriferinida. In *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 5*. KAESLER, R. L., ed, Geological Society of America and University of Kansas Press, 1689–1823.
- CÉSARI, S. N., LIMARINO, C. O., & GULBRANSON, E. L., 2011. An Upper Paleozoic bio-chronostratigraphic scheme for the western margin of Gondwana. *Earth-Science Reviews 106*, 149–160.

- CHEN, Z. Q., & SHI, G. R., 2006. Artinskian-Kungurian (Early Permian) brachiopod faunas from the Tarim Basin, Northwest China, part 1: biostratigraphy and systematics of productida. *Palaeontographica. Abteilung A, paläozoologie, stratigraphie* 274, 113–177.
- CISTERNA, G. A., 2010. Earliest Permian Brachiopods faunas of west-central Argentina: Defining the Pennsylvanian-Permian boundary in Gondwana. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 298, 91–100.
- CISTERNA, G. A., 2011. Morphology and systematics of late Palaeozoic syringothyrid brachiopods from West-Central Argentina. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists* 41, 315–325.
- CISTERNA, G., & ARCHBOLD, N., 2007. Spiriferoidea (Brachiopoda) from the Early Permian Del Salto Formation of Argentina. *Alcheringa* 31, 3–16.
- CISTERNA, G. A., & SIMANAUSKAS, T., 2000. Brachiopods from the Rio del Peñón Formation, Río Blanco Basin, Upper Palaeozoic of Argentina. *Revista Española de Paleontología* 15, 129–151.
- CISTERNA, G. A., SIMANAUSKAS, T., & ARCHBOLD, N. W., 2002. Permian brachiopods from the Tupe Formation, San Juan Province, Precordillera, Argentina. *Alcheringa* 26, 177–200.
- CISTERNA, G. A., & STERREN, A. F., 2007. Early Permian marine fauna from the Quebrada Larga Formation, San Juan Province, Argentine Precordillera: Biostratigraphical implications. *Acta Geológica Lilloana* 20, 113–118.
- CISTERNA, G. A., & STERREN, A. F., 2008. Late Carboniferous *Levipustula* fauna in the Leoncito Formation, San Juan province, Argentine Precordillera: Biostratigraphical and Palaeoclimatological implications. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 120, 137–147.
- CISTERNA, G. A., STERREN, A. F., & ARCHBOLD, N. W., 2006. A review of the *Tivertonia jachalensis-Streptorhynchus inaequiornatus* Biozone in La Delfina Creek, San Juan Province, Argentina. *Ameghiniana* 43, 487–491.
- CISTERNA, G. A., STERREN, A. F., & GUTIÉRREZ, P. R., 2011. The Carboniferous–Permian boundary in the central western Argentinean basins: paleontological evidences. *Andean Geology* 38, 349–370.
- CISTERNA, G. A., STERREN, A. F., LÓPEZ GAMUNDÍ, O., & VERGEL, M. D. M., 2017. Carboniferous postglacial faunas in the late Serpukhovian-Bashkirian interval of central-western Argentina. *Alcheringa* 41, 413–431.

- COOPER, G. A., & GRANT, R. E., 1975. Permian Brachiopods of West Texas, III (Part.1). *Smithsonian Institution Press* 19, 1049–1055.
- DAMBORENEA, S. E., 1974. Geología del Cerro Colorado del Cementerio, Barreal, Provincia de San Juan (República Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 29, 249–263.
- DAGYS, A. S., 1972. Morphology and systematics of Mesozoic retsioid brachiopods. *Akademiâ Nauk SSSR, Sibirskoe Otdelenie, Institut Geologii I Geofiziki, Trudy* 112, 94–105. [in Russian].
- DAVIDSON, T., 1848. Mémoire sur les Brachiopodes du Systeme Silurien supérieure de l'Angleterre. *Société Géologique de France, Bulletin. Serie 2, 5*, 309–338, 370–374.
- DESSANTI, R. N., 1945. Sobre el hallazgo del carbónico marino en el Arroyo del Imperial de la Sierra Pintada (Departamento de San Rafael, Provincia de Mendoza). *Notas del Museo de La Plata, Geología* 10, 42, 205–220.
- DI PASQUO, M., ANDERSON, H., & ISAACSON, P., 2017. Record of a Pennsylvanian–Cisuralian marine transgression, southern Bolivia: A short-lived event in western Gondwana?. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 485, 30–45.
- D'ORBIGNY, A., 1847. Considérations zoologiques et géologiques sur les Brachiopodes ou Palliobranches. *Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences* 25, 266–269.
- DUMÉRIL, A. M. C., 1806. Zoologie analytique ou method naturelle de classification des animaux. Allais, pp. 334. Paris.
- DUNBAR, C. O., 1955. Permian Brachiopod Faunas of Central East Greenland. *Meddelelserom Groenland (Copenhagen)* 110, 1–169.
- ESPEJO, I. S., 1990. *Análisis estratigráfico, paleoambiental y de proveniencia de la Formación El Imperial, en los alrededores de los ríos Diamante y Atuel, provincia de Mendoza*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.  
[http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_2367\\_Espejo.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2367_Espejo.pdf)
- ETHERIDGE, R. J., & DUN, S. W., 1909. Notes on the Permo-Carboniferous Producti of eastern Australia, with synonymy. *Records of the Geological Survey of New South Wales* 8, 293–304.
- FELDMANN, R., CHAPMAN, R., & HANNIBAL, J., 1989. Paleotechniques. *The Paleontological Society Special Publication* 4, 358 p.

- FERUGLIO, E., 1933. Fossili liassici della valle del Río Genua (Patagonia). *Giornale di Geologia, Annali del Museo Geologico di Bologna* 9, 1–54.
- FOSTER, C. B., & WATERHOUSE, J. B., 1988. The *Granulatisporites confluens* Opper Zone and Early Permian Marine Faunas from the Grant Formation on the Barbwire Terrace, Canning Basin Western Australia. *Australian Journal of Earth Sciences* 35, 135–157.
- FREDERIKS, G., 1924. *Upper Paleozoic of the Ussuriland, I: Brachiopoda*.
- FREDERIKS, G., 1926. Classification Table of the Genera of the Family Spiriferidae King (pp. 393–423). *Bulletin Academia Sciences U.R.S.S., Serie 6th*.
- FREDERICKS, G., 1928. Contribution to the classification of the genus Productus Sowerby. *Izvestiia Geologicheskogo Komiteta Leningrad* 46, 773–792.
- GARCÍA, G. B., 1990. Acerca de la presencia de *Nothorhacopteris argentinica* (Geinitz) Archangelsky en la Formación El Imperial, Paleozoico Superior, Cuenca San Rafael. *Ameghiniana* 27, 189–190.
- GIUDICI, A. R., 1971. Geología de las adyacencias del río Diamante al este del cerro homónimo, provincia de Mendoza, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 26, 444–446.
- GONZÁLEZ, C. R., 1985. Esquema bioestratigráfico del Paleozoico Superior marino de la cuenca Uspallata-Iglesia. República Argentina. *Acta Geológica Lilloana* 16, 231–244.
- GONZÁLEZ DÍAZ, E. F., 1972. Descripción geológica de la Hoja 27d, San Rafael, provincia de Mendoza. Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín 128.
- GORJANSKY, V., & POPOV, L., 1985. The morphology, systematic position, and origin of inarticulate brachiopods with carbonate shells. *Paleontological journal* 3, 1–11.
- GRAY, J. E., 1840. Synopsis of the contents of the British Museum (pp. 370). 42nd Ed. London.
- GULBRANSON, E. L., MONTAÑEZ, I. P., SCHMITZ, M., LIMARINO C., ISBELL, J. L., MARENSSI, S. A., & CROWLEY, J., 2010. High-precision U-Pb calibration of Carboniferous glaciation and climate history, Paganzo Group, NW Argentina. *Bulletin Geological Society of America* 122, 1480–1498.
- HALL, J., & CLARKE, J. M., 1890. *Paleontology of New York*. C. Van Benthuysen.
- HE, W. H., SHEN, S. Z., FENG, Q. L. & GU, S. Z., 2005. A late Changxingian (Late Permian) deep-water brachiopod fauna from the Talung Formation at the Dongpan Section, Southern Guangxi, in South China, *Journal of Palaeontology* 79, 297–938.

- HE, W. H., SHI, G. R., ZHANG, K. X., YANG, T. L., YANG, T. L., SHEN, S. Z., ZHANG, Y., 2019. Brachiopods around the Permian–Triassic boundary of South China. Springer, Singapore, 261 pp.
- HE, W. H., WELDON, E. A., YANG, T. L., WANG, H., XIAO, Y. F., WU, H. T., ZHANG, K. X., WANG, Y. B. & WU, S. B., 2020. The palaeoenvironmental and palaeobiogeographic significance of the Late Permian deep-water brachiopod fauna from Dongpan, South China, including descriptions of *Micromartinia* He & Weldon gen. nov. (Micromartiniidae He & Weldon fam. nov.) and *Minutomarginifera* nom. nov. *Journal of Systematic Palaeontology* 18, 885–909.
- HOLMER, L. E., & POPOV, L. E., 2000. Lingulata. In Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 2 R. KAESLER, R. L., ed, Geological Society of America and University of Kansas Press, (pp. 30–192).
- HYDE, J. E., 1953. Mississippian formations of central and southern Ohio. *Ohio Geological Survey* 51, 1–355.
- IVANOVA, E. A., 1972. Osnovnyye zakonomernosti evolyutsii spiriferid (Brachiopoda). *Paleontologicheskii Zhurnal* 1972, 28–42 (in Russian).
- KEIDEL, J., & HARRINGTON, H. J., 1938. On the discovery of Lower Carboniferous tillites in the Precordillera of San Juan, western Argentina. *Geological Magazine* 75, 103–129.
- KING, W., 1846. Remarks on the certain genera belonging to the Class Palliobranchiata. *Annals and Magazine of Natural History* 18, 26–42, 83–96.
- KING, W., 1850. A monograph of the Permian fossils of England. *Monographs of the Palaeontographical Society* 3, 1–258.
- KÖNIG, C., 1825. *Icones Fossilium sectiles. Centuria prima*. Nattali and Co. London.
- KUTORGA, S. S., 1844. Zweiter beitrage zur paläontologie Russlands. Verhandlungen der Russisch-Kaiserlichen Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg 1844, 62–104.
- LAZAREV, S. S., 1985. Brachiopods of the families Echinoconchidae and Buxtoniidae. *Palaeontological Journal* 19, 62–72.
- LAZAREV, S. S., 1990. Evoliutsiia i sistema produktid. (Evolution and Systematics of Productids.). *Akademiia Nauk SSSR, Paleontologicheskii Institut, Trudy* 242, 1–171. [in Russian].
- LEANZA, A. E., 1945. Braquiópodos Carboníferos de la Quebrada de La Herradura al NE de Jachal, San Juan. *Revista del Museo de la Plata, Sección Palaeontología* 86, 277–314.

- LEANZA, A. E., 1948. Braquiópodos y Pelecípodos carboníferos en la Provincia de La Rioja (Argentina). *Revista del Museo de la Plata, Sección Palaeontología* 3(18), 237–264.
- LECH, R. R., 1986. *Septosyringothyris jaguelensis* sp. nov. (Brachiopoda) del Pérmico Inferior de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana* 23, 57–60.
- LECH, R. R., 1990. Distribución de la fauna de braquiópodos en la Formación Agua del Jagüel (Carbonífero superior–Pérmico inferior), Provincia de Mendoza, Argentina. *Actas de 11º Congreso Geológico Argentino I*, 15–18.
- LECH, R. R., 1993. El género *Septosyringothyris* Vandercammen, 1995, (Brachiopoda) en el Carbonífero-Pérmico del centro-oeste de Argentina. *Comptes Rendus XII ICC-P 1*, 563–571.
- LECH, R. R., 1995. Nueva especie y clave sistemática para las especies de Argentina del género *Septosyringothyris* Vandercammen, 1955, (Brachiopoda). *Actas de 6º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, 155–159.
- LECH, R. R., 2002. Consideraciones sobre la edad de la Formación Agua del Jagüel (Carbonífero Superior), Provincia de Mendoza, Argentina. *Actas del 15º Congreso Geológico Argentino*, 142–146.
- LECH, R. R., 2011. A review of *Orbiculoidea saltensis* Reed, Brachiopoda: Discinidae, of the Upper Carboniferous of Argentina. *Serie correlación geológica* 27, 7–16.
- LECH, R. R., 2014. Revisión de *Oehlertella annae* (Feruglio), discinido del Neopaleozoico de Argentina. *Serie correlación geológica* 30, 135–146.
- LECH, R. R., & ACEÑOLAZA, F. G., 1987a. Braquiópodos en el Peñoniano (Carbónico superior) de la provincia de La Rioja. *Actas 1. 4º Congreso Latinoamericano de Paleontología*, 255–266.
- LECH, R. R., & ACEÑOLAZA, F. G., 1987b. El género *Canocrinella* en el Carbónico Superior de Jagüe, provincia de La Rioja, Argentina. *Actas 3 10º Congreso Geológico Argentino*, 107–111.
- LECH, R. R., & ACEÑOLAZA, F. G., 1990. Braquiópodos en el Peñoniano de la Formación Del salto (Carbónico superior–Pérmico inferior), provincia de San Juan, Argentina. *Actas del V Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía 1*, 83–88.
- LEIGHTON, L. R., & MAPLES, C. G., 2002. Evaluating internal versus external characters: Phylogenetic analyses of the Echinoconchidae, Buxtoniinae and Juresaniinae (Phylum Brachiopoda). *Journal paleontology* 76, 659–671.



- LI, W., SHI, G. R., YARINPIL, A., HE, W., & SHEN, S., 2012. *Canocrinella* and *Costatumulus* (Brachiopoda) from the Permian of South Mongolia and South China: Their morphology, biostratigraphy and distribution. *Geobios* 45, 297–309.
- LIMARINO, C. O., & SPALLETTI, L. A., 2006. Paleogeography, of the upper Paleozoic basins of southern South America: An overview. *South American Earth Sciences* 22, 134–155.
- LIMARINO, C. O., ISBELL, J. L., CICCIOLO, P. L., & TABOADA, A. C., 2013. La secuencia neopaleozoica de la Quebrada Agua de Jagüel (Precordillera de Mendoza): edad y redefinición estratigráfica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 70, 216–228.
- LIMARINO, C. O., TRIPALDI, A., MARENSSI, S., & FAUQUÉ, L., 2006. Tectonic, sea-level, and climatic controls on Late Paleozoic sedimentation in the western basins of Argentina. *South American Earth Sciences* 22, 205–226.
- MANCENÍDO, M. O., 1973. La fauna de la Formación Del Salto (Paleozoico Superior de la Provincia de San Juan), Parte 1. Introducción y Estratigrafía. *Ameghiniana* 10, 235–253.
- MATTHEWS, S. C., 1973. Notes on open nomenclature and on synonymy lists. *Palaeontology* 16, 713–119.
- MEEK, F. B., 1875. Notes on some fossils from near the eastern base of the Rocky Mountains, west of Greeley and Evans, Colorado, and others from about two hundred miles farther eastward, with description of a few new species. *Bulletin of the United States Geological and Geographical Survey of the Territories second series, 1*, 49–142.
- MENDES, J. C., 1959. Chonetacea e Productacea Carboníferos da Amazonia. *Boletim Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Universidade de Sao Paulo* 17, 1–87.
- MENKE, C. T., 1828. *Synopsis methodica molluscorum generum omnium et specierom earom quae in Museo Menkeano adservantur*. G. Uslar Pymonti.
- MERGL, M., 2006. A review of Silurian discinoid brachiopods from historical British localities. *Bulletin of Geosciences* 81, 215–236.
- MUIR-WOOD, H. M., 1951. The Brachiopoda of Martin's "Petrificata Derbiensa". *Annals and Magazine of Natural History* 12, 97–118.
- MUIR-WOOD, H. M., & COOPER, G. A., 1960. Morphology, classification and life habits of the Productoidea (Brachiopoda). *Geological Society of America Memoir* 81, 447 p.

- MUIR-WOOD, H. M., & WILLIAMS, A., 1965. Strophomenida. In *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 1*, R. C. MOORE Ed., H361–H521. Geological Society of America and University of Kansas Press.
- PAGANI, M. A., & TABOADA, A. C., 2010. The marine upper Palaeozoic in Patagonia (Tepuel-Genoa Basin, Chubut Province, Argentina): 85 years of work and future prospects. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 298, 130–151.
- PAGANI, M. A., & TABOADA, A. C., 2011. The Cisuralian faunal succession in Patagonia (Tepuel-Genoa Basin, Argentina): an updated brachiopod biostratigraphic scheme. *Memoirs of the Association Australasian Palaeontologists* 41, 339–350.
- PAZOS, P., RUSCONI, F., LOSS, L., GUTIÉRREZ, C., & HEREDIA, A., 2017. Estratigrafía de la Formación El Imperial (Pensilvaniano-Cisuraliano) en el Cañón del Atuel, Cuenca San Rafael. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 74, 155–162.
- POLANSKY, J., 1970. *Carbónico y Pérmico de la Argentina*. EUDEBA, manuales, pp. 216. Buenos Aires.
- REED, F. R. C., 1927. Upper Carboniferous fossils from Argentina. In A. L. Du Toit, (Ed.). *Geological comparison of South America with South Africa* 381, 129–149.
- RIDE, W. D. L., COGGER, H. G., DUPUIS, C., KRAUS, O., MINELLI, A., THOMPSON, F. C., & TUBBS, P. K., 1999. *International code of zoological nomenclature, International Trust for Zoological Nomenclature* (4th ed.). The Natural History Museum, London.
- SABATTINI, N., AZCUY, C. L., & CARRIZO, H. A., 2001. Invertebrados marinos de la Formación Malimán (Carbonífero Inferior), y su relación con las asociaciones paleoflorísticas, provincia de San Juan, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56, 111–120.
- SABATTINI, N., OTTONE, E. G., & AZCUY, C. L., 1990. La zona de *Lissochonetes jachalensis*-*Streptorhynchus inaequiornatus* (Carbonífero tardío) en la localidad de la Delfina, provincia de San Juan. *Ameghiniana* 27, 75–81.
- SARYTCHEVA, T. G. & SOKOLSKAYA, A. N., 1959. O Klassifikatsin lozhnoporistykh brachiopod (On the classification of pseudopunctate brachiopods). *Akademmia Nauk SSSR, Doklady* (Moscow) 125, 181–184. (In Russian)

- SCHLOTHEIM, E. F., 1816. Beitrage zur Naturgeschichte der Versteinerungen in geognostischer Hinsicht. *Akademi Wissenschaften Munchen Mathematischephysike Klasse Denkschriften* 6, 13–36.
- SCHUCHERT, C., 1893. Classification of the Brachiopoda. *American Geologist* 11, 141–167.
- SHI, G. R., & WATERHOUSE, J. B., 1996. Lower Permian Brachiopods and Molluscs from the Upper Jungie Creek Formation, Northern Yukon Territory, Canada. *Geological Survey of Canada, Bulletin* 424, 1–241.
- SOWERBY, J., 1814. *The mineral conchology of Great Britain; or coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals or Shells which have been preserved at various times and depths in the earth. Part 1.* London (Arding & Merrett).
- SOWERBY, J., 1816. *The mineral conchology of Great Britain; or coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals or Shells which have been preserved at various times and depths in the earth. Part 2.* London (Arding & Merrett).
- STEHLLI, F. G., 1954. Lower Leonardian Brachiopoda of the Sierra Diablo. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 105, 255–382.
- STERREN, A. F., & CISTERNA, G. A., 2010. Bivalves and Brachiopods in the Carboniferous Early Permian of Argentine Precordillera: Diversification and faunal turnover in the Southwestern Gondwana. *Geologia Acta* 8, 501–517.
- STERREN, A. F., CISTERNA, G. A., LÓPEZ GAMUNDÍ, O., & VERGEL, M. M., 2020. The southernmost record of the *Asseptella-Tuberculatella/Rhipidomella-Micraphelia* Fauna (late Serpukhovian–Bashkirian) in the Calingasta-Uspallata Basin, Argentina. *Andean Geology* 47, 110–124.
- TABOADA, A. C., 1987. Estratigrafía y contenido paleontológico de la Formación Agua del Jagüel, Pérmico Inferior de la Precordillera mendocina. *Actas 1º Jornadas Geológicas de la Precordillera*, 181–186.
- TABOADA, A. C., 1989. La fauna de la Formación El Paso, Carbonífero Inferior de la Precordillera sanjuanina. *Acta Geológica Lilloana* 17, 113–129.
- TABOADA, A. C., 1997. Bioestratigrafía del Carbonífero marino del Valle de Callingasta-Uspallata, Provincias de San Juan y Mendoza. *Ameghiniana* 34, 215–246.

- TABOADA, A. C., 1998. Dos nuevas especies de Linoproductidae (Brachiopoda) y algunas consideraciones sobre el neopaleozoico sedimentario de las cercanías de Uspallata. *Acta Geológica Lilloana* 18, 69–80.
- TABOADA, A. C., 1999. La Biozona de *Balakhonia-Geniculifera* en la Formación Cerro Agua Negra, provincia de San Juan. *I Simposio Argentino del Paleozoico Superior*, 45R.
- TABOADA, A. C., 2010. Mississippian-Early Permian brachiopods from western Argentina: Tools for middle to high-latitude correlation, paleobiogeographic and paleoclimatic reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 298, 152–173.
- TABOADA, A. C., 2014. New Brachiopod records and considerations on the *Tivertonia-Streptorhynchus* (Moscovian) and *Costatumulus amosi* (Sakmarian–Artinskian) faunas from western Argentina: the key sections at Quebrada Agua del Jagüel and Quebrada Santa Elena are revisited. *Ameghiniana* 51, 226–242.
- TABOADA, A. C., & SHI, G. R., 2011. Taxonomic review and evolutionary trends of Levipustulini and Absenticostini (Brachiopoda) from Argentina: palaeobiogeographic and palaeoclimatic implications. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists* 41, 87–114.
- TABOADA, A. C., PAGANI, M. A., & LIMARINO, C. O., 2014. The Carboniferous faunas of the Huaraco Formation at Cordillera del Viento, Neuquén Basin. *4<sup>th</sup> International Paleontological Congress, the History of Life: a view from the southern hemisphere*, 625.
- TABOADA, A. C., PARDO, C. A., TABOADA, C. A., & PAGANI, M. A., 2021. Unraveling late Pennsylvanian brachiopod assemblages from the San Rafael Basin (Argentina): Biostratigraphic implications to southwestern Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*. [https://doi: 10.1016/j.jsames.2020.102980](https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102980).
- TABOADA, A. C., TABOADA, C. A., PARDO, C. A., & CÉSARI, S. N., 2018. Formación Valle Chico, Esquel, Chubut: Actualización del registro paleontológico, discusión estratigráfica e implicancias paleoclimáticas. *Revista del Museo de La Plata, suplemento resúmenes* 3, 20R.
- THOMAS, I., 1914. The British Carboniferous Producti. Genera Pustula and Overtonia. *Great Britain Geological Survey, Memoir* 1, 197–366.
- TORSVIK, T. H., & COCKS, L. R., 2013. Gondwana from top to base in space and time. *Gondwana Research* 24, 999–1030.

- VANDERCAMMEN, A., 1955. *Septosyringothyris demaneti* nov. gen., nov. sp., un Syringothyride nouveau du Dinantien de la Belgique. *Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique* 31, 1–6.
- VON SCHLOTHEIM, E. F., 1816. Beitrage zur Naturgeschichte der Versteinerungen in geognostischen Hinsicht. *Denkschriften der Bayerischen Akademie der Wissenschaften* 6, 13–36.
- WAAGEN, W. H., 1883. Salt Range Fossils, Pt. 4 (1), *Productus* Limestone fossils, Brachiopoda. *Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica, series 13*, 391–546.
- WAAGEN, W. H., 1884. Salt Range Fossils, Pt. 4 (1), *Productus* Limestone fossils, Brachiopoda. *Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica, series 13*, 547–728.
- WAAGEN, W. H., 1885. Salt Range Fossils, Pt. 4 (1), *Productus* Limestone fossils, Brachiopoda. *Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica, series 13*, 729–770.
- WATERHOUSE, J. B., 1968. The classification and description of Permian Spiriferida (Brachiopoda) from New Zealand. *Palaeontographica* 129, 1–94.
- WATERHOUSE, J. B., 1971. Carboniferous and Permian Stratigraphy and Paleontology, northern Yukon Territory, Canada. In Bamber, E. W., and Waterhouse, J. B. (Eds.). *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 19, 29–250.
- WATERHOUSE, J. B., 1975. New Permian and Triassic Brachiopod Taxa. *University of Queensland, Department of Geology, Papers* 7, 1–23.
- WATERHOUSE, J. B., 1983. New Permian invertebrate genera from the East Australian segment of Gondwana. *Indian Geologist Association Bulletin (Chandigarh)* 16, 153–158.
- WATERHOUSE, J. B., 1986. New late Paleozoic invertebrate taxa. *Indian Geologist Association Bulletin* 19, 1–8.
- WATERHOUSE, J. B., 2001. *Late Paleozoic Brachiopoda and Mollusca from Wairaki Downs, New Zealand*.
- WATERHOUSE, J. B., 2010. New Late Paleozoic Brachiopods and Molluscs. *Earthwise* 9, 1–40.
- WATERHOUSE, J. B., 2013. The Evolution and Classification of Productida (Brachiopoda). *Earthwise* 10, 440–445.
- WATERHOUSE, J. B., BRIGGS, D. J. C., & PARFREY, S. M., 1983. Major faunas assemblages in the early Permian Tiverton Formation near Homevale Homestead, Northern Bowen Basin, Queensland. In Foster (Ed.) *Geological Society of Australia, Queensland Division*, 212–138. Permian Geology of Queensland.

- WATERHOUSE, B., & CHEN, Z., 2007. Brachiopoda from the Late Permian Senja Formation, Manang area, Nepal Himalaya. *Palaeontographica A* 280, 1–69.
- WILLIAMS, A., 1953. The classification of the strophomenoid brachiopods. *Washington Academy of Sciences Journal* 43, 1–13.
- WILLIAMS, A., BRUNTON, C. H. C., & WRIGHT, A. D., 2000. Orthotetida. In *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H, Brachiopoda 2* R. L. KAESLER Ed., 664–714. Geological Society of America and University of Kansas Press.
- WILLIAMS, A., CARLSON, S. J., BRUNTON, C. H. C., HOLMER, L. E. & POPOV, L. E., 1996. A supra-ordinal classification of the Brachiopoda. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (Series B)* 351, 1171–1193.
- YRIGOYEN, M., 1967. Geology of the Triassic Formation of Northern Mendoza area. 1er International Symposium on Gondwana Stratigraphy and Paleontology. *Asociación Geológica Argentina, Guidebook*, 1–13.

**Figure 1.** Geographical and stratigraphical context of the El Imperial Formation. **A**, San Rafael Basin and central-western basins of Argentina (black star = fossiliferous localities). **B**, Stratigraphical sections within the El Imperial Formation (left to right): Quebrada de La Horqueta section; Arroyo del Imperial section; Cañón del Atuel section. Abbreviations: SP, *Saltospirifer-Pericospira* Biozone; TS, *Tivertonia-Streptorhynchus* Biozone; NBG, *Nothorhacopterus-Botrychiopsis-Gyngophyllum* Zona; DMA, *Raistrickia-Convolutispora* Subzone A; DMB, *Raistrickia-Convolutispora* Subzone B; DMB/C, *Raistrickia-Convolutispora* Subzone B/C; FS, *Pakhapites-Vittatina* Zone; HF, La Horqueta Formation; RSCF, Río Seco de los Castaños Formation; CG, Cochicó Group. Modified from Taboada *et al.* (2021).

**Figure 2.** Correlations between selected late Paleozoic lithostratigraphical units and biozones within central-western Argentina. **A**, Río Blanco Phase; **B**, San Eduardo Epeirogenic Phase; **C**, Atacama Orogenic Phase; **D**, San Rafael Orogenic Phase. Abbreviations: Invertebrate biozones (Inv.): MA, *Michiganites-Azurduya*; RB, *Rugosochonetes-Bulahdelia*; L, *Levipustula levis*; MM, *Marginovatia-Maemia*; SP, *Saltospirifer-Pericospira*; TS, *Tivertonia-Streptorhynchus*; Ca, *Costatumulus amosi*. Plants biozones (Pl.): AF, *Archaeosigilaria-Frenguella*; FNC, *Frenguella-*

*Nothorhacopteris-Cordaicarpus*; NBG, *Nothorhacopteris-Botrychiopsis-Gingophyllum*; I, Interval; G, *Gangamopteris*. Palynological biozone (Pal.): CV, *Cordylosporites-Verrucosisporites*; MQ, *Reticulatisporites-Verrucosisporites*; DMA, *Raistrickia-Convolutispora* subzone A; DMB, *Raistrickia-Convolutispora* subzone B, DMC, *Raistrickia-Convolutispora* subzone C; FS, *Pakhapites-Vittatina*; LW, *Lueckisporites-Weylandites*. Gray background = TS and SP Faunas. Modified from Taboada (2014) and Taboada *et al.* (2021).

**Figure 3.** *Argentiella stappenbecki*: **A**, MHNSR-Pi-CN 10.2 partially decorticated dorsal valve in dorsal view; **B**, MHNSR-Pi-CN 10.3 partially decorticated ventral valve in ventral view. *Oehlertella annae*: MHNSR-Pi-CN 5.1 partially decorticated dorsal valve in **(C)** dorsal view, and **(D)** lateral view; **E**, MHNSR-Pi-CN 5.17 interior of ventral valve in dorsal view; MHNSR-Pi-CN 5.9 exterior ventral valve in **(F)** ventral view, and **(G)** ventral-oblique view; **H**, MHNSR-Pi-CN 5.18 ventral interior valve in dorsal view. *Orbiculoidea saltensis*: MHNSR-Pi-CN 7.2 exterior ventral valve in **(I)** lateral view, and **(J)** ventral-oblique view; **K**, MHNSR-Pi-CN 7.17 internal mould of dorsal valve in dorsal-oblique view; MHNSR-Pi-CN 7.18, decorticated exterior dorsal valve in **(L)** lateral view, and **(M)** dorsal view. *Coolkilella aredesi*: MHNSR-Pi-CN 4.8 external mould of ventral valve in **(N)** lateral view, **(Ñ)** anteroventral view, and **(O)** posteroventral view; MHNSR-Pi-CN 4.12 external mould of an articulated specimen with **(P)** a silicone mould of the exterior dorsal valve in dorsal view, and **(Q)** anterior view. *Calytrixia piersoni*: MHNSR-Pi-CN 8.6 steinkern in **(R)** ventral, and **(S)** lateral view; **T**, MHNSR-Pi-CN 8.3 silicone mould of an exterior dorsal valve in dorsal view. Scale bar = 10 mm, except **A**, **B**, **E**, and **H**, scale bar = 5 mm.

**Figure 4.** *Costatumulus* sp.: MHNSR-Pi-CN 1.10, external mould of a ventral valve in **(A)** ventral, and **(B)** posteroventral view; MHNSR-Pi-CN 1.19 external mould of a dorsal valve in **(C)** lateral-oblique view; **D**, silicone mould of an exterior dorsal valve in dorsal view; **E**, MHNSR-Pi-CN 1.18 silicone mould of an exterior valve in ventral view; **F**, MHNSR-Pi-CN 1.5 internal mould of a ventral valve in anteroventral view. *Buxtonia* sp. cf. *B. riojana*: CPBA 24637, external mould of a ventral valve in **(G)** ventral, **(H)** posteroventral, **(I)** lateral, and **(J)** anteroventral view; **K**, CPBA 24605 composite mould of a ventral valve in interior view. *Streptorhynchus inaequioratus*: **L**, CPBA 24628 internal mould of a ventral valve in ventral view; CPBA 24627

internal mould of a dorsal valve in (**M**) posterior, and (**N**) dorsal view. *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) sp. cf. *S. (P.) feruglioi*: CPBA 24610 internal mould of a ventral valve in (**Ñ**) silicone mould of interior, (**O**) anteroventral, and (**P**) posteroventral view; **Q**, CPBA 24633a, composite mould of a dorsal valve in dorsal view. Scale bar = 10 mm.

**Figure 5.** *Septosyringothyris* (*Precosyringothyris*) sp. cf. *S. (P.) jaguelensis*: **A**, CPBA 24631 external mould of a dorsal valve in dorsal view; **B**, CPBA 24623a interior of a dorsal valve in dorsal view; CPBA 24630, internal mould of a ventral valve in (**C**) ventral, and (**D**) posteroventral view. *Septosyringothyris?* sp.: MHNSR-Pi-CN 2, steinkern in (**E**) anterior and (**F**) dorsal view. *Spiriferellina?* sp.: CPBA 24608, internal mould of a ventral valve in (**G**) ventral and (**H**) ventral-oblique view; **I**, CPBA 24621 internal mould of a ventral valve in posterior view. *Saltospirifer guevarai*: CPBA 24635, internal mould of a ventral valve in (**J**) anteroventral, (**K**) ventral-oblique, and (**L**) posteroventral view. *Pericospira* sp. cf. *P. sanjuanensis*: **M**, CPBA 24609 internal mould of a ventral valve in ventral view; CPBA 24634, decorticated exterior of a ventral valve in (**N**) posteroventral, and (**Ñ**) anteroventral view. Scale bar = 10 mm.