



ESCUELA DE  
GEOLOGÍA

**PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA DE LOS CEFALÓPODOS DEL  
JURÁSICO SUPERIOR - CRETÁCICO INFERIOR DEL ALTO RÍO  
MAIPO, CORDILLERA DE LOS ANDES, CHILE CENTRAL**

Memoria entregada a la Universidad Mayor en cumplimiento de los requisitos para  
optar al Título de Geóloga

JAVIERA AYLEEN TERESITA SOTO GUTIÉRREZ

Profesor guía:

Dr. CHRISTIAN SALAZAR SOTO

Miembros de la Comisión Evaluadora de Examen:

MARKO YURAC

Dr. REYNALDO CHARRIER

SANTIAGO, CHILE  
Diciembre, 2023

## RESUMEN

El registro fósil es fundamental para facilitar el entendimiento de los procesos del pasado geológico. Particularmente en Chile, hay un amplio registro de fauna asignadas al Jurásico y Cretácico, los que han ayudado progresivamente a comprender bioeventos y su bioestratigrafía, por lo cual contribuyen a resolver la problemática del límite J/K que se ha estado debatiendo desde hace más de un siglo, en donde existen dos tendencias principales: Kilian (Titoniano – Berriasiano) y el punto de vista según Opper (Berriasiano – Valanginiano).

En este trabajo se estudian cefalópodos presentes en las nacientes del río Maipo, ubicados en la alta cordillera de la zona central de Chile, los cuales representan la transición entre el Jurásico - Cretácico, asignando sus zonaciones bioestratigráficas dentro de la transición J/K, por medio de estudios de paleontología sistemática y bioestratigrafía de las colecciones Nacientes del Maipo y Nautilus, pertenecientes a las formaciones Baños Morales y Lo Valdés, de su contexto estratigráfico y análisis de la bioestratigrafía del área de estudio.

Se identifica un total de 13 especies referentes a 11 géneros de Ammonites, asignados a *Windhausenicerias internispinosum*, *Corongoceras mendozanum*, *Corongoceras involutum*, *Aulacosphinctes proximus*, *Pseudofavrella angulatiformis*, *Substeueroceras koeneni*, *Substeueroceras striolatissimum*, *Berriasella jacobi*, y *Neocosmoceras sayni* y el nautilus *Cymatoceras perstriatum*.

Con los antecedentes de este estudio y trabajos recientes, es posible actualizar las asignaciones estratigráficas y bioestratigráficas en la zona de Nacientes del Maipo para la transición del Jurásico – Cretácico. Dentro de la Formación Baños Morales, se asigna al Titoniano inferior a medio para los Miembros La Cuesta y Placa Verde, respectivamente. En la Formación Lo Valdés, el Miembro Escalador es asignado al Titoniano superior, el Miembro Placa Roja desde el Titoniano superior al Berriasiano inferior y el Miembro Cantera al Valanginiano inferior al Hauteriviano superior.

*Esta memoria va dedicada en especial a mi familia y a mis perritos*

*Garbo, Sofía, Galileo, Simona y Amelia.*

SOLO USO ACADÉMICO

## Agradecimientos

Gracias al Dr. Reynaldo Charrier por los antecedentes y su colección de fósiles que permitieron el desarrollo de este estudio y a Matías Klein por la orientación previa en fin de complementar y continuar este estudio. Agradecer el apoyo del Dr. Christian Salazar y Marko Yurac en esta memoria de título. Agradecer además a la Universidad Mayor y la Escuela de Geología por la formación durante estos años.

También quisiera agradecer a Sebastián Ortega, Samantha Leiva y Sebastián Montti, que fueron los primeros profesores en enseñarme lo que es la paleontología y todo lo que conlleva.

Quisiera agradecer a mis padres Silvana Gutiérrez y Hernán Soto, por enseñarme que todo el esfuerzo vale la pena, gracias por entregarme las herramientas para poder llegar hasta donde estoy, y a mis dos hermanos, Joaquín e Ignacio por acompañarme en este largo camino.

Agradecer a mis amigos, Nicole Reyes, Catalina Cerda, Sebastián Castillo, Constanza Garay y Dánissa Gajardo por su amistad incondicional y todo el apoyo que me entregaron durante los años universitarios, sin duda sin ustedes no habría sido lo mismo. Agradezco también a todos los compañeros con los que me reencontré en los últimos años de universidad, en especial Nicolás Vargas, Jorge Gallegos, Cristóbal Albornoz y Diego Navarro, y a mis paleo – compañeras Jeniffer Ascencio y Javiera Méndez, gracias por siempre tener una sonrisa y un abrazo para mí.

Una mención especial a mi gran compañero de vida Fabián Escalona, que sin duda todo este proceso no hubiera sido lo mismo sin su amor, cariño y risas, gracias por los abrazos, las palabras de ánimo, la paciencia y todo lo compartido. Gracias a ti, a tus papás y hermanos por incluirme en tu familia como una más y siempre darme un espacio.

## Indice

Resumen

Agradecimientos

Capítulo 1: Introducción.....	1
1.1 Antecedentes generales.....	1
1.1.1 Limite Jurásico-Cretácico en Chile y Argentina.....	1
1.1.2 Estudios previos en Chile central.....	3
1.1.3 Estudios en Nacientes del Maipo.....	4
1.2 Problemática del estudio.....	5
1.3 Hipótesis del estudio.....	8
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo General.....	8
1.4.2 Objetivos Específicos.....	8
1.5 Metodología y análisis.....	8
1.5.1 Estratigrafía.....	9
1.5.2 Paleontología sistemática.....	9
1.6 Ubicación y vías de acceso.....	10
Capítulo 2: Marco Geológico.....	11
2.1 Marco Geotectónico.....	11
2.2 Marco Geológico.....	13
Formación Río Colina.....	13
Formación Río Damas.....	14
Formación Baños Morales.....	14
Formación Lo Valdés.....	16
Formación Colimapu.....	18
Capítulo 3: Estratigrafía.....	18
3.1 Estratigrafía en detalle.....	18
3.1.1 Sección Río Barroso (3A).....	19
3.1.2 Sección Altos de Puente de Tierra (3B).....	20
3.1.3 Sección Altos de Escalones (3C).....	20

3.1.4 Sección Cruz de Piedra (3D).....	24
3.1.5 Sección Los Nacimientos (3E).....	24
3.1.6 Sección Paso los Bayos (3F).....	26
3.2 Ambiente de depositación.....	27
3.2.1 Ambiente depositacional Formación Baños Morales.....	27
3.2.2 Interpretación ambiente depositacional Formación Lo Valdés.....	28
Capítulo 4: Paleontología sistemática.....	30
Género <i>Cymatoceras</i> Hyatt, 1883-1884.....	31
Género <i>Corongoceras</i> Spath, 1925.....	37
<i>Corongoceras</i> cf. <i>involutum</i> (Biro, 1980).....	41
Género <i>Windhausenicerias</i> Leanza, 1945.....	43
Subgénero <i>Berriasella</i> Uhlig, 1905.....	45
Género <i>Substeueroceras</i> (Spath, 1923c).....	50
<i>Substeueroceras striolatissimum</i> (Steuer, 1897).....	58
Género <i>Neocosmoceras</i> Blanchet, 1922.....	61
Género <i>Tirnovella</i> Nikolov, 1966.....	64
Género <i>Cuyanicerias</i> (A. Leanza, 1945).....	67
Género <i>Virgatosphinctes</i> (Uhlig, 1910).....	71
Género <i>Aulacosphinctes</i> (Uhlig, 1910).....	77
Género <i>Pseudofavrella</i> A. Leanza & H. Leanza, 1973.....	82
Capítulo 5: Discusiones.....	86
5.1 Estratigrafía y datos previos.....	86
5.2 Bioestratigrafía y edad.....	88
Capítulo 6: Conclusiones.....	96
Referencias.....	99

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Sección Paso fronterizo Río Maipo – Cerro Peuco. (Kc) Formación Colimapu; (Kbf) Formación Baños del Flaco; (Jrd) Formación Río Damas; (Jnt) Nacientes del Teno; (Jse) miembro Santa Elena de la Formación Nacientes del Teno; (KTgd) intrusivo granodiorítico. Klohn (1960).....	5
<b>Figura 2:</b> Tabla cronoestratigráfica evidenciando el límite entre Jurásico Tardío y Cretácico Temprano (Reboul <i>et al.</i> , 2014; Aguirre-Urreta <i>et al.</i> , 2019; Salazar <i>et al.</i> , 2020).....	7
<b>Figura 3:</b> Leyenda litológica de las columnas de este trabajo.....	9
<b>Figura 4:</b> Caracterización morfológica y dimensiones de los cefalópodos, en vista lateral y en sección de vista dorsal. Jain (2017).....	10
<b>Figura 5:</b> Arriba: Paleogeografía de Chile central durante el Jurásico tardío al Cretácico temprano, presentando una sección esquemática entre las latitudes 32°S y 33°S. (Giambiagi <i>et al.</i> , 2003). Abajo: A: Cuenca de antearco Lo Prado, B: Arco Lo Prado, C: Cuenca de trasarco Neuquén. (Modificado de Charrier <i>et al.</i> , 2015).....	12
<b>Figura 6:</b> Marco tectónico que caracteriza el inicio de la subducción durante el Jurásico Inferior asociada a un régimen extensional controlado por el movimiento absoluto hacia el oeste de la placa cabalgante (Ramos <i>et al.</i> , 2010).....	13
<b>Figura 7:</b> Mapas de ubicación del área de estudio. A: Mapa del hemisferio y Chile continental. B: Mapa geológico actualizado con énfasis en Región Metropolitana. C: Zona de estudio con secciones estratigráficas (Charrier <i>et al.</i> , 1983; Charrier, 1981).....	15
<b>Figura 8:</b> Columna estratigráfica sección Río Barroso. Basado en Charrier (1981).....	21
<b>Figura 9:</b> Columna estratigráfica sección Altos de puente de Tierra. Basado en Charrier (1981).....	22
<b>Figura 10:</b> Columna estratigráfica sección Altos de Escalones. Basado en Charrier (1981).....	23

<b>Figura 11:</b> Columna estratigráfica sección Cruz de Piedra. Basado en Charrier (1981) y la estratigráfica detallada de la sucesión rítmica de lutita calcárea y caliza fangosa (Salazar, 2012).....	<b>25</b>
<b>Figura 12:</b> Columna estratigráfica sección Los Nacimientos. Basado en Charrier (1981).....	<b>26</b>
<b>Figura 13:</b> Columna estratigráfica sección Paso los Bayos. Basado en Charrier (1981).....	<b>27</b>
<b>Figura 14:</b> Relación entre W/H y D en <i>Cymatoceras perstriatum</i> (Steuer, 1897).....	<b>34</b>
<b>Figura 15:</b> <i>Cymatoceras perstriatum</i> (Steuer, 1897). Los especímenes provienen de la localidad tipo y sección Cajón del Morado en la sección Lo Valdés se registra en el miembro Placa Roja y el miembro Cantera. 8/XII/1972-5. 30 mm.....	<b>35</b>
<b>Figura 16:</b> <i>Cymatoceras perstriatum</i> (Steuer, 1897). Los especímenes provienen de la localidad tipo y sección Cajón del Morado en la sección Lo Valdés se registra en el miembro Placa Roja y el miembro Cantera. 3-7/1/1976-3. 40 mm.....	<b>36</b>
<b>Figura 17:</b> Relación entre W/H y D en <i>Corongoceras mendozanum</i> (Behrendsen 1891).....	<b>39</b>
<b>Figura 18:</b> <i>Corongoceras mendozanum</i> (Behrendsen 1891). En este estudio fueron recolectados en el Miembro Placa Roja en la Formación Lo Valdés en las secciones Paso Los Bayos, Cruz de Piedra y Puente de tierra. C-1037/4a; C-1037/4B. 15 mm.....	<b>40</b>
<b>Figura 19:</b> <i>Corongoceras cf. involutum</i> . (Biro, 1980). Los especímenes identificados fueron recolectados en el Miembro La Cuesta de la Formación Baños Morales en la columna Rio Barroso. C-595/3a. 6 mm.....	<b>44</b>
<b>Figura 20:</b> <i>Windhausenicerias internispinosum</i> (Krantz, 1928). El espécimen fue recolectado en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés, sección Paso Los Bayos. C-686/1A. 25 mm.....	<b>48</b>



<b>Figura 21:</b> <i>Berriasella jacobi</i> (Mazenot, 1939). Ejemplares identificados en el Miembro Placa Roja la Formación Lo Valdés, en las localidades de Cajón del Morado, Lo Valdés y Cruz de Piedra. C-666/2A. 35 mm.....	<b>52</b>
<b>Figura 22:</b> <i>Berriasella jacobi</i> (Mazenot, 1939). Ejemplares identificados en el Miembro Placa Roja la Formación Lo Valdés, en las localidades de Cajón del Morado, Lo Valdés y Cruz de Piedra. C-666/2A. 10 mm.....	<b>53</b>
<b>Figura 23:</b> <i>Substeueroceras koeneni</i> (Steuer, 1897). Los especímenes fueron recolectados en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en las secciones Paso los Bayos y Cruz de piedra. C-1036/2A, C-1036/2B, C-1028/1A, C-1028/1B, C-1028/3A. 25 mm.....	<b>57</b>
<b>Figura 24:</b> Relación entre W/H y D en <i>Substeueroceras striolatissimum</i> (Steuer 1897).....	<b>60</b>
<b>Figura 25:</b> <i>Substeueroceras striolatissimum</i> (Steuer 1897). El espécimen corresponde a un rodado ubicado en la parte superior de la sección Paso los bayos. Sin.Cod-01. 15 mm.....	<b>61</b>
<b>Figura 26:</b> <i>Neocosmoceras sayni</i> (Simionescu, 1899). Especímenes identificados en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en la localidad de Cajón del Morado. C-686-2A, C-1046/2A1, C-1046/2A2. 10 mm.....	<b>64</b>
<b>Figura 27:</b> Relación entre W/H y D en <i>Tirnovella kayseri</i> (Steuer 1897).....	<b>66</b>
<b>Figura 28:</b> <i>Tirnovella kayseri</i> (Steuer, 1897). El espécimen fue recolectado en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en la sección Paso Los Bayos. C-666/1A. 15 mm.....	<b>67</b>
<b>Figura 29:</b> Relación entre W/H y D en <i>Cuyaniceras transgrediens</i> (Steuer 1897).....	<b>70</b>
<b>Figura 30:</b> <i>Cuyaniceras transgrediens</i> (Steuer, 1897). Descrita en la Formación lo Valdés, parte superior del Miembro Placa Roja. C-1046/3A. 10 mm.....	<b>71</b>

<b>Figura 31:</b> Relación entre W/H y D en <i>Virgatosphinctes mexicanus</i> (Vischniakoff, 1882).....	<b>76</b>
<b>Figura 32:</b> <i>Virgatosphinctes mexicanus</i> (Vischniakoff, 1882). Los especímenes fueron recolectados en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en las secciones Paso Los Bayos y Cruz de piedra. C-303/1A, C-665a/1A, C-595/12A, C-305/1A. 25 mm.....	<b>77</b>
<b>Figura 33:</b> Relación entre W/H y D en <i>Aulacosphinctes proximus</i> (Steuer, 1897).....	<b>81</b>
<b>Figura 34:</b> <i>Aulacosphinctes proximus</i> (Steuer, 1897). Especímenes registrados en la Formación Lo Valdés. C-618/2A, C-675/1B, C-666/2C. 15 mm.....	<b>82</b>
<b>Figura 35:</b> <i>Pseudofavrella angulatiformis</i> (Behrendsen, 1892). Los ejemplares corresponden a rodados de la parte inferior del Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en la sección Altos de Escalones. C-478/4A, C-478/1A, C-478/1C. 15 mm.....	<b>85</b>
<b>Figura 36:</b> Tabla cronoestratigráfica de Formaciones: Colimapu, Baños del Flaco, Río Damas, Lo Valdés y Baños Morales. Basado en Klohn (1960), Gonzales (1963), Biró (1964), Charrier (1981, 1983), Salazar <i>et al.</i> , (2015).....	<b>87</b>
<b>Figura 37:</b> Correlaciones litológicas y cronológicas a partir de las secciones estudiadas en este estudio y sección tipo de Formación Lo Valdés.....	<b>89</b>
<b>Figura 38:</b> Bioestratigrafía de especies de cefalópodos sistematizados en este estudio. R.B: Sección Río Barroso, P.T: Sección Altos de Puente de Tierra, A.E: Sección Altos de Escalones, C.P: Sección Cruz de Piedra, P.B: Sección Paso los Bayos.....	<b>92</b>
<b>Figura 39:</b> Estandarización de cronoestratigrafía y biozonación de especies presentes en Tethyan occidental, Mediterraneo, Cuenca Neuquén y Chile central. Szives <i>et al.</i> 2023; Reboult <i>et al.</i> 2014; Aguirre-Urreta <i>et al.</i> 2019; Biró 1980; 1964; Hallam <i>et al.</i> 1986; Salazar <i>et al.</i> 2020 y datos de este estudio.....	<b>95</b>

## Capítulo 1: Introducción

### 1.1 Antecedentes generales

Los estudios de paleontología sistemática se realizan con la finalidad de caracterizar el registro fósil, analizándolo de la manera más detallada posible, midiendo y observando las características únicas de cada espécimen para asignar la especie y con esto, generar una datación relativa de su edad (*e.g* Jain, 2017; Wrigth, 1996). Para lograr análisis más detallados, se realizan los estudios bio-estratigráficos, los cuales además ubican a los especímenes en ciertos tipos de rocas, generalmente rocas sedimentarias, y al tener un registro significativo se pueden realizar bio-correlaciones dentro de la misma y/u otras unidades litoestratigráficas, de esta manera aumentar la calidad de la información relevante para el entendimiento que se presenta en el estudio (*e.g*. Jain, 2017; Salazar *et al.*, 2014).

En el presente trabajo, se realiza un estudio de paleontología sistemática en cefalópodos de las colecciones “Nacientes del Maipo” y “Nautilus de Lo Valdés”, con el fin de describirlos, determinarlos, discutir y asignar su ocurrencia tanto litológica como cronoe-stratigráficamente, para complementar estudios posteriores de la zona.

#### 1.1.1 Limite Jurásico-Cretácico en Chile y Argentina

Los límites entre épocas geológicas vienen dados en general por eventos definidos a nivel global, sin embargo, existen algunos casos donde los límites son más difusos o requieren de un mayor nivel de discusiones para poder llegar a un consenso (*e.g* Wimbledon *et al.*, 2019). En particular la transición del Jurásico Superior y Cretácico Inferior, el cual comienza luego del rompimiento de Pangea, y conlleva cambios a escala global del nivel del mar, provocando transgresiones y regresiones marinas de manera cíclica y a diferentes escalas, generando de esta forma una diversificación y separación de depocentros y provincias faunísticas (*e.g* Salazar, 2012; Granier, 2020).

A lo largo de la cordillera de Los Andes, principalmente en Chile y Argentina, se presentan registros detallados de fauna de ammonites del Jurásico Superior y del Cretácico Inferior (*e.g.* Leanza H. 1980, 1981a). De todos los registros presentes, los de particular interés son aquellos ubicados en la cuenca Neuquina (*e.g.* Weaver 1931; Leanza A., 1945; Leanza H., 1980; Aguirre-Urreta M.B. *et al.*, 2008).

El límite Jurásico - Cretácico en Chile central y el oeste de Argentina ha recibido bastante atención desde fines del siglo XIX (Salazar, 2012), destacando como primeros trabajos los realizados por Steuer (1897), Krantz (1926) y Weaver (1931), quienes se basaron principalmente en el estudio de ammonoideos.

Steuer (1897) describe la fauna para la provincia de Mendoza en Argentina Central asignándola al Titoniano (Salazar y Stinnesbeck, 2015). Krantz (1926) realiza estudios donde se identifican ammonites del Titoniano – Berriasiano. Weaver (1931) por otro lado, dispone nuevos antecedentes sobre nautiloideos del Titoniano – Hauteriviano y describe una subsidencia topográfica en el margen occidental de Sudamérica, tal como ocurre en la Cuenca de Neuquén, y también da a conocer la similitud existente entre la fauna marina invertebrada de la Cuenca de Neuquén con la fauna presente en el centro y sur de Europa, estableciendo de esta forma, una zonación bioestratigráfica utilizando ammonoideos, bivalvos, equinoideos y corales, abarcando desde el Bajociano – Aptiano (Lazo, 2009).

La primera biozonación moderna fue propuesta por Leanza A. (1945) basado en ammonites del sur de la provincia de Mendoza, mediante la descripción e interpretación de ammonites presentes en sedimentos del Jurásico Superior – Cretácico Inferior (Salazar, 2012).

Continuando con los estudios de esta zona, Leanza H. (1980) describe la fauna de ammonoideos pertenecientes a la Formación Vaca Muerta y establece 4 asociaciones de ammonites, anteriormente establecidas y descritas por otros autores, asignadas entre el Titoniano inferior al Titoniano medio. Con ello, genera una correlación entre la fauna descrita en la zona y fauna presente en México, Madagascar e India, demostrando que las formaciones de esta región en particular son de naturaleza diacrónica (es decir, que la edad de depósitos similares varía según donde están depositados) independiente del límite establecido en este

periodo de tiempo (J/K), por lo que se propone que dicha diacronía hubiese ocurrido también en esta zona de Chile, y se debiera continuar los estudios de manera detallada (Salazar, 2012).

En trabajos más recientes (Vennari *et al.*, 2014; Aguirre-Urreta *et al.*, 2019), presentan nuevos estudios en las formaciones Vaca Muerta y Tordillo y, aprovechando los niveles de tobas intercalados con ammonoideos asignados al Berriasiano temprano, realizan análisis de zircones mediante U/Pb. Esta datación arroja como resultado que las tobas Berriasianas tienen una edad de  $137.9 \pm 0.9$  Ma., sugiriendo que la base del Berriasiano es 5 Ma. menor de los 145 Ma. que se tienen aceptado, lo cual se complementaría además con las tasas de sedimentación y las biozonas descritas en las cuencas Andinas (Vennari, 2014) y los nuevos estudios de calpionélidos hialinos asociados con marcadores globales de nano fósiles relevantes para la calibración del límite (Aguirre-Urreta *et al.*, 2019). Este estudio abre un nuevo debate al contradecir las edades propuestas por otros autores que establecerían el piso del Berriasiano en 145 Ma. mediante la relación de zonas de ammonoideos con la escala temporal de polaridad magnética (*e.g.* Grandstein *et al.*, 2004, Salazar *et al.*, 2020), y lo planteado por Bralower *et al.*, (1990) en los trabajos realizados en California, por medio de análisis de U/Pb en zircones provenientes de rocas volcánicas, donde se determinó una edad de  $137.1 \pm 0.6$  Ma. para el Berriasiano tardío, lo cual establecería fuertes similitudes con la nueva propuesta de edad.

### 1.1.2 Estudios previos en Chile central

Tavera (1951) realizó los primeros informes paleontológicos del área de estudio, estableciendo en su primer reporte al menos 24 taxones, correspondientes a 5 especies de ammonites y 8 de bivalvos. Posteriormente, Tavera (1952) identifica 7 taxones, correspondientes a 3 especies de bivalvos y 1 especie de ammonites. El autor determina y asigna a la fauna de bivalvos correspondiente al Cretácico y, a la fauna de ammonites la asigna entre el Titoniano superior hasta comienzos del Valanginiano (González, 2018).

Posteriormente González (1963) define la Formación Lo Valdés en el sector del Valle del río Volcán, asignándole una edad relativa determinado por Tavera, desde el Titoniano superior al Barremiano.

Dentro de la misma línea de estudio, Biró (1964), recolecta 2.500 especímenes, de los cuales identifica 5 especies de anélidos, 59 de bivalvos, 13 de gastrópodos y 62 de cefalópodos. A partir de la identificación de las especies, logra establecer 8 biozonas, y asigna a la Formación Lo Valdés entre el Titoniano inferior al Hauteriviano.

Salazar (2012), realizó un estudio detallado de ammonites para las formaciones Baños del Flaco y Lo Valdés, donde diferencia 39 especies referidas a 22 géneros. Como resultado de este estudio, se propusieron 6 biozonas y le fue asignada a la Formación Lo Valdés una edad que abarca desde el Titoniano superior al Hauteriviano superior.

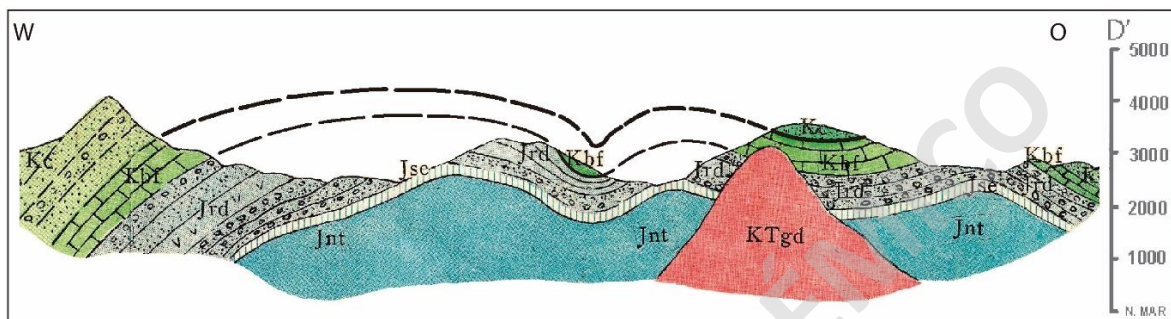
Continuando en la misma línea de estudio, Salazar & Stinnesbeck (2015) redefinen la Formación Lo Valdés, previamente dividida en 3 miembros informales por Biró (1964), y designan el miembro basal de lo que se consideraba como la Formación Lo Valdés (Miembro “Spilitas”) como la Formación Baños Morales y, los dos miembros superiores los consideran como la Formación Lo Valdés.

El último estudio que se tiene de la zona es publicado por Salazar *et al.*, (2020), en el cual demuestra un enriquecimiento de ammonites durante la transición del Titoniano medio a superior y en el Berriasiano inferior, mientras que hacia el Valanginiano inferior ocurre una disminución de éstos, así mismo, los valores de similitud son más altos durante el Titoniano superior y la similitud disminuye en el Berriasiano inferior. A partir de esto, los autores indican que existe un recambio faunístico entre el Berriasiano temprano y tardío, seguido de un recambio secundario entre el Berriasiano tardío y el Valanginiano temprano.

### **1.1.3 Estudios en Nacientes del Maipo**

El perfil geológico de los Andes de Chile central propuesto por Klohn (1960) (Fig.1), presenta una sección de gran interés que abarca desde el paso fronterizo del Río Maipo hasta el cerro Peuco, incluyendo dentro de esta misma, una sección de río Barroso, río Blanco, río Cruz de Piedra y el nacimiento del río Maipo. Dentro de esta sección, se considera que la sucesión sedimentaria marina presente en el área de estudio pertenece a la Formación Baños del Flaco (reasignada a Formación Lo Valdés *sensus* Salazar *et al.*, 2015).

Continuando los estudios de la Formación Lo Valdés, González (1963) se centra en su localidad tipo y en el sector de Nacientes del Maipo, para poder realizar un estudio a mayor detalle de la Formación Colimapu, ubicada en la Quebrada La Mona. Esta sección es representativa puesto que abarca desde Río Barroso en su extremo este hasta Quebrada Honda en su extremo oeste y, se identifica la sucesión sedimentaria marina como parte de la Formación Lo Valdés.



**Figura 1:** Sección Paso fronterizo Río Maipo – Cerro Peuco. (Kc) Formación Colimapu; (Kbf) Formación Baños del Flaco; (Jrd) Formación Río Damas; (Jnt) Nacientes del Teno; (Jsc) miembro Santa Elena de la Formación Nacientes del Teno; (KTgd) intrusivo granodiorítico. (Klohn 1960).

Posteriormente, Charrier (1981) realiza estudios estratigráficos donde levanta las seis secciones que se estudian en este trabajo y, presenta un mapa geológico simplificado (1983) que abarca el área de estudio. Debido a esto, Charrier (1983) determina que la Formación Lo Valdés podría correlacionarse litológicamente con la Formación Baños del Flaco.

Finalmente, los últimos estudios en el sector de Nacientes del Maipo fueron realizados por Salazar (2012) y Salazar & Stinnesbeck (2015), los cuales desarrollan estudios en la sección este de la quebrada del río Cruz de Piedra, donde identifica la presencia de los Miembros Escalador y Placa Roja de la Formación Lo Valdés.

## 1.2 Problemática del estudio

El límite Jurásico/Cretácico es el último límite entre los periodos por definir (Granier, 2020), dado que existen diferentes puntos de vista entre la comunidad geológica, debido a que carece de un Punto y Sección de Estratotipo (GSSP) de los pisos propuestos para dicho límite (*e.g.* Salazar *et al.*, 2020; Granier, 2020), en parte porque son pocas las localidades que representan una sedimentación continua y extendida entre estos dos periodos (Granier, 2020).

Se tienen 2 visiones predominantes sobre el límite: el punto de vista de Killan (Titoniano-Berriasiano) y el punto de vista “Reformista” de Oppel (Berriasiano-Valanginiano) (Granier, 2020). Este debate lleva en discusión más de un siglo, y se debe principalmente a causas como la ausencia de un cambio notorio en la fauna de la región, un provincialismo extremo en la fauna y endemismo, problemas desencadenados producto de una baja considerable del nivel eustático del mar durante la transición de estos dos periodos (J/K), separando los depocentros y provincias faunísticas (*e.g.* Salazar 2012, Granier 2020).

Históricamente se tiene como límite entre dichas épocas el Titoniano y Berriasiano, teniendo como evidencia el cierre del mar de Tethys limitando estas 2 épocas, además de la tasa de propagación constante de anomalías magnéticas y la extrapolación de datos isotópicos de Rb/Sr o K/Ar. Por otro lado, nuevos estudios sugieren una variación de este límite, encontrándose desplazado por al menos 5 Ma., esto debido a nuevas evidencias de dataciones U/Pb en zircones de tobas de ceniza de la Formación Vaca Muerta en Mendoza, lo cual indicaría que el lecho fosilífero datado abarca al Berriasiano tardío y debería cambiarse en gran parte la zonación de los ammonites (Fig. 2), o bien, que la base del Berriasiano se encuentra cerca de los 140 Ma. (Vennari *et al.*, 2014; Aguirre-Urreta *et al.*, 2019).

En un nivel más local, los últimos estudios que se tienen de la zona de Chile central aportan información paleontológica (Tavera, 1951), caracterización y definición de la Formación Lo Valdés (Gonzalez, 1963) que limitan y establecen biozonas faunísticas (*e.g.* Biró, 1964; Salazar, 2012), contribuyendo en el debate de la comunidad científica. Por otro lado, en el sector de Nacientes del Río Maipo, autores han complementado la caracterización de la Formación Lo Valdés, destacando entre ellos los estudios realizados por Klohn (1960) que generó un perfil geológico detallado de la zona de este estudio, y Charrier (1981), realizando el levantamiento de secciones estratigráficas a un nivel detallado. Si bien, los estudios anteriores son de gran importancia a nivel local, se necesita una actualización en base a nuevos antecedentes que ayuden a vislumbrar y aporten a la problemática global en discusión y, por otro lado, realizar nuevos registros de autores que ya conozcan la zona anteriormente y complementen a los datos publicados. Es por este último punto que la colección Nacientes de Maipo y Nautilus Lo Valdés, en Chile central representa un aporte fundamental para complementar los estudios.



ESTÁNDAR DE CRONOESTRATIGRAFÍA Y BIOZONACIÓN DE CHILE CENTRAL											
Ma.	Periodo	Época	Etapa	Mediterranean	Cuenca Neuquén	Chile central					
				Reboul et al. 2014/ Wimbledon 2017	Aguirre-Urreta, et al., 2019	Biro 1980 & 1964	Hallam et al., 1986	Salazar et al., 2020			
133	Cretácico Temprano	Valanginiano		<i>Criosarasinella furcillata</i>							
134				<i>Neocomites peregrinus</i>							
135				<i>Saynoceras verrucosum</i>		<i>Favrella cf. angulatiformis</i>	<i>Favrella cf. angulatiformis</i>				
136				<i>Karaskchiceras inostranzewi</i>				<i>Thurmanniceras thurmanni / Argentiniceras fasciculatum</i>			
137				<i>Neocomites necomiensiformis</i>							
138				<i>Thurmanniceras pertransiens</i>							
139			Berrisiano		<i>Subthurmannia boissieri</i>			<i>Cuyaniceras transgredis</i>	<i>Substeueroceras koeneni</i>	<i>Groebericeras roccardi</i>	
140							<i>Cuyaniceras transgredis</i>	<i>Argentiniceras bituberculatum / Thurmannites discoidalis</i>			
141					<i>Subthurmannia occitanica</i>		<i>Argentiniceras noduliferum</i>			<i>Substeueroceras koeneni</i>	<i>Berriasella jacobi</i>
142							<i>Argentiniceras bituberculatum / Thurmannites discoidalis</i>	<i>Substeueroceras koeneni</i>			
143		<i>Berriasella jacobi</i>			<i>Substeueroceras koeneni</i>						
144	Jurásico Tardío	Titoniano			<i>"Durangites"</i>	<i>Corongoceras alternans</i>	<i>Substeueroceras koeneni</i>	<i>Corongoceras alternans</i>	<i>Microcantoceras microcanthum / Corongoceras alternans</i>		
145					<i>Microcanthum</i>	<i>Windhauseniceras internispinosum</i>	<i>Winshauseniceras internispinosum</i>	<i>Winshauseniceras internispinosum</i>	<i>Winshauseniceras internispinosum</i>		
146					<i>Ponti</i>	<i>Aulacosphinctes proximus</i>				<i>Virgatosphinctes mexicanus / Pseudolissoceras zitteli</i>	
147					<i>Fallauxi</i>	<i>Pseudolissoceras zitteli</i>					
148					<i>Semiforme</i>	<i>Virgatosphinctes andesensis</i>					
149				<i>Darwini</i>							
149			<i>Hybonotum</i>								

**Figura 2:** Tabla cronoestratigráfica evidenciando el límite entre Jurásico Tardío y Cretácico Temprano (Reboul et al., 2014; Aguirre-Urreta et al., 2019; Salazar et al., 2020).

### 1.3 Hipótesis del estudio

Los cefalópodos presentes en las Nacientes del río Maipo, en la cordillera de Los Andes de la zona central de Chile, representan la transición entre el Jurásico Superior y Cretácico Inferior, marcado por un bioevento entre el Titoniano y Berriasiano.

### 1.4 Objetivos

#### 1.4.1 Objetivo General

Para desarrollar la hipótesis propuesta de este trabajo, el objetivo principal corresponde a la realización de un estudio de paleontología sistemática de cefalópodos de las colecciones Nacientes del Maipo y Nautilus Lo Valdés, pertenecientes a las formaciones Baños Morales y Lo Valdés, de su contexto estratigráfico.

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

Dado el contexto anterior, y sumando al desarrollo del estudio, se proponen los siguientes objetivos específicos:

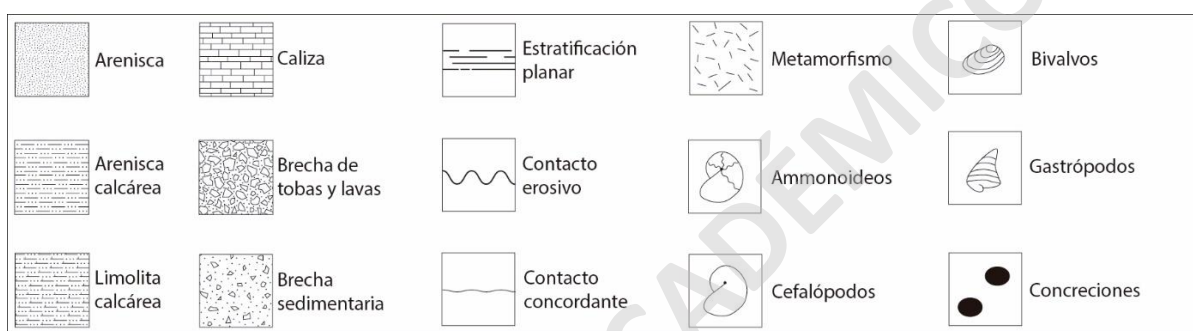
- A. Realizar y analizar la bioestratigrafía del área de estudio: Por medio de la paleontología sistemática realizada en el presente estudio y la posterior correlación con la estratigrafía de las distintas secciones, se pretende determinar biozonas que permitan datar relativamente las distintas unidades.
- B. Recopilar estudios estratigráficos realizados previamente en el sector de Nacientes del Maipo e identificar las unidades estratigráficas formales contenidas.
- C. Realizar paleontología sistemática de *Cymatoceras perstriatum* de la colección Nautilus de Lo Valdés.

### 1.5 Metodología y análisis

Para poder desarrollar el estudio propuesto, se abarcarán 2 análisis principales, los cuales tienen como finalidad aportar a los datos actuales y desarrollar nuevas aristas que sean una ayuda dentro del debate de la problemática.

### 1.5.1 Estratigrafía

La estratigrafía de este trabajo (Fig. 3) se basa en los datos obtenidos por Charrier (1981), donde se realizó el levantamiento y toma de datos para seis secciones estratigráficas del sector de Nacientes del Maipo: (3A) Río Barroso; (3B) Altos de Puente de Tierra; (3C) Altos de Escalones; (3D) Cruz de Piedra; (3E) Los Nacimientos; (3F) Paso los Bayos. Junto a los datos publicados en Klein (2022), se usan datos de terreno entregados por Charrier (1981) y la redefinición de la Formación Lo Valdés (Salazar & Stinnesbeck, 2015) para identificar los miembros presentes.



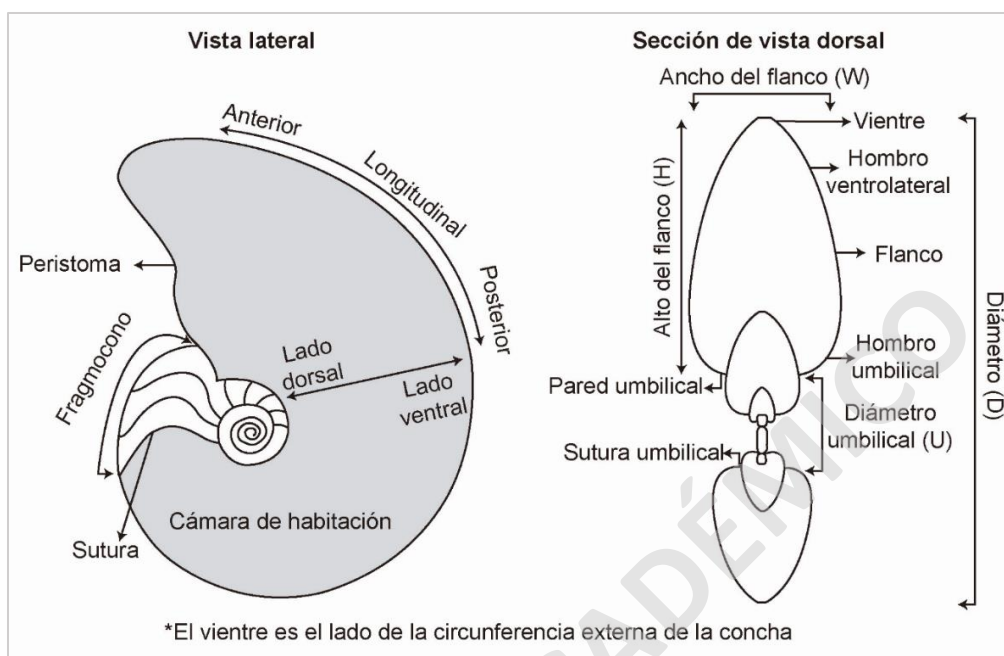
**Figura 3:** Leyenda litológica de las columnas de este trabajo.

### 1.5.2 Paleontología sistemática

La colección de fósiles estudiados en este trabajo proviene del doctorado del Dr. Reynaldo Charrier, donde se recolectaron 241 especímenes obtenidos de 6 secciones en el sector de “Nacientes del Maipo”. Para la nomenclatura sistemática se usa como guía los trabajos “*Treatise of Invertebrate Paleontology*” (Wright *et al.*, 1996; Arkell *et al.*, 1957) (a nivel de subespecies) y *Fossil catalogues I: Animalia, Lower Cretaceous Ammonite I* (Klein, 2005). Y para la descripción morfológica se traduce la nomenclatura del texto “*Fundamentals of Invertebrate Palaeontology*” (Jain, 2017). Por otro lado, para estudiar la colección “*Nautilus de Lo Valdés*” se usa como guía el trabajo de Salazar (2014).

Para realizar el análisis de paleontología sistemática primero se creó un código para individualizar las muestras. Se comienza con el registro de las dimensiones del diámetro (D), ancho de flanco (W), alto de flanco (H) y tamaño de umbílico (U), para luego calcular las proporciones: U/D y W/H (Fig. 4). De igual forma, se genera un registro fotográfico de cada

especie identificada, seleccionando los ejemplares representativos, tomando las fotografías y editándolas en el programa Adobe Photoshop CS6.



**Figura 4:** Caracterización morfológica y dimensiones de los cefalópodos, en vista lateral y en sección de vista dorsal. Jain (2017).

### 1.6 Ubicación y vías de acceso

La zona de estudio se ubica en la cordillera de la zona central de Chile entre las coordenadas 19H 397500, 424700 m E y 6228000, 6210400 m N., en la comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana. Desde Santiago, se ubica 94 km al sureste y 65 km al este de Rancagua.

Dentro del área de estudio principal, la primera localidad de donde proviene el registro fósil es denominada “Nacientes del Maipo”, emplazada en la alta cordillera del extremo sur este de la Región Metropolitana. Para acceder, se debe tomar la ruta G-25 (camino El Volcán) hacia el sureste hasta llegar al kilómetro 61 en el cruce Queltehues y tomar la ruta G-465 en dirección sur, hasta llegar al fundo El Ingenio, siguiendo el camino del Gasoducto. Desde este último punto, se avanza otros 6 kilómetros para acceder al Fundo Cruz de Piedra y, desde aquí, avanzar 45 km hasta llegar a la Avanzada Cruz de Piedra de Carabineros de Chile.

El segundo punto de importancia se ubica en “Alto río Volcán”, el cual se encuentra emplazado también en la alta cordillera de Chile central, cercano a la localidad “Nacientes del Maipo” mencionada con anterioridad.

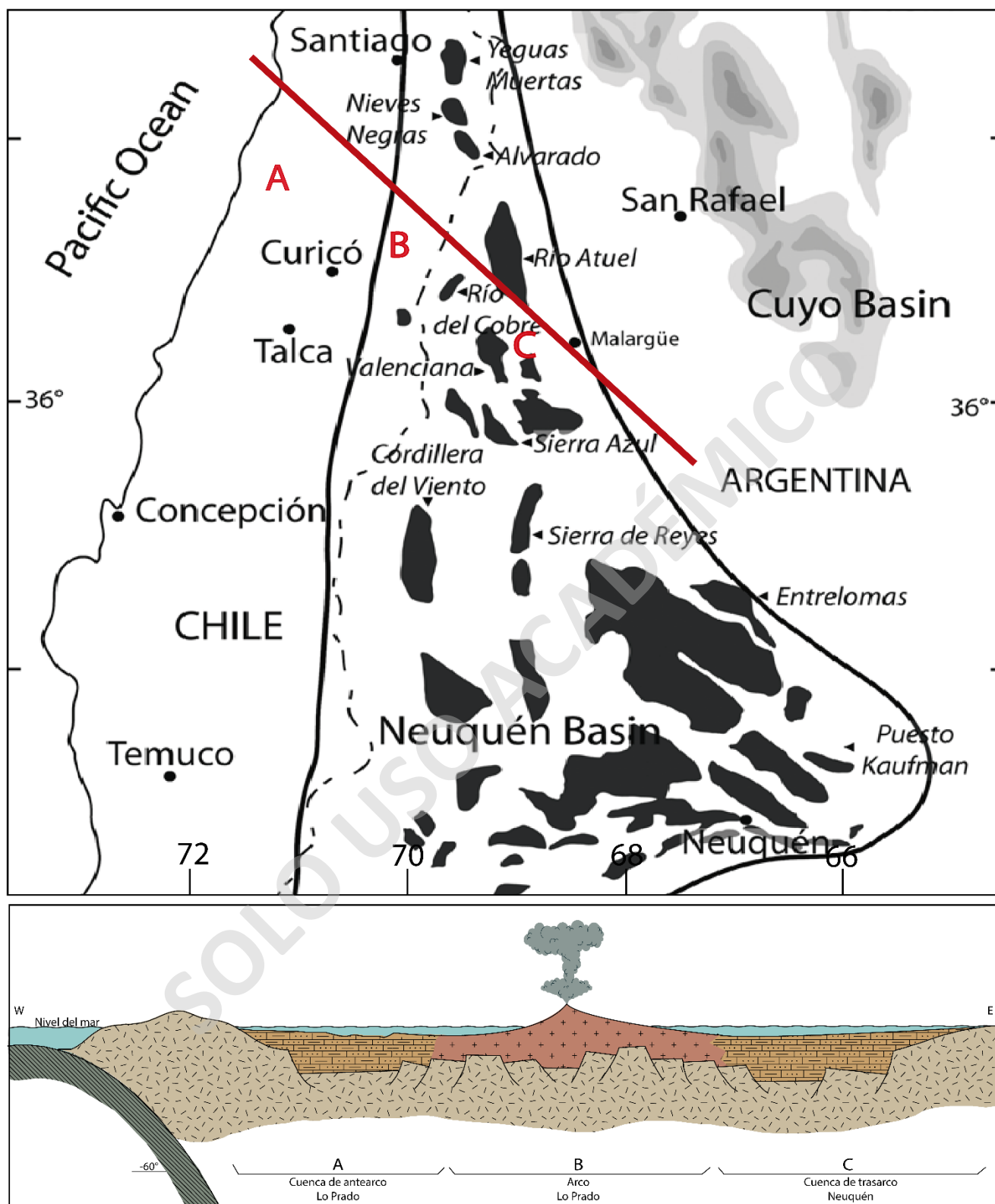
## **Capítulo 2: Marco Geológico.**

### **2.1 Marco Geotectónico**

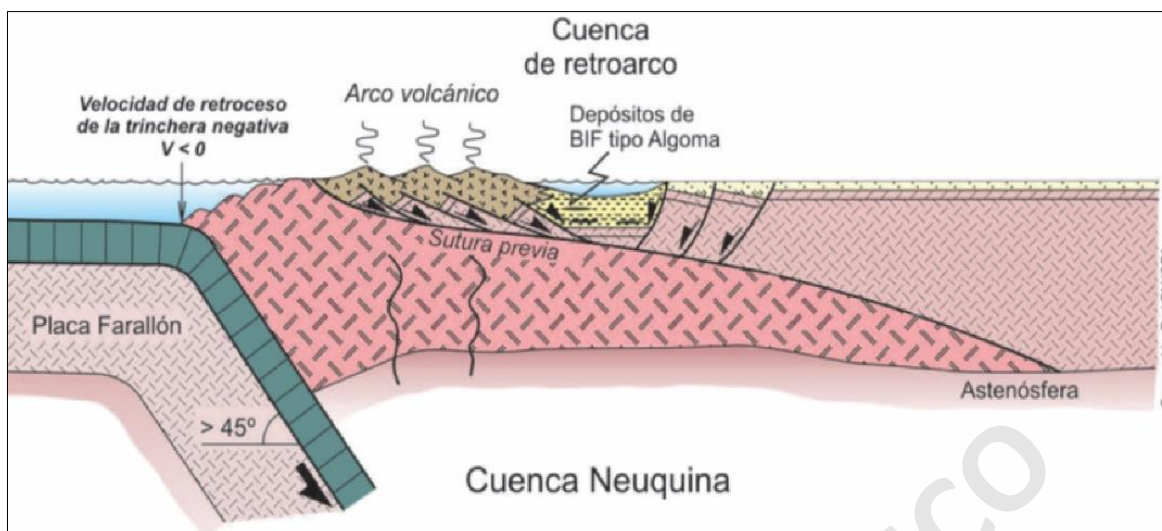
En base a lo publicado a la fecha, la geología de Chile central se caracteriza por desarrollar una subducción continua que abarca desde fines del Paleozoico hasta el presente (Del Rey, 2019). Como consecuencia de todo este proceso, la geología de esta región es representada por un arco volcánico dinámico principal, además de cuencas de intra-arco y tras arco (*e.g.* Mpodozis & Ramos 1989; Salazar, 2012; Ramos, 2010) (Fig. 5, Fig. 6). En las latitudes del área de estudio estos dominios paleogeográficos corresponderían a la cuenca de ante arco Lo Prado, El arco Lo Prado – Pelambres y la cuenca de tras arco Neuquén, donde esta última se extiende entre las latitudes 32° y 40°S actualmente, y además presenta un registro de sedimentación prácticamente continuo desde mediados del Triásico y el Cretácico (Aguirre-Urreta *et al.*, 2007) lo cual aumenta el interés de este estudio.

Luego del rompimiento de Pangea, desde fines del Jurásico a principios del Cretácico comienza la depositación de sedimentos marinos a marinos someros, de una composición principalmente calcárea (Salazar, 2012), pertenecientes a las formaciones Lo Valdés y Baños del Flaco. Esta sucesión de sedimentos ocurre producto de transgresiones y regresiones marinas en la zona occidental de la Cuenca Andina ubicada al este de Chile central.

Además, la nueva redefinición de la Formación Lo Valdés, y Baños Morales, demuestran que existen al menos 2 eventos principales que ocurren en la Cuenca Andina durante la transición del Jurásico Superior al Cretácico Inferior, ya que la Formación Baños Morales presenta una predominancia de litologías andesíticas que indicarían eventos volcánicos y, posteriormente un cese de actividad, lo cual se evidencia con las finas capas de niveles sedimentarios. Continuando con la sedimentación de la cuenca, ocurre un cambio litológico desde una predominancia volcánica hacia una exclusivamente sedimentaria, interpretada actualmente como la Formación Lo Valdés, lo cual marcaría un segundo evento ocurrido dentro de este lapsus de tiempo en la Cuenca Andina (Salazar & Stinnesbeck, 2015).



**Figura 5:** Arriba: Paleogeografía de Chile central durante el Jurásico tardío al Cretácico temprano, presentando una sección esquemática entre las latitudes 32°S y 33°S. (Giambiagi *et al.*, 2003). Abajo: A: Cuenca de antearco Lo Prado, B: Arco Lo Prado, C: Cuenca de trasarco Neuquén. (adaptado de Charrier *et al.*, 2015).



**Figura 6:** Marco tectónico que caracteriza el inicio de la subducción durante el Jurásico Inferior asociada a un régimen extensional controlado por el movimiento absoluto hacia el oeste de la placa cabalgante (Ramos *et al.*, 2010).

## 2.2 Marco Geológico

Las principales rocas donde se encuentran los especímenes estudiados en esta memoria de título son representadas por rocas sedimentarias, puesto que su proceso de diagénesis y sedimentación puede preservar de mejor manera este tipo de registro. Para la finalidad de este análisis, principalmente se destacan las rocas pertenecientes a las formaciones Baños Morales y Lo Valdés.

La geología del sector “Nacientes del Maipo” ha sido representada en la Hoja El Teniente (Charrier, 1981; Charrier *et al.*, 1983) (Fig. 7).

### Formación Río Colina (Oxfordiano superior)

Originalmente descrita por González (1963), es definida como una sucesión sedimentaria marina de rocas fosilíferas, principalmente de areniscas calcáreas intercaladas con limolitas, lutitas fisibles y calizas, con niveles subordinados de lavas andesíticas y lentes de evaporitas (yeso), que corresponden a la unidad estratigráfica fosilífera más antigua (Thiele, 1980).

La base de esta formación es desconocida, debido a que los lentes de yeso forman verdaderos domos diapíricos en el núcleo de un anticlinal, pero se interpreta un contacto

concordante con la Formación Nieves Negras (Álvarez *et al.*, 1997). El límite superior corresponde al contacto concordante con las areniscas y conglomerados de la serie regresiva de la unidad suprayacente, Formación Río Damas.

La fauna encontrada en las intercalaciones de lutitas calcáreas negras de la Formación Río Colina la ubicaría en la parte inferior del Oxfordiano superior.

Se correlaciona con la Formación Lotena, La Manga, Tábanos y Auquilco ubicadas en Argentina (Thiele, 1980; Alvarez *et al.*, 1997).

### **Formación Río Damas** (Kimmeridgiano)

Klohn (1960) definió la Formación Río Damas, compuesta de sedimentos clásticos y volcánicos terrestres subaéreos y lagunares. Consiste en una sucesión de conglomerados gruesos y brechas rojizas a verdosas con potentes intercalaciones de areniscas y limolitas que se repiten en gradación rítmica. Hacia su base predominan las brechas con abundantes clastos de queratófidos, mientras en su parte media son frecuentes las areniscas y limolitas rojizas, con grietas de secamientos, impresiones de gotas de lluvia y estratificación cruzada.

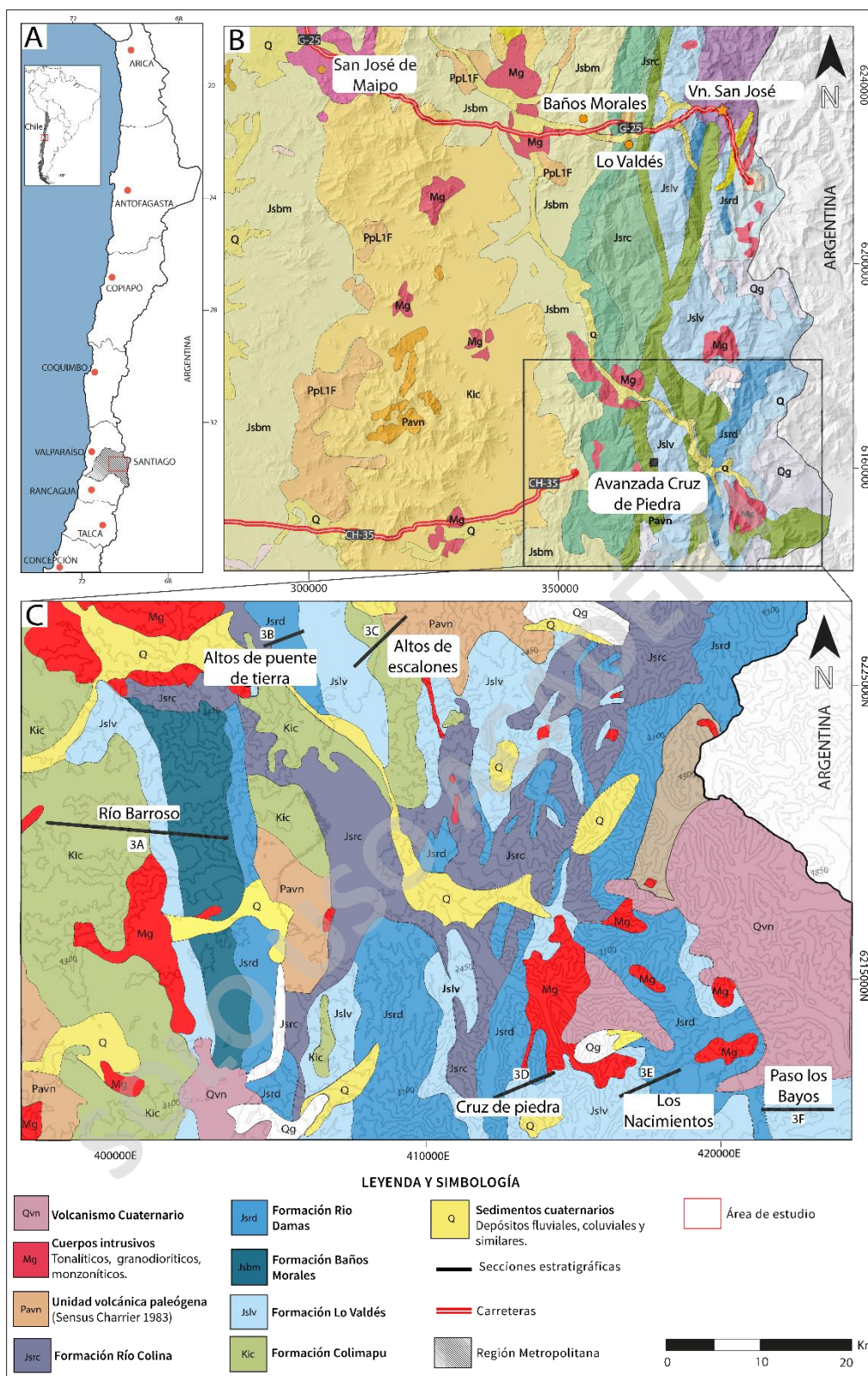
Presenta una edad Kimmeridgiano por encontrarse sobre el yeso principal que tiene una edad Oxfordiana, y por subyacer a la Formación Baños Morales que data edad Titoniano inferior a medio (Klohn, 1960). Este conjunto tiene su mejor desarrollo en el Cerro Catedral y sobreyace concordantemente a la Formación Río Colina.

Esta formación se correlaciona con la Formación Lagunillas y con la Formación Tordillo, ubicada en Argentina (Aguirre, 1960; Thiele, 1980; Sruoga *et al.*, 2000; Giambiagi *et al.*, 2003).

### **Formación Baños Morales** (Titoniano inferior a medio)

Unidad definida por Salazar & Stinnesbeck (2015), a partir del miembro “Spilitas” de la Formación Lo Valdés que fue definido por Biró (1964). Su localidad tipo está ubicada al sur de Baños Morales, entre las coordenadas 70°02'57''W y 33°49'41''S. Esta formación se caracteriza por ser de composición predominantemente volcánica con breves intercalaciones sedimentarias, alcanzando una potencia de 760 metros en su localidad tipo.





**Figura 7:** Mapas de ubicación del área de estudio. A: Mapa del hemisferio y Chile continental. B: Mapa geológico actualizado con énfasis en Región Metropolitana. C: Zona de estudio con secciones estratigráficas (Charrier *et al.*, 1983; Charrier, 1981).

En su base se encuentra sobreyaciendo a la Formación Río Damas, mientras que, hacia el techo, subyace a la Formación Lo Valdés, ambos con un contacto concordante.

Dentro de esta formación se distinguen dos miembros: La Cuesta y Placa Verde.

- 1) Miembro La Cuesta: parte basal de la unidad. Posee 117 metros de potencia compuestos de una sucesión de rocas volcánicas principalmente lavas andesíticas intercaladas con capas decimétricas de caliza fangolítica. Dentro de los niveles subordinados de rocas sedimentarias se han podido hallar fragmentos fósiles correspondientes a bivalvos, ammonites, inocerámidos y foraminíferos (abundantes en los niveles cercanos al techo).
- 2) Miembro Placa Verde: sección superior, compuesto por 643 metros de andesitas porfídicas con una capa sedimentaria de 16 metros que presenta conglomerados, areniscas calcáreas, calizas arenosas y fangolíticas. A esta capa le sobreyace otra capa de andesita de 107 metros de espesor. La parte sedimentaria de este miembro está compuesta por conglomerados finos, arenisca calcárea, caliza fangolítica y caliza arenosa. Biró (1964) describió fósiles correspondientes a ammonites, inocerámidos, trigonias, ostras y otros bivalvos.

En cuanto a la edad de esta formación, se ha establecido como Titoniano inferior – Titoniano medio, en base a los ammonites descritos por Biró (1964) y Salazar & Stinnesbeck (2015).

Se puede correlacionar con la Formación Baños del Flaco hacia el sur de la zona de estudio que presenta una edad Titoniano Superior-Hauteriviano (Klohn, 1960).

### **Formación Lo Valdés (Titoniano medio a Hauteriviano medio)**

Unidad definida formalmente por González (1963), asignándole una potencia de 1.800 metros en su localidad tipo, ubicada en el Cerro Catedral, ribera sur del Río Volcán. González describe una sucesión de rocas volcánicas que le sobreyacen rocas de origen marino con una alta presencia de fósiles de invertebrados.

Biró (1964) vuelve a medir esta formación proponiendo una nueva potencia de 1.456 metros para la localidad tipo de Lo Valdés y debido a la fauna fósil de ammonites la asigna al Titoniano – Hauteriviano o Barremiano. Biró además divide esta formación en 3 miembros: Spilitas, Arenáceo y Calcáreo. Posteriormente, Salazar & Stinnesbeck (2015) redefinen la formación, definiendo al antiguo Miembro Spilitas como la Formación Baños Morales y, dejando a los otros dos miembros como la Formación Lo Valdés, definiendo su nuevo espesor en 539 metros en la localidad tipo, y asignando a la Formación Lo Valdés una componente netamente sedimentaria. Además, en este estudio proponen dividir la formación en 3 miembros formales: Escalador, Placa Roja y Cantera, los cuales describen como:

- 1) Miembro Escalador: posee una potencia aproximada de 73 metros y se compone de areniscas calcáreas de grano fino con una alta presencia de fauna de ammonites, inocerámidos, ostras, trigonias, bivalvos, escasos gastrópodos y corales. Cabe destacar que los últimos 10 metros de este miembro no presentan materia fosilífera.
- 2) Miembro Placa Roja: se estima una potencia de 193 metros y se compone de lutitas, lutitas calcáreas, y caliza fangosa. En los primeros 99 metros se presenta una intercalación rítmica de lutita y lutita calcárea, la cual contiene ammonoideos, ostras, inocerámidos, bivalvos, escasos gastrópodos, radiolarios, foraminíferos bentónicos junto con calciesferas y altas concentraciones de materia orgánica.
- 3) Miembro Cantera: presenta una potencia de 252 metros y posee rocas de tipo caliza fangosa y arenosa, sus primeros 103 metros están conformados por wakestone arenoso. Al igual que los miembros anteriores, se destaca presencia fosilífera como ammonoideos, ostras, inocerámidos, bivalvos y equinodermos.

En cuanto a las relaciones de contacto de esta formación, limitaría en su base con la Formación Rio damas y la Formación Colimapu en su techo, ambos en contacto concordante (González, 1963), mientras que Salazar & Stinnesbeck (2015) proponen un contacto inferior con la Formación Baños Morales, y hacia el techo contacto con unidad volcanoclástica indefinida, ambos en un contacto concordante.

En base al análisis de ammonites desarrollado por Salazar (2012), se asigna a la Formación Lo Valdés, un rango de edad del Titoniano tardío – Hauteriviano tardío y

posteriormente se plantea una edad de Titoniano medio a tardío (Biró, 1964; Salazar & Stinnesbeck, 2015).

La Formación Lo Valdés se puede correlacionar con la Formación Baños del Flaco, asignada entre el Titoniano - Hauteriviano (Klohn, 1960), y además correlacionable con la Formación San José, asignada al Valanginiano (Aguirre, 1960).

### **Formación Colimapu (Hauteriviano a Albiano)**

Definida originalmente por Klohn (1960) como una sucesión continental de areniscas y lutitas rojizas, conglomerados de matriz arenosa e intercalaciones de tobas y lavas andesíticas y calizas lateralmente discontinuas, de espesor estimado de 2.000 metros. Sobreyace a la Formación Lo Valdés en contacto erosivo, y subyace en paraconcordancia a la Formación Abanico (Mardones *et al.*, 2021).

La edad mínima por carófitas fósiles sería Albiano, y su edad máxima Hauteriviano, por encontrarse en concordancia sobre la Formación Lo Valdés (González, 1963).

La Formación Colimapu se correlaciona con la Formación Huitrin y Rayoso, ubicadas ambas en Argentina. También podría asociarse al miembro inferior de la Formación Diamante (Giambiagi, 2000).

## **Capítulo 3: Estratigrafía**

### **3.1 Estratigrafía en detalle**

Con la finalidad de reconocer las características litológicas presentes en la zona de estudio, se utiliza la estratigrafía de detalle recopilada en el estudio de doctorado realizado por Charrier (1981), generándose así el levantamiento de 6 secciones en el sector de Nacientes del Maipo correspondientes a: (3A) Río Barroso; (3B) Altos de Puente de Tierra; (3C) Altos de Escalones; (3D) Cruz de Piedra; (3E) Los Nacimientos; (3F) Paso los Bayos (Fig. 3, Fig. 7).

### 3.1.1 Sección Río Barroso (3A)

La sección Río Barroso representa la parte superior de la Formación Baños Morales (Miembro La Cuesta) y la parte inferior de la Formación Lo Valdés (Miembros Escalador y Placa Roja), ubicada en un costado de la ladera este del Valle del río Barroso, incluyendo una porción del río Blanco. Esta sección comprende una potencia de 2.350 metros de espesor (Fig. 8).

La Formación Baños Morales comprende un espesor estimado de 1.450 metros en contacto inferior concordante con la Formación Río Damas. Es posible identificar en la base al Miembro La Cuesta, el cual desde su zona basal presenta 80 metros de intercalaciones finas de brechas sedimentarias rojas (espesores de 5 hasta 9 metros) con lutitas calcáreas con espesores que varían de 1 hasta 3 metros. Entre los 80 y 130 metros, está compuesto por un paquete de 50 metros de capas finas de lutitas calcáreas con estratificación planar, en la cual se identifican especímenes *in situ* de *Aulacosphinctes proximus*. Sobreyaciendo a esta unidad entre los 130 y 480 metros, se presentan 350 metros de brecha volcánica, tobas de brechas volcánicas y lavas andesíticas y dacíticas con espesores que varían de 5 a 10 metros, posteriormente desde los 480 metros, continúa la estratigrafía con 200 metros de lutitas calcáreas grises (potencias de 15 a 20 metros) y calizas packstone y grainstone de color gris claro (potencias de 5 a 12 metros), además se registran especímenes de ammonites identificados como *Corongoceras cf. involutum* y de *Virgatosphinctes* sp.. Sobreyaciendo esta unidad, entre los 680 y 1.120 m se presentan 440 metros de brechas volcánicas de tobas grises (12 a 25 metros de espesor) y lavas andesíticas (5 a 13 metros de espesor). La parte superior de esta sección entre los 1.120 y 1.450 metros está compuesta por 330 metros de brechas sedimentarias rojizas (15 a 22 metros de espesor) e intercalaciones breves de areniscas verdes (4 a 10 metros de espesor).

La Formación Lo Valdés es representada por los Miembros Escalador y Placa Roja, y sobreyace en conformidad a la Formación Baños Morales. El Miembro Escalador se representa en la base entre los 1.450 y 1.700 metros, con 250 metros de arenisca estratificada de grano muy fino de color amarillento. A partir del metro 1.700, se caracteriza por 350 metros de intercalaciones de arenisca fina de color rojo claro (12 a 20 metros de espesor) intercalada con calizas grainstone (espesor de 9 a 25 metros) y tobas de brechas sedimentarias

(potencias de 5 a 8 metros). Dentro de los 2.050 y 2.340 últimos metros, 290 metros corresponden a litologías de calizas finas (wackestone y packstone), las cuales representan al Miembro Placa Roja.

El contacto superior de la Formación Lo Valdés es concordante con la Formación Colimapu.

### 3.1.2 Sección Altos de Puente de Tierra (3B)

La sección Altos de Puente de Tierra se emplaza en la ladera norte del valle del Río Maipo en dirección noreste a las Termas de Puente de Tierra y presenta una potencia de 1.100 metros (Fig. 9), abarcando parte del Miembro Placa Roja y Cantera de la Formación Lo Valdés. En su base se presenta la Formación Lo Valdés en contacto concordante con la Formación Río Damas.

La unidad litológica basal del Miembro Placa Roja comprende 400 metros de lutitas calcáreas de color negro laminar con concreciones de hasta 50 cm cerca de la base, en esta unidad es posible identificar especímenes de *Corongoceras mendozanum* y *Berriasella jacobii*. Sobreyaciendo la estratigrafía y describiendo al Miembro Cantera, entre los 400 y 800 metros, se disponen 100 metros de intercalación entre capas finas de caliza packstone (potencias entre 4 hasta 10 metros) y lutitas calcáreas (potencias entre 4 hasta 10 metros) en contacto con 200 metros de lutitas calcáreas de color negro laminar y 100 metros de calizas (calci-mudstone, wackestone y packstone) de color grisáceo. Los últimos 300 metros de la sección son representados por la intercalación entre calizas calci-mudstone fértidas de color negro laminar (potencias entre 15 hasta 20 metros) y lutitas calcáreas (espesores entre 15 hasta 20 metros), identificando en las litologías de lutitas especímenes *in situ* de *Pseudofavrella angulatiformis*.

### 3.1.3 Sección Altos de Escalones (3C)

La sección Altos de Escalones se emplaza en la ladera Norte del valle del Río Maipo, aproximadamente 2 kilómetros al este de la sección Altos de Puente de Tierra, en una orientación y cota similares a esta última, y representa la continuidad lateral de las unidades litológicas D y E y parte del Miembro Cantera de la Formación Lo Valdés.

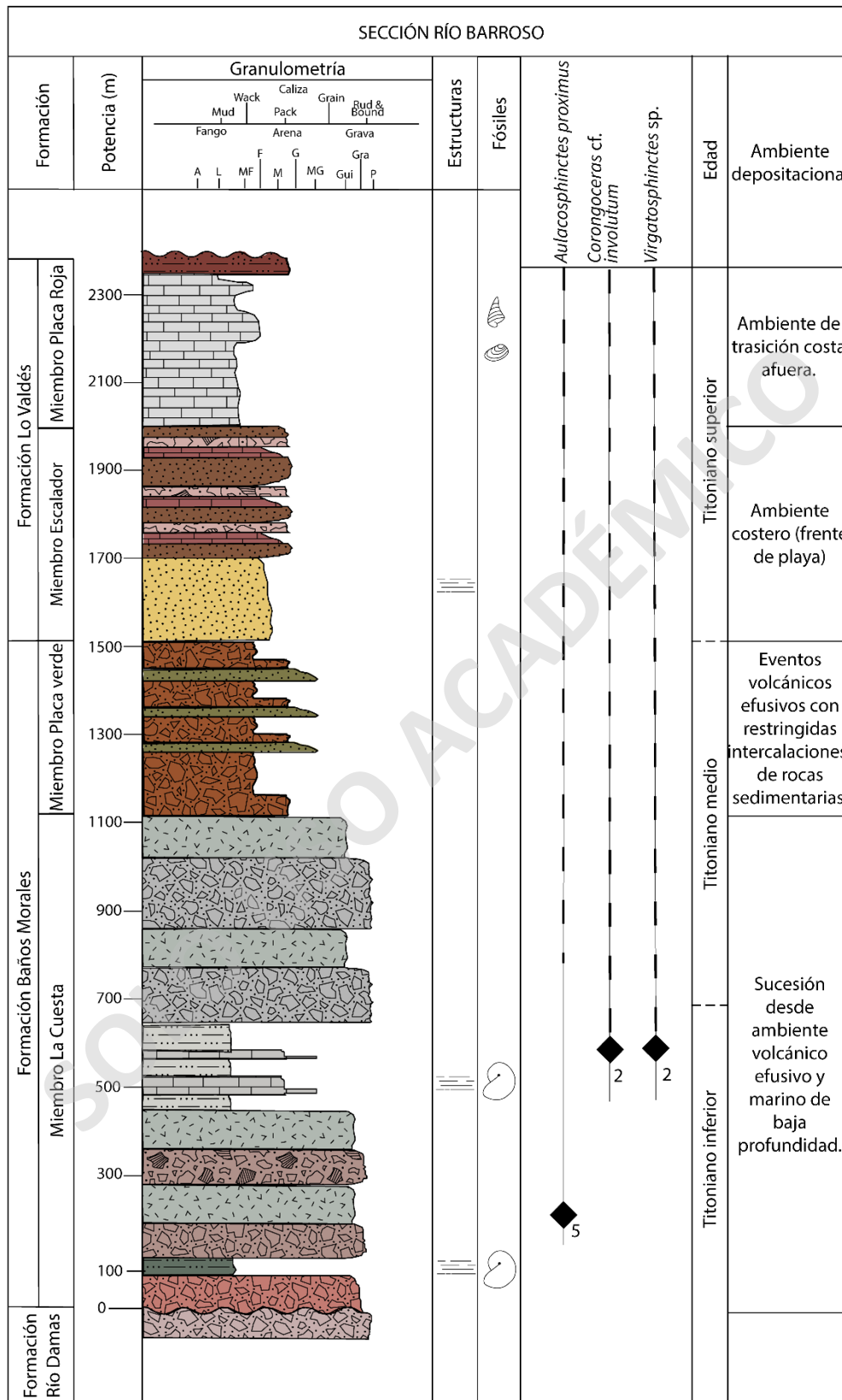
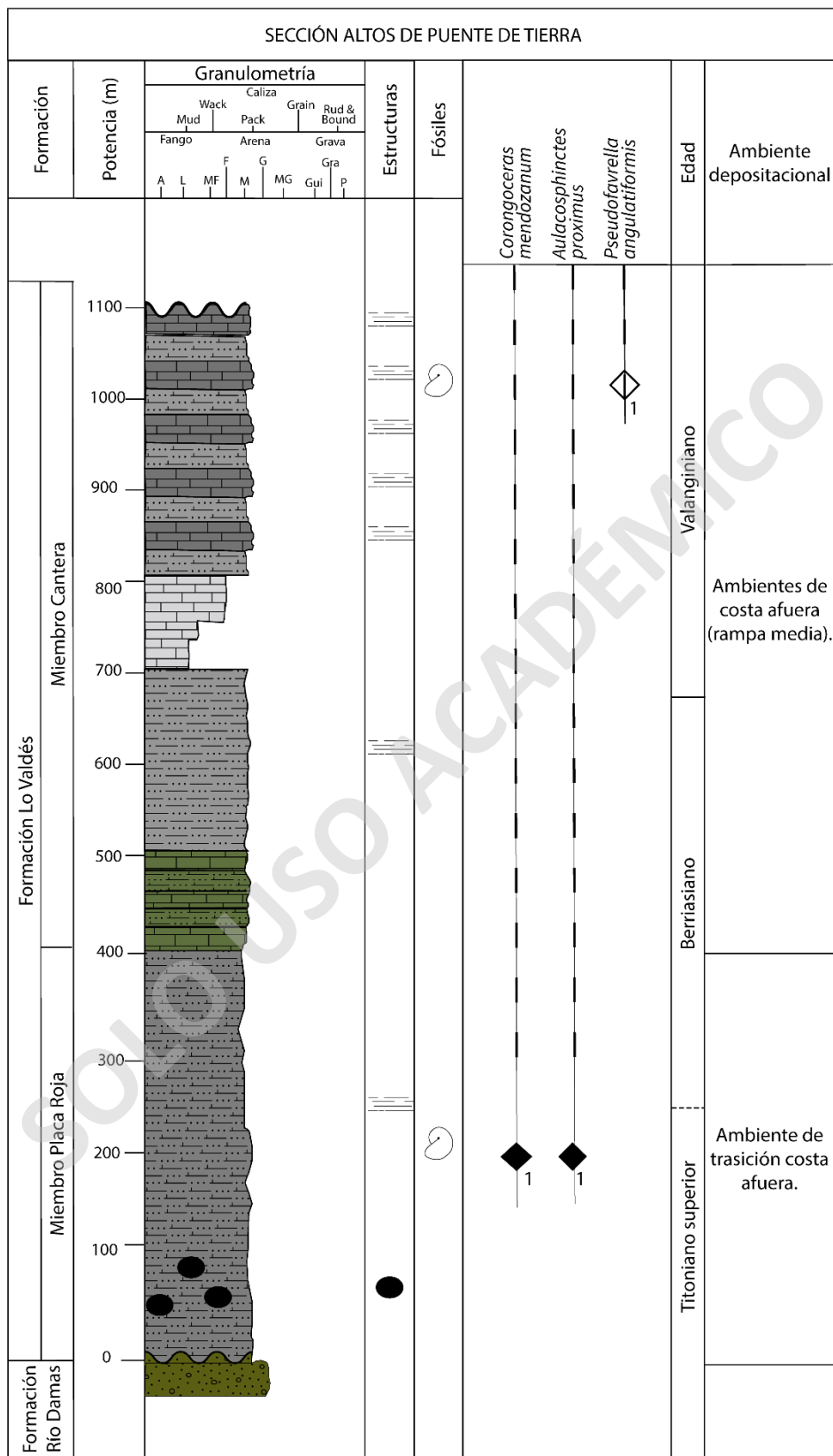


Figura 8: Columna estratigráfica sección Río Barroso. Basado en Charrier (1981).



**Figura 9:** Columna estratigráfica sección Altos de puente de Tierra. Basado en Charrier (1981).



Este nivel estratigráfico es representado por el Miembro Cantera, y posee 400 metros de potencia (Fig. 10), donde desde su base, 70 metros de ellos corresponden a calizas (mudstone, wackestone y packstone) de color grisáceo, en la cual se identifican *in situ* especímenes de *Pseudofavrella angulatiformis*. Los otros 330 metros corresponden a una intercalación entre calizas mudstone fétidas de color negro dispuestas de forma laminar (potencias entre 10 hasta 25 metros) y lutita calcárea (espesores entre 15 hasta 25 metros), donde se identifican especímenes de *Pseudofavrella angulatiformis* y de *Cymatoceras perstriatum*.

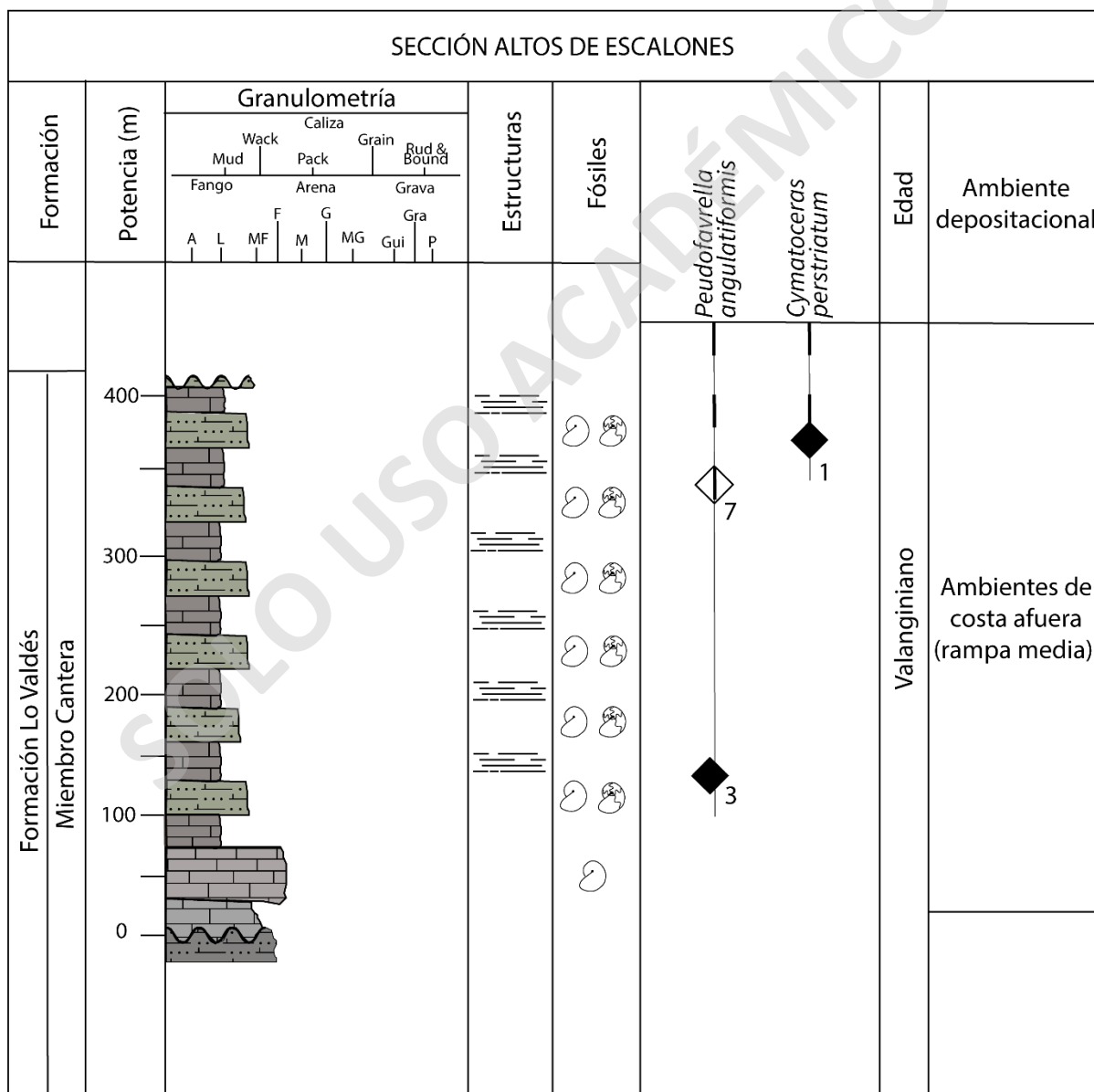


Figura 10: Columna estratigráfica sección Altos de Escalones. Basado en Charrier (1981).

### 3.1.4 Sección Cruz de Piedra (3D)

La sección Cruz de Piedra se ubica en la ladera este de la quebrada Cruz de Piedra (ladera oeste del Cerro de Piedra), y contiene a los Miembros Escalador y Placa Roja de la Formación Lo Valdés. Se encuentra en contacto inferior concordante con la Formación Río Damas, abarcando 150 metros de potencia (Fig. 11).

El Miembro Escalador se presenta en su zona basal entre los primeros 72 metros de la estratigrafía, representado por 51 metros de arenisca y 21 metros de arenisca calcárea, estimando en ésta última la identificación de un ejemplar de *Virgatosphinctes mexicanus*. Sobreyaciendo a estas unidades, se identifica el Miembro Placa Roja representado desde los 72 hasta los 150 metros por capas de lutita calcárea (comparables a las presentes en la unidad A de la sección estratigráfica 3B).

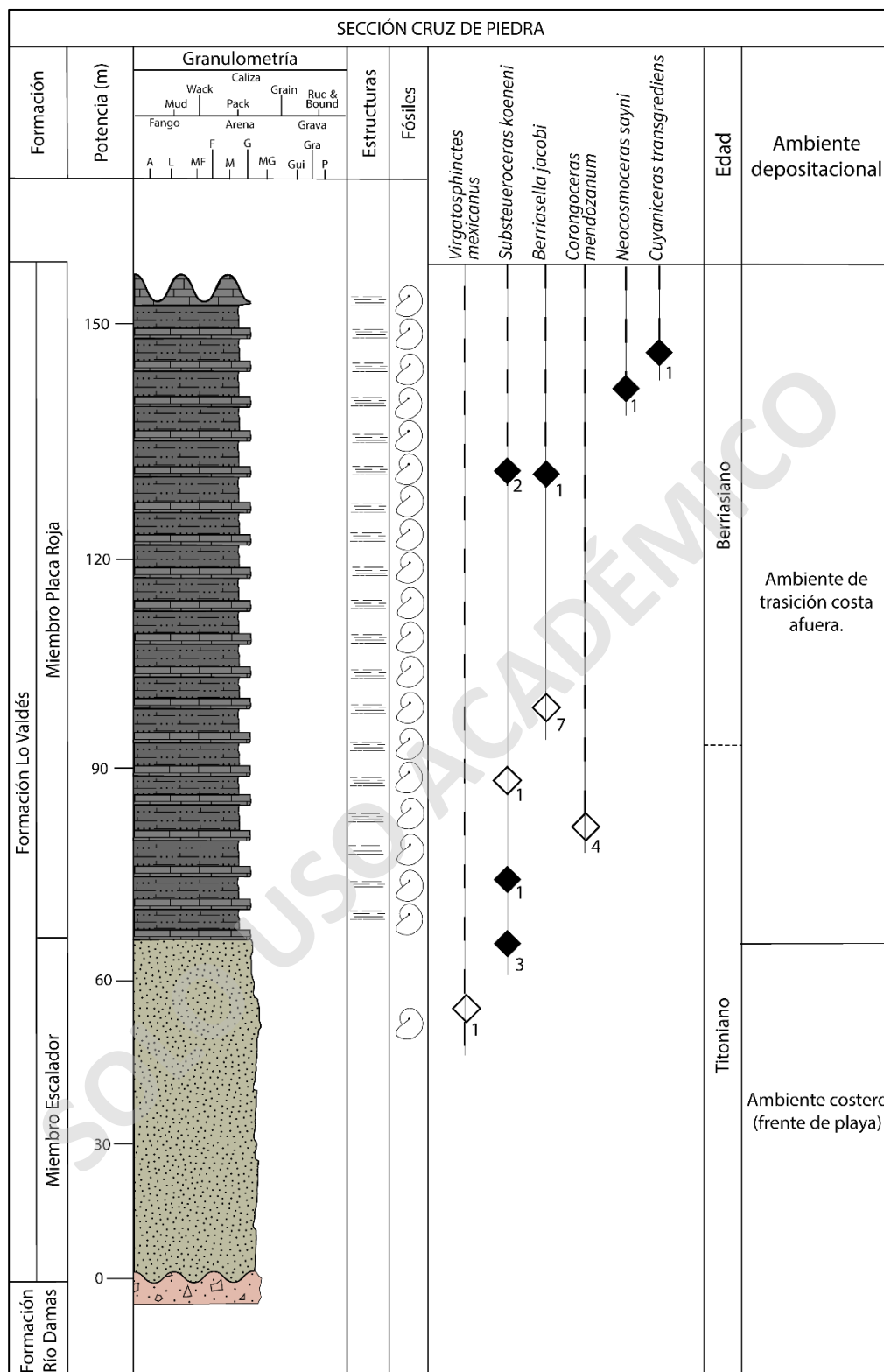
Salazar (2012) realiza un trabajo de estratigrafía de detalle en la sección Cruz de Piedra, en la cual indica una sucesión rítmica de lutita calcárea y caliza fangosa (wackestone biomicrítico), siendo las capas de lutita calcárea de 3 a 4 metros y las capas de caliza fangosa de 1 a 2 metros de espesor.

### 3.1.5 Sección Los Nacimientos (3E)

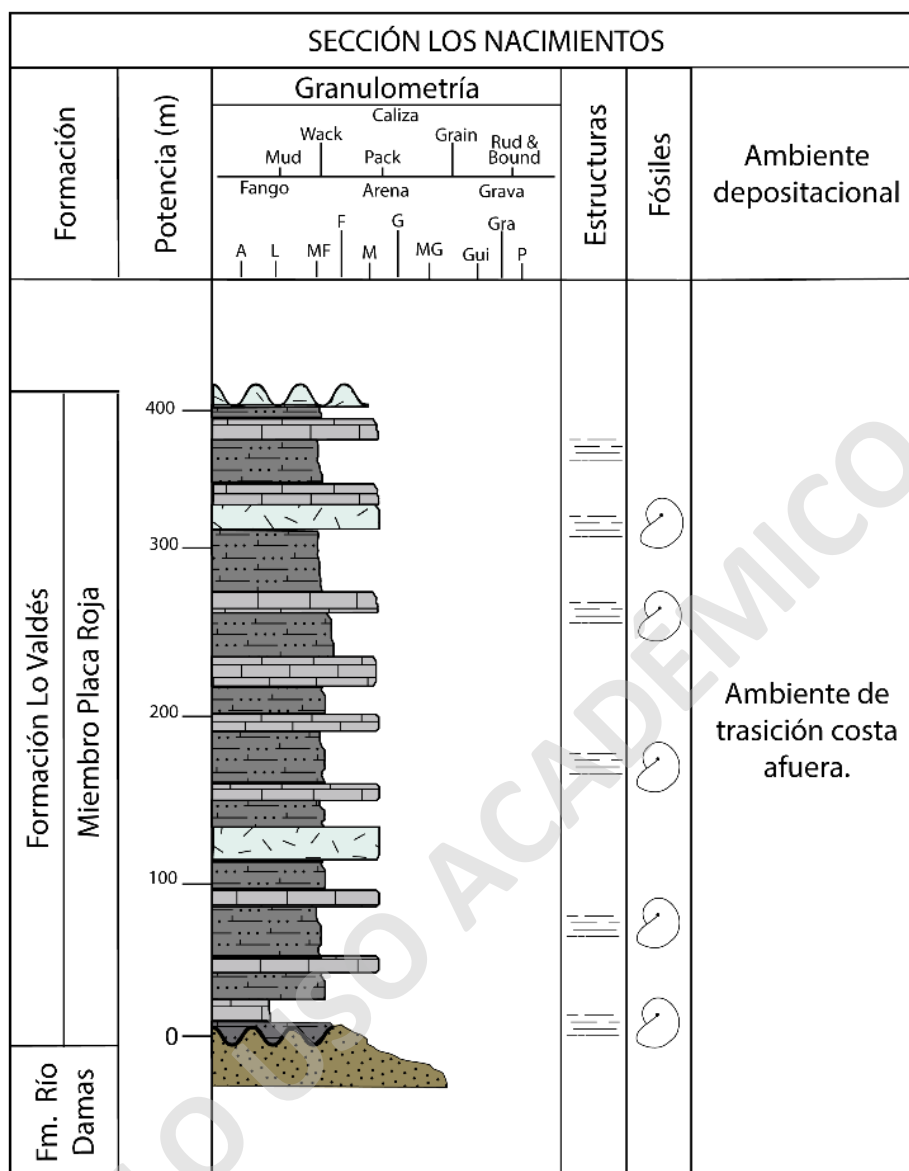
La sección Los Nacimientos se ubica aproximadamente 4 kilómetros al este de la sección Cruz de Piedra, en la ladera este del Cerro de Piedra y contiene al Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés, presentando 400 metros de potencia (Fig. 12).

El Miembro Placa Roja se presenta en la zona basal en contacto concordante con la Formación Río Damas. La estratigrafía de los primeros 20 metros consta de lutita calcárea, seguido de 15 metros de caliza (mudstone). Sobreyaciendo entre los 35 y 400 metros, se describe una sucesión de capas de lutita calcárea cuyo espesor varía entre 5 y 9 metros, intercaladas con capas de aproximadamente de 12 metros de espesor de caliza (packstone) o mármol, producto de metamorfismo de contacto.

Este perfil es comparable a las unidades de lutita calcárea de las secciones Altos de Puente de Tierra y sección Cruz de Piedra, difiriendo en el metamorfismo de contacto que esta presenta.



**Figura 11:** Columna estratigráfica sección Cruz de Piedra. Basado en Charrier (1981) y la estratigráfica detallada de la sucesión rítmica de lutita calcárea y caliza fangosa (Salazar, 2012).



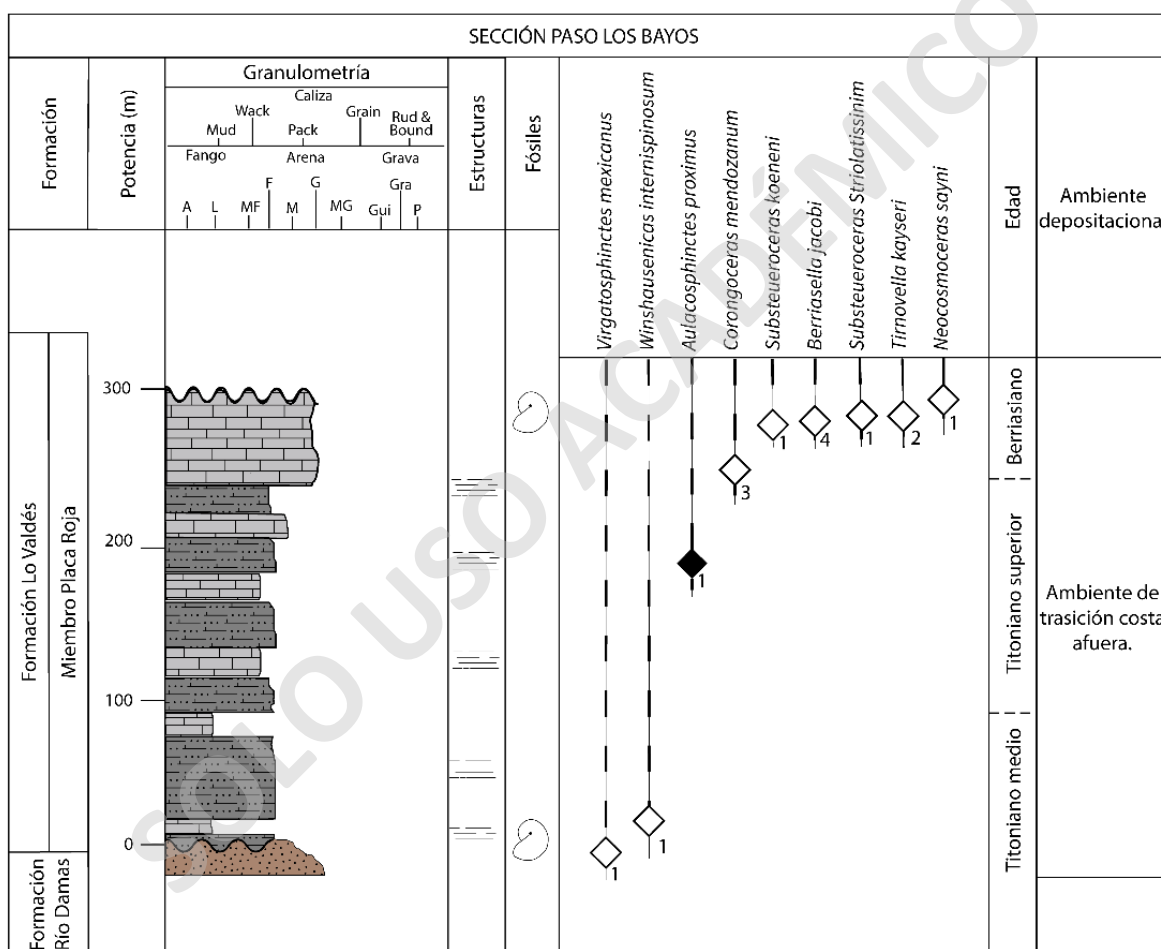
**Figura 12:** Columna estratigráfica sección Los Nacimientos. Basado en Charrier (1981).

### 3.1.6 Sección Paso los Bayos (3F)

La sección Paso Los Bayos se ubica aproximadamente 4 a 5 kilómetros hacia el este de la sección Los Nacimientos y corresponde a la secuencia más oriental de las secciones de este trabajo. Esta sección presenta 300 metros de espesor (Fig. 13) y abarca el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés.

El Miembro Placa Roja se encuentra en contacto concordante con la Formación Río Damas, y es representado desde la zona basal hasta los 223 metros por una alternancia entre

capas de lutita calcárea de espesores entre 7 y 15 metros, y caliza mudstone en la parte inferior de la columna y packstone en la parte superior de la columna (capas entre 5 y 17 metros) donde se registran especímenes de ammonoideos en la parte inferior de la alternancia, identificando ejemplares de *Neocosmoceras sayni* y *Windhauseniceras internispinosum*. Esta alternancia se termina en el metro 223 de la estratigrafía y, hasta los 300 metros se presenta caliza (packstone) de 76 metros de espesor, donde se identifican las especies *Tirnovella kayseri*, *Substeueroceras koeneni*, *Substeueroceras striolatissimum*, *Corongoceras mendozanum*, *Aulacosphinctes proximus* y *Berriasella jacobi*.



**Figura 13:** Columna estratigráfica sección Paso los Bayos. Basado en Charrier (1981).

### 3.2 Ambiente de depositación

#### 3.2.1 Ambiente depositacional Formación Baños Morales

La Formación Baños Morales fue definida en la ribera sur del rio volcán y ladera norte del Cerro Catedral, con sus estratos dispuestos subverticalmente, constituida

principalmente por andesitas porfídicas y brechas volcánicas, intercaladas por niveles sedimentarios de grano fino a medio y cemento calcáreo (Salazar & Stinnesbeck, 2015, Guzmán, 2023).

Debido a las asociaciones litológicas, la parte basal de la Formación Baños Morales (Miembro La Cuesta) se interpreta como periodos de intermitencia entre ambientes volcánico efusivo “submarino” y uno marino somero de baja energía, donde las lavas andesíticas se emplazan en un primer pulso eruptivo que fluye por una superficie inclinada, de acuerdo a un depósito periclinal en condiciones subacuáticas (Lexa *et al.*, 2011), posteriormente se enfría y adquiere una reología plástica, mientras al mismo tiempo comienza la depositación de niveles restringidos de sedimentos marinos. Todo este proceso genera una deformación post tectónica de la zona, asociado al proceso “slumping”. Este régimen inestable se asocia a un proceso de transgresión marina e implica una zona de frente de playa o *shoreface* (Guzmán, 2023).

### **3.2.2 Interpretación ambiente depositacional Formación Lo Valdés**

Por otro lado, de acuerdo con las asociaciones litológicas y el contenido fósil presentes en la Formación Lo Valdés, se puede generar una diferenciación para sus tres miembros. El Miembro Escalador es representado por la depositación prolongada de areniscas, que ocurre en la parte más somera del ambiente marino somero sobre la base de olas de buen tiempo que entran el sedimento y representarían la zona de plataforma interna (Salazar & Stinnesbeck, 2015; Sanhueza, 2023), y que se ve afectada ocasionalmente por tormentas y periodos de transgresiones que generen re trabajo del material y abrasión en los sedimentos depositados (Sanhueza, 2023).

Por otro lado, el Miembro Placa Roja representa un ambiente marino somero de una zona de rampa media a transición costa afuera (Salazar & Stinnesbeck 2015), el cual corresponde a una intercalación principalmente de lutitas y calizas, donde ambas reflejan la depositación de sedimentos en suspensión que decantaría desde una columna de agua calmada hasta el lecho marino (Flügel, 2010; Sanhueza, 2023) y que a su vez fue interrumpida por episodios de tormentas que controlaron la depositación de bioclastos transportados por corrientes marinas (Baldwin & Jonhson, 1996).

Continuando dentro de la misma línea de estudio, la base del Miembro Cantera presenta litologías de calizas arenosas, las cuales reflejan un aumento de calcita hacia la zona superior, junto con la disminución de la abundancia faunística presente (Salazar & Stinnesbeck, 2015), donde la fracción carbonatada hace referencia a una zona de aguas agitadas (Flügel, 2010). Mientras que el techo del Miembro Cantera comprende una sucesión intercalada de lutitas calcáreas y calizas fangosas, que reflejarían un ambiente marino de aguas calmadas, donde la depositación de sedimentos ocurre por la decantación del material en suspensión de la columna de agua. Esta asociación podría interpretarse como una configuración desde un ambiente marino somero de una zona de rampa interna hacia una zona que implique depositación en una rampa media/transición costa afuera dentro de un evento regresivo (Burchette & Wright, 1992; Sanhueza, 2023).

## Capítulo 4: Paleontología sistemática

Los ammonites descritos en este capítulo corresponden a 241 especímenes provenientes y recolectados de la campaña de terreno para el doctorado del Dr. Reynaldo Charrier (1981), registrados en el sector de “Nacientes del Maipo”. Además, se incluyen en este estudio, 41 especímenes de Nautiloideos provenientes de la colección “Nautilus de Lo Valdés”, recolectados por el Prof. Lajos Biró y Dr. Christian Salazar en los años 2006 a 2008, pertenecientes a la colección paleontológica de la Universidad de Concepción.

- **Colecciones:** Los códigos de registro para los fósiles de la colección Nacientes del Maipo poseen el prefijo C- (columna estratigráfica), seguido del número del punto donde fueron recolectados, se agrega el sufijo del número de bolsa/caja donde se encuentran, seguido de una letra para poder distinguir los fósiles de forma individual.

Los especímenes de la colección Nautilus de la Formación Lo Valdés poseen prefijos: CM, IV, LV, provenientes de las secciones estratigráficas.

- **Sistemática:** La nomenclatura sistemática se basa “*Treatise on Invertebrate Paleontology*” (Wright *et al.*, 1996; Arkell *et al.*, 1957) a nivel de subespecie, “*Fossil Catalogues I: Animalia, Lower Cretaceous Ammonite I*” (Klein, 2005) y para la descripción morfológica se “*Fundamentals of invertebrate Paleontology*” (Jain, 2017). Por otro lado, para estudiar la colección “Nautilus de Lo Valdés” se usa como guía el trabajo de Salazar *et al.*, (2014).
- **Sinonimia:** Solo son incluidas las referencias de la descripción original, algunos sinónimos y todas las referencias usadas para definir la especie, otorgándole el mayor detalle completo posible.
- **Dimensiones:** Todas las dimensiones se indican en milímetros (mm). Las abreviaciones utilizadas corresponden a: (D): Diámetro total del espécimen; (W): Ancho del flanco; (H): Alto del flanco; (U): Umbílico (Fig. 4).



➤ **Estado de preservación del espécimen:**

- **Bueno:** Fósil completo y gran parte de sus características diagnósticas son identificables.
- **Regular:** Fósil incompleto, deformado, pero gran parte de sus características morfológicas diagnósticas son identificables.
- **Malo:** Sólo se tienen fragmentos fósiles, reconociéndose sólo algunas de las características diagnósticas.

De los 241 fósiles recolectados, 152 se encuentran en buen estado de preservación, por lo que fue posible determinarlos hasta nivel de especie, correspondiendo a moldes, en su mayoría fragmentados y con gran parte de sus características diagnósticas identificables, mientras que, 89 especímenes fósiles tienen un estado de preservación regular a malo, con lo cual fue imposible la identificación de su especie, quedando como indeterminados.

**Clase Cephalopoda**

**Orden NAUTILOIDEA de Blainville, 1825**

**Familia NAUTILIDAE de Blainville, 1825**

**Género *Cymatoceras* Hyatt, 1883-1884**

**Especie tipo:** *Nautilus pseudoelegans* d'Orbigny (1840-1841), por designación original, del Cretácico Inferior en Francia.

*Cymatoceras perstriatum* (Steuer, 1897)

Figura 15, 16.

- 1897 *Nautilus perstriatus* n. sp. Steuer, p. 78, pl. 24, figs. 1-2.
- 1921 *Nautilus perstriatus* n. sp. Steuer, p. 107, pl. 24, figs. 1-2 (=Steuer 1897).
- 1931 *Nautilus perstriatus* Steuer; Weaver, p. 392, pl. 43, fig. 297, pl. 44, figs. 304-305.
- 1950 *Nautilus marucoensis* Giovine; Giovine, p. 35, pl. 1, figs. 3-4.
- 2003 *Cymatoceras perstriatum* (Steuer); Cichowolski, p. 379, figs. 4a-h, 5a-f.
- 2004 *Cymatoceras* sp. Cichowolski *et al.*, p.121, pl. 1, figs. 1-6.
- 2004 *Cymatoceras* cf. *perstriatum* (Steuer), Cichowolski *et al.*, p.123, fig-text. 4.
- 2014 *Cymatoceras perstriatum* (Steuer); Salazar *et al.*, p.184, fig. 4

2014 *Cymatoceras perstriatum* (Steuer); Luci & Cichowolski, p. 108, fig. 6B, 6H, p.115, fig. 10D.

**Holotipo:** Monotipo, el espécimen GZG 499-84, descrito por Steuer (1897: pl. 24: 1), del Arroyo Cieneguita asignado al Titoniano, provincia de Mendoza, Argentina.

**Material:** 41 especímenes provenientes de la colección de Nautilus de la Formación Lo Valdés.

**Descripción:** Involutos y globulares. Los especímenes presentan umbílico angosto ( $U/D=1,30$ ), siendo más ancho que alto ( $W/H=0,13$ ) en especímenes más juveniles y en especímenes adultos ( $D > 101,20$ ) son más alto que ancho ( $W/H=1,09$ ) (Fig. 14). El ancho máximo se encuentra ubicado en la mitad inferior del área del flanco. Flancos ligeramente convexos y convergen hacia el vientre. El sifúnculo es estrecho y está ubicado entre el centro y la parte del vientre. Debido a que los especímenes son moldes internos, las costillas se preservan solo en algunos ejemplares, de orientación prorsiradidas en los flancos y ligeramente convexas en la parte del vientre.

**Discusión:** *N. perstriatus* fue originalmente descrito por Steuer (1897-1921), se caracteriza por poseer un umbílico angosto, flancos arqueados, vientre ancho y redondeado; costillas prorsiradidas, levemente convexas y espaciadas (Steuer, 1987). La sección de vuelta se caracteriza por ser más ancha que alta en estadios juveniles, la cual cambia a más alta que ancha en estadios adultos (Salazar *et al.*, 2014). La asignación de *Cymatoceras* es basada principalmente en las costillas transversales, vientre inflado y redondeado y sifúnculo sub-central, (Cichowolski, 2003; Salazar *et al.*, 2014).

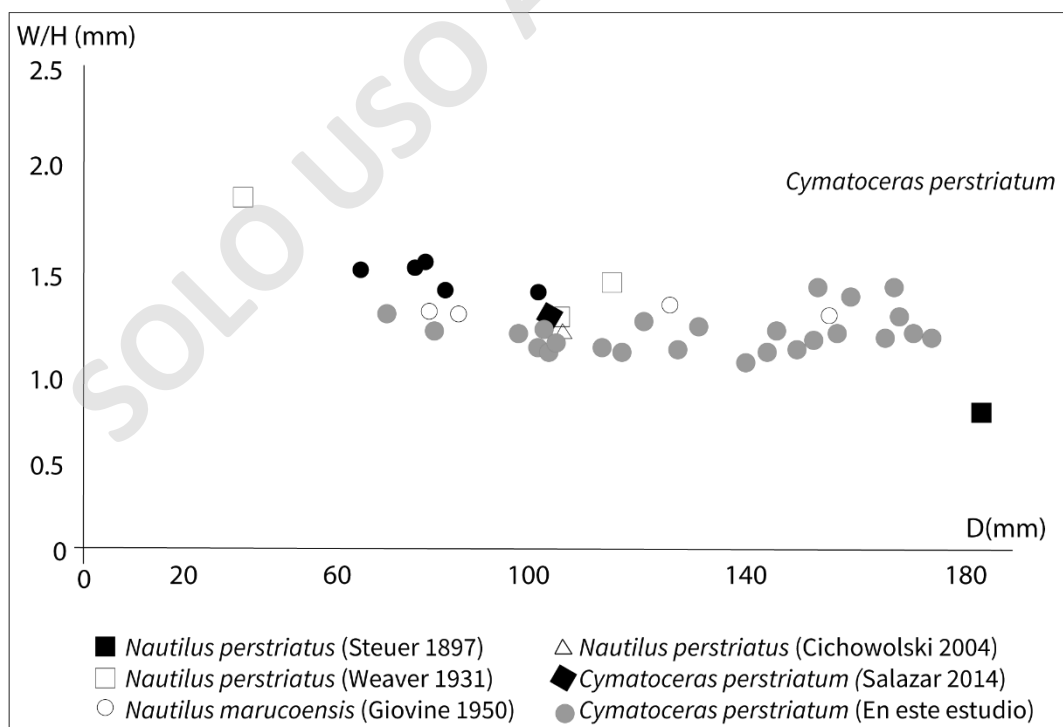
#### Dimensiones

Especímen	(D)	(W)	(H)	W/H	(U)	U/D
3-7/I/1976 -3	166	100,70	(52)	(1,93)	-	-
8/XII/1972 -4	121	75,20	69,10	1,08	-	-
3-7/I/1976 -3	166	100,70	(52)	(1,93)	-	-
8/XII/1972 -4	121	75,20	69,10	1,08	-	-

<b>8/XII/1972 -5</b>	(140)	132	(45)	(2,90)	-	-
<b>8/XII/1972 -6</b>	(183)	77,74	69,30	1,12	-	-
<b>CM/16-53</b>	103	(70,70)	(75,70)	0,93	-	-
<b>CM/18-279</b>	(152)	(118)	(70)	1,68	-	-
<b>CM/18-47</b>	142	76	(60)	(1,26)	-	-
<b>CM/18-479</b>	(126,80)	(92,20)	(31,60)	2,92	-	-
<b>CM/18-71</b>	(111)	(85)	(69,70)	1,22	-	-
<b>CM/18-74</b>	152	114,20	(86,65)	(1,30)	-	-
<b>CM/22-2</b>	69,20	49,40	(44,20)	(1,12)	(14)	(0,20)
<b>III/122</b>	70	(39)	(33,60)	1,16	-	-
<b>III/124</b>	173	(108,40)	(55)	1,97	-	-
<b>IV/174</b>	(130)	106	81	1,30	-	-
<b>IV/178</b>	(132)	100,20	89,60	1,11	(20,70)	0,15
<b>IV/180</b>	45,30	33,50	29	1,16	(5)	(0,11)
<b>IV/181</b>	62,70	40,70	35,50	1,15	6,50	0,10
<b>IV/184</b>	97,10	64,40	(47,20)	(1,36)	-	-
<b>LV/9-8</b>	(184)	(140)	(85)	1,65	-	-
<b>CM/16-101</b>	(149)	(79)	(73)	1,08	(15)	0,10
<b>CM/16-115</b>	(176)	(57,70)	(74,40)	0,76	16,70	(0,09)
<b>CM/16-124</b>	169	(39)	85,30	(0,46)	-	-
<b>CM/16-127</b>	(101,20)	59	57,70	1,02	18	(0,17)
<b>CM/16-46</b>	143	(71)	(74)	0,96	(18)	(0,12)
<b>IV/173</b>	124	(66)	90,70	(0,73)	(40)	(0,30)
<b>LV/6-10</b>	(87,40)	(43,20)	(45,40)	0,95	-	-
<b>V/63</b>	87	45,20	(41,40)	(1,09)	-	-

**Ocurrencia:** Los especímenes de este estudio se registran en el Miembro Cantera (Formación Lo Valdés), en la sección de Altos de Escalones y son asignados al Valanginiano inferior.

Los especímenes de *Cymatoceras perstriatum* de la colección Nautilus de Lo Valdés provienen de la localidad tipo y sección Cajón del Morado. En la localidad de Cajón del Morado se registra *C. perstriatum* en los Miembros Placa Roja y Cantera, asignando una edad desde el Berriasiano temprano al Valanginiano (Salazar & Stinnesbeck, 2015; Salazar *et al.*, 2020). En el área de Nacientes del Maipo se obtiene un espécimen de *Cymatoceras perstriatum* en el Miembro Placa Roja de la sección Altos de Escalones, asignando una edad Berriasiano. En Chile central se menciona la presencia de *C. perstriatum* por Biro (1980) para el Titoniano tardío, y por Klohn (1960) en la localidad de Portezuelo de Dolores, aproximadamente 20 km al norte del sector Nacientes del Maipo (Formación Lo Valdés). En el Norte de Chile se registra *C. perstriatum* en Quebrada Meléndez, al sureste de Copiapó asociada con *Sanmartinoceras africanum insignicostatum* (Cichowolski *et al.*, 2004), indicando una edad Barremiana.



**Figura 14:** Relación entre W/H y D en *Cymatoceras perstriatum* (Steuer, 1897).



**Figura 15:** *Cymatoceras perstriatum* (Steuer, 1897). Los especímenes provienen de la localidad tipo y sección Cajón del Morado en la sección Lo Valdés se registra en el miembro Placa Roja y el miembro Cantera. 8/XII/1972-5. 10 mm.



**Figura 16:** *Cymatoceras perstriatum* (Steuer, 1897). Los especímenes provienen de la localidad tipo y sección Cajón del Morado en la sección Lo Valdés se registra en el miembro Placa Roja y el miembro Cantera. 3-7/1/1976-3. 10 mm.

**Subclase AMMONOIDEA**  
**Orden AMMONITIDA**  
**Familia HIMALAYITIDAE**  
**Género *Corongoceras* Spath, 1925**

**Especie tipo:** *Corongoceras lotenoense*, *Hoplites köllikeri* (Oppel, 1863), *sensu* Haupt (1907, pl. 9, fig. 7a-b), STIPB 201, por designación subsecuente de Spath (1925, p. 144).

**Descripción de género:** Las vueltas internas muestran costillas bipartitas con tubérculos ventrales y laterales que bordean un vientre suave y cóncavo. Las costillas al tener tubérculos ventrales y laterales, en las últimas vueltas son marcadas y distantes, bituberculadas. Algunas costillas son zigzagueantes; los tubérculos ventrales pueden ser espinosos (Spath 1925; Arkell *et al.*, 1957). En ejemplares juveniles (D <40,8 mm) el vientre es redondeado o plano y cambia gradualmente a casi plano en la vuelta externa en adultos (Salazar, 2012).

*Corongoceras mendozanum* (Behrendsen 1891)

Figura 18.

- 1891 *Hoplites mendozanus* n. sp. Behrendsen, p. 399, pl. 25, fig. 2.
- 1897 *Hoplites mendozanus*. Behrendsen. Steuer, p. 185, pl. 28, fig. 4.
- 1926 *Berriasella (Corongoceras) mendozana* (Behrendsen). Krantz, p. 446.
- 1931 *Berriasella mendozana* (Behrendsen); Windhausen, pl. 29, fig. 2.
- 1945 *Aulacosphinctes* sp. indet. A. Leanza, p. 22, pl. 3, figs. 7-8.
- 1945 *Berriasella krantzi* A. Leanza. p. 32, pl. 6, fig. 7,8.
- 1967 *Corongoceras mendozanum* (Behrendsen). A. Leanza, pl. 2, fig. 1.
- non 1980 *Corongoceras involutum* n. sp. Biro. P. 233, pl. 7, figs. 7-9.
- 1981 *Berriasella krantzi* A. Leanza. H. Leanza, pl. 3, fig. 1, 2.
- 1985 *Micracanthoceras (Corongoceras) mendozana* (Behrendsen). Tavera, p. 186, pl.25, fig. 3, text-fig. 14G.

- ?2009 *Aulacosphinctes proximus* (Steuer). Aguirre-Urreta & Vennari, p. 39, figs. 5r-t.
- non 2011b *Blafordiceras vetustum* (Steuer), Parent *et al.*, p. 55, pl. 26C-F, 27A-B.
- 2012 *Corongoceras mendozanum* (Behrendsen), Salazar, p.150, figura 4.39 A-P. (con sinonimia adicional).
- 2021 *Corongoceras mendozanum* (Behrendsen), Parent & Garrido, P. 5, fig. 4B.

**Tipo:** El lectotipo es GZG 497-139 designado monotipo por Salazar (2012). Es el material original de Behrendsen (1891, p. 399, pl. 25, fig. 2).

**Material:** cuatro especímenes bien preservados y dos de regular preservación.

**Descripción:** Moderadamente evolutivo. La sección de vuelta es más alta que ancha en ejemplares adultos ( $D > 79,7$  mm), mientras que en ejemplares juveniles ( $D < 40,8$  mm) son levemente más anchos que altos (Fig. 19).

Los flancos son convexos, creando una sección de vuelta elíptica en ejemplares adultos. El vientre es de tipo sulcado, siendo esta característica más marcada en ejemplares adultos. Las costillas levemente prorsiradiatas, la mayoría de estas son bipartitas, comenzando desde la parte superior del flanco, con tubérculos marcando el punto de partición. Las costillas simples también presentan tubérculos a la misma altura del flanco. Los flancos convexos generan una sección de vuelta redonda en ejemplares juveniles. Las costillas levemente prorsiradiatas, la mayoría de estas son bipartitas, comenzando desde la parte superior del flanco, con tubérculos marcando el punto de partición, al igual que en los ejemplares adultos.

### Dimensiones

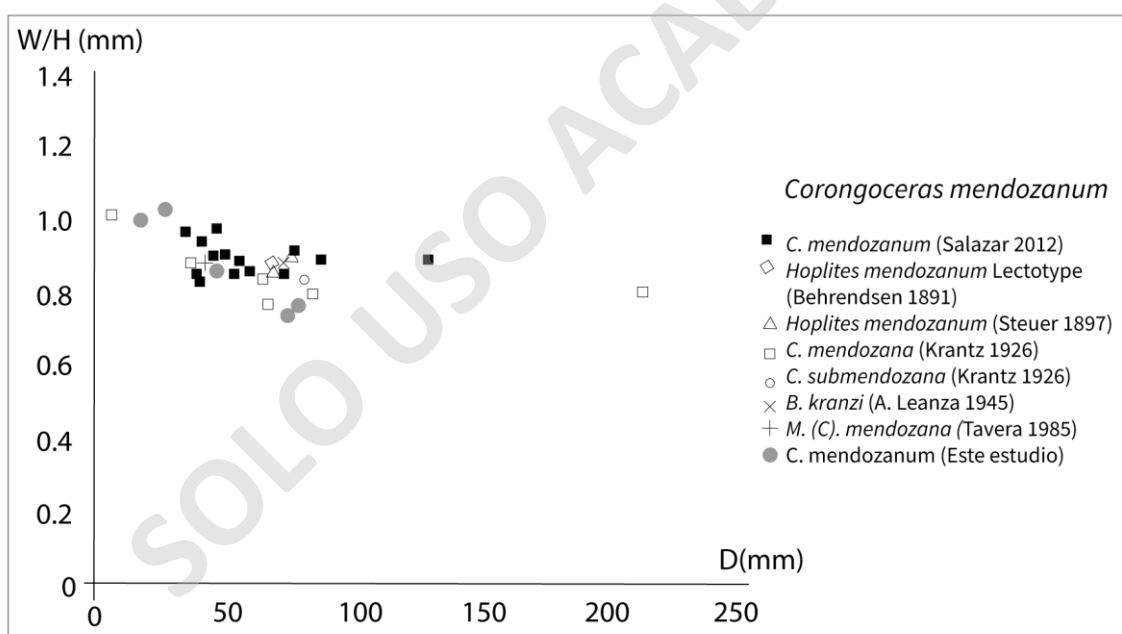
Especimen	(D)	(W)	(H)	W/H	(U)	U/D
C-1037/4A	79,70	15,10	34,70	0,43	23,10	0,29
C-1037/4B	74,90	23,60	29,80	0,79	25,30	0,30
C-1037/4C	27,60	9,50	9,00	1,06	11,80	0,42



<b>C-1037/4E</b>	32,00	11,20	11,90	0,94	11,20	0,35
<b>C-1005/4A</b>	40,80	13,70	16,60	0,83	14,50	0,36

**Discusión:** La presencia de tubérculos tanto en el material de estudio como en el lectotipo y paratipo de *Corongoceras mendozanum* es relevante el estado de preservación de estos especímenes. *C. mendozanum* se caracteriza por una sección más alta que ancha y con una mayor densidad de costillas que otras especies del género *Corongoceras* (Salazar, 2012).

*C. mendozanum* está relacionado con *C. alternans* y *C. lotenoense*. *C. alternans* se distingue por sus costillas que tienen un mayor espaciado y su enrollamiento es evolutivo. *C. lotenoense* se distingue por su enrollamiento evolutivo y su sección de vuelta que es de tipo redondeado y más ancha que alta (Salazar, 2012; Parent & Garrido, 2021).



**Figura 17:** Relación entre W/H y D en *Corongoceras mendozanum* (Behrendsen 1891).



**Figura 18:** *Corongoceras mendozanum* (Behrendsen, 1891). En este estudio fueron recolectados en el Miembro Placa Roja en la Formación Lo Valdés en las secciones Paso Los Bayos, Cruz de Piedra y Puente de tierra. C-1037/4a; C-1037/4B. 15 mm.

**Ocurrencia:** *C. mendozanum* en este estudio fueron recolectados en el Miembro Placa Roja en la Formación Lo Valdés en las secciones Paso Los Bayos, Cruz de Piedra y Puente de Tierra, asignándolos al Titoniano superior.

El primer registro en Chile fue reportado por Salazar (2012) en la Formación Lo Valdés, en la parte inferior del Miembro Escalador y en la parte media del Miembro Placa Roja en la sección Cruz de piedra (Titoniano superior al Berriasiano inferior). *C. mendozanum* se ha registrado previamente en el Titoniano de Perú (Stappenbeck, 1929; Steinmann, 1891), y en el Titoniano medio – superior de Argentina (Behrendsen, 1891-1922; Steuer, 1897-1922; Gerth, 1921; Krantz, 1926-1928; A. Leanza, 1945), el Titoniano superior de Túnez (Arnould-Saget, 1953), el Titoniano de México (Verma & Westermann, 1973) y el Titoniano superior del sur de España (Tavera, 1985).

***Corongoceras cf. involutum* (Biro, 1980)**

Figura 19

- 1964 *Corongoceras involutum* Biro, p. 105, pl. 27, figs. 1a, 1b, 2a, 2b, 2c, pl. 28, figs. 1a, 1b. (*nomen nudum*).
- 1980b *Corongoceras involutum* n. sp. Biro, p. 233, pl. 7, figs. 7a-7b, 8a-8b, 9a-9b. (= Biro 1964).
- 2012 *Corongoceras involutum* Biro. Salazar, p 139, fig 4.35.

**Tipo:** El holotipo es CPUC/III/1, ilustrado por Biro (1980b, p. 233, fig. 7a-7b) está perdido. El neotipo es CPUC/LV/3-129 designado por Salazar (2012), recolectado en la sección tipo de la Formación Lo Valdés. Los paratipos, también designados por Salazar (2012), son CPUC/LV/3-53, CPUC/LV/3-55 y CPUC/LV/3-116.

**Material:** Dos especímenes, C-595/3A y C-595/6A, ambos presentan un regular estado de preservación.

### Dimensiones

Espécimen	(D)	(W)	(H)	W/H	(U)	U/D
C-595/3A	-	9,10	32,70	0,27	23,10	-
C-595/6A	-	28,60	34,80	0,82	25,30	-

**Descripción:** Moderadamente involuto, la sección de vuelta es elíptica, más alta que ancha. ( $W/H > 0,27$  mm), Los hombros umbilicales son redondeados, los flancos son planos y paralelos y con un vientre ovalado a tabulado con costillas pasantes. La ornamentación consiste en costillas rectiradiatas, las cuales son de tipo recto, y presentan espaciamiento simple y bipartito. La mayoría de las costillas de la última vuelta son de tipo simple. Los tubérculos están presentes en el punto de partición de las costillas bipartitas y en forma de hilera en el borde ventral.

**Discusión:** Los especímenes aquí estudiados son fragmentos de la última vuelta, en los cuales es difícil apreciar la sección de vuelta o el vientre, por lo que la descripción de la especie se complementa con la descripción del holotipo de la especie. La corrida de tubérculos en el borde ventral da apariencia de un surco ventral cuando el vientre es ovalado a plano (Salazar, 2012). *C. involutum* se caracteriza por un enrollamiento moderadamente involuto, una sección de vuelta elíptica, más alta que ancha y costillas que se bifurcan en la parte media del flanco (Salazar, 2012). *C. evolutum* es más evolutivo y la sección de vuelta es subhexagonal. El enrollamiento en *C. alternans* es evolutivo, la sección de vuelta cambia de más ancha que alta, a más alta que ancha y las costillas tienden a adoptar un espaciamiento más amplio de forma progresiva (Biró, 1964; Salazar, 2012). *C. mendozanum* es una especie relacionada a *C. involutum*, pero las costillas son más prominentes, la bifurcación ocurre en la parte media del flanco, el distanciamiento entre costillas es más angosto y el vientre presenta un surco marcado (Salazar, 2012).

**Ocurrencia:** Los especímenes identificados como *Corongoceras* cf. *involutum* fueron recolectados en el Miembro La Cuesta de la Formación Baños Morales en la sección de Río Barroso, asignándolos al Titoniano superior. Este taxón se ha reportado previamente en la parte inferior del Miembro Escalador (Titoniano superior) de la Formación Lo Valdés en las localidades de Cajón del Morado y Lo Valdés (Biro, 1964; Salazar, 2012).

**Familia HIMALAYITIDAE Spath, 1925****Género *Windhausenicerias* Leanza, 1945**

**Especie tipo:** *Perisphinctes internispinosus* Krantz (1926, p. 453, pl. 14, figs. 1-2), STIPB 25a, designado por Leanza (1945, p. 22).

*Windhausenicerias internispinosum* (Krantz, 1928)

Figura 20

- 1897 *Reineckeia* cf. *stephanoides* Opper sp. Steuer, p. 157, pl. 28, fig. 11-12.
- 1921 *Reineckeia* cf. *stephanoides* Opper sp. Steuer, p. 58, pl. 14, figs. 11-12 (= Steuer 1897).
- 1926 *Perisphinctes internispinosus* Krantz, p. 453, pl. 14, figs. 1-2.
- 1926 *Aulacosphinctes hebecostatus* Krantz, p. 455.
- 1928 *Perisphinctes internispinosus* Krantz, p. 39, pl. 2, figs. 3-4 (= Krantz 1926).
- 1928 *Aulacosphinctes hebecostatus* Krantz, p. 42, pl. 3, fig. 8 (= Krantz 1926).
- 1931 *Perisphinctes internispinosus* Krantz; Weaver, p. 419, pl. 47, fig. 312.
- 1945 *Windhausenicerias* cf. *internispinosum* (Krantz); Leanza, p. 23, pl. 21, fig. 6.
- 1957 *Windhausenicerias internispinosum* (Krantz); Arkell *et al.*, p. L356, fig. 468: 7a-d.
- 1958 *Windhausenicerias internispinosum* (Krantz); Corvalán & Pérez, p. 44, pl. 10, fig. 23a, 23b, 23c.
- 1959 *Windhausenicerias internispinosum* (Krantz); Corvalán, p. 16, pl. 4, figs. 16-17.
- 1960 *Windhausenicerias* aff. *internispinosum* (Krantz); Bürgl, p. 197, pl. 1, fig. 5.
- 1980 *Windhausenicerias internispinosum* (Krantz); Leanza, p. 43, pl. 8, fig. 4a, 4b; pl. 9, fig. 1a-b; figura de texto 10d.
- 1980 *Hemispiticerias* aff. *steinmanni* (Steuer); Leanza, p. 43, pl. 9, fig. 2.
- 1981a *Windhausenicerias internispinosum* (Krantz); Leanza, pl. 2, figs. 7-8.
- 1990 *Windhausenicerias* sp. cf. *internispinosum* (Krantz); Aguirre-Urreta & Charrier, p. 265, pl. 1, fig. 9.
- 1994 *Windhausenicerias internispinosum* (Krantz); Pérez & Reyes, p. 59.

- 1998 *Windhauseniceras internispinosum* (Krantz); Furrázola-Bermúdez *et al.* p.17.  
2003b *Windhauseniceras internispinosum* (Krantz); Parent, p. 354, figs. 1a-d.  
2007 *Windhauseniceras internispinosum* (Krantz); Parent *et al.* p. 20, figs. 9-10.  
2012 *Windhauseniceras internispinosum* (Krantz); Salazar, p. 85, figs. 4-10, a-t.  
2017 *Windhauseniceras internispinosum* (Krantz); Salazar & Stinnesbeck, p. 165



**Figura 19:** *Corongoceras cf. involutum*. (Biro, 1980). Los especímenes identificados fueron recolectados en el Miembro La Cuesta de la Formación Baños Morales en la columna Río Barroso. C-595/3a. 10 mm.

**Tipo:** El lectotipo es STIPB 25a, el original de Krantz (1926, p. 453, pl. 14, figs. 1-2), del Titoniano de Mendoza (Argentina), por designación subsecuente de Parent (2003b, p. 354, fig. 1).

**Material:** Un espécimen del punto C-686, en la sección Paso Los Bayos correspondiente a un molde interno regularmente preservado.

**Descripción:** Enrollamiento evolutivo y umbilical ancho. Ejemplares juveniles ( $D < 50$  mm) poseen la sección interna de la última vuelta más ancha que alta. El borde del umbilical es redondeado, los flancos son convexos y convergen hacia el vientre. El ancho máximo se encuentra en la parte inferior del flanco. La ornamentación consiste en costillas primarias

marcadas, levemente prorsiradiata, de distanciamiento ancho, tipo recto, espaciamiento bipartito y tripartito. No se observan tubérculos alargados, esto puede ser debido al regular estado de preservación del espécimen. Hay una o dos constricciones presentes en la última vuelta, y son paralelas a las costillas primarias.

**Dimensiones:**

<b>Especimen</b>	<b>(D)</b>	<b>(W)</b>	<b>(H)</b>	<b>W/H</b>	<b>(U)</b>	<b>U/D</b>
<b>C-686/1A</b>	(114,50)	34,80	31,30	1,11	48,20	0,42

**Ocurrencia:** El espécimen fue recolectado en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés, sección Paso Los Bayos, asignándolo al Titoniano medio. Previamente se tenía registro en Chile central en el Titoniano medio-superior en el sector Nacientes del Maipo (Aguirre-Urreta & Charrier, 1990), en el Titoniano superior del río Las Leñas (Corvalán, 1959) y en el miembro inferior de la Formación Baños del Flaco en Río Maitenes (Salazar, 2012). En Argentina, se registra *W. internispinosum* en la parte superior del Titoniano medio en las provincias de Mendoza y Neuquén (Krantz, 1928 a-b; Weaver, 1931; Leanza, 1945; Leanza, 1980; Leanza & Zeiss 1990-1992; Steuer 1897-1921), mientras que en trabajos más recientes se registra *W. internispinosum* en la base del Titoniano superior (Aguirre-Urreta *et al.*, 2019). Además, se tiene el registro de esta especie en el Titoniano superior (Bürgl, 1960) en Colombia.

**Familia NEOCOMITIDAE Salfeld, 1921**

**Subfamilia BERRIASELLINAE Spath, 1922**

**Género *Berriasella* Uhlig, 1905**

**Subgénero *Berriasella* Uhlig, 1905**

**Especie tipo:** *Ammonites privasensis* Pictet (1867, p. 84, pl. 18, figs. 1a, 1b) por designación subsecuente de Roman (1938, p. 324) para el género y subgénero.

*Berriasella (Berriasella) jacobi* Mazenot (1939)

Figura 21, 22.

- 1890 *Hoplites Calisto* (Orbigny). Toucas, p. 600, pl.17, fig. 3.
- 1897 *Reineckeia fraudans* n. sp. Steuer, p. 35, pl. 9, figs. 4-6.
- ? 1897 *Odontoceras fallax* n. sp. Steuer, p. 52, pl. 14, figs. 1-2.
- 1921 *Berriasella fraudans* (Steuer). Gerth, p. 147.
- 1921 *Reineckeia fraudans* Steuer, p. 61, pl. 9, figs. 4-6.
- ? 1921 *Odontoceras fallax* n. sp. Steuer, p. 80, pl. 14, figs. 1-2.
- 1925 *Thurmannia fraudans* (Steuer). Gerth, p. 96, text-fig. 9.
- 1926 *Berriasella Steinmanni* n. sp. Krantz, p. 439, pl. 14, figs. 3-4, text-fig. 4.
- 1926 *Andiceras acuticostum* n. sp. Krantz, p. 452, pl. 15, figs. 7-8.
- 1928 *Berriasella Steinmanni* n. sp. Krantz, p. 22, pl. 1, fig. 3, text-fig. 2.
- 1928 *Andiceras acuticostum* n. sp. Krantz, p. 38, pl. 2, figs. 2, text-fig. 11.
- ? 1930 *Andiceras fallax* (Steuer). Burckhardt, tabla 11.
- 1939 *Berriasella Jacobi* Mazenot, p. 54, pl. 4, figs. 1-4, non fig. 5.
- 1945 *Berriasella fraudans* var. *inflata* (Steuer). A. Leanza, p. 31, pl. 1, fig. 1.
- ? 1951 *Berriasella curvicostata* n. sp. Rivera, p. 32, pl. 1, figs. 1-2.
- 1951 *Berriasella peruviana* n. sp. Rivera, p. 31, pl. 1, figs. 4-7.
- 1953 *Berriasella jacobi* Mazenot. Arnould-Saget, p. 33, pl. 3, fig. 11, pl. 4, fig. 1.
- 1960 *Berriasella jacobi* Mazenot. Collignon, p. CLXV, figs. 668-669.
- 1968 *Berriasella jacobi* Mazenot. Hégarat & Remane, p. 25, pl. 5, fig. 1, fig. 2.
- 1979 *Berriasella (Berriasella) jacobi* Mazenot. Sapunov, p. 173, pl. 55, fig. 3.
- 1983 *Berriasella (Hegarotella) cf. jacobi* Mazenot. Geyer, p. 343, fig. 3g.
- 1985 *Berriasella (Berriasella) jacobi* Mazenot. Tavera, p. 238, pl. 33, fig. 7-11, fig. 19B.
- 1987 *Berriasella jacobi* Mazenot. Liu & Wang, pl. 1, fig. 6, pl. 2, fig. 7.
- 1989 *Berriasella jacobi* Mazenot. Khimshiashvili, p. 9, pl. 4, fig. 3-4.
- 1990 *Berriasella ex gr. jacobi* Mazenot. Sey & Kalacheva, pl. 1, figs. 1-6.
- 1992 *Berriasella (Berriasella) jacobi* Mazenot. Howarth, p. 631, pl. 4, fig. 5.
- 1992 *Berriasella (Berriasella) jacobi* Mazenot. Wierzbowski & Remane, p. 874, pl. 1-4.
- 1994 *Berriasella (Berriasella) jacobi* Mazenot: Wierzbowski, p. 238, pl. 4, fig. 5 (= *Neocomitidae* gen. and sp. Indet.).



- 1996 *Berriasella* ex. gr. *jacobi* Mazenot: Sey & Kalacheva, p. 309, pl. 4, fig. 1a–b, 2–4, 6 (= Sey & Kalacheva, 1990, pl. 1, fig. 1a–b, 3a–b, 4–5, 6a–b).
- 1999b *Berriasella* ex. gr. *jacobi* Mazenot: Sey & Kalacheva, p. 55, pl. 1, fig. 2a–b, 6a–b, 7, 8 (= Sey & Kalacheva, 1990, pl. 1, fig. 2, 4, 3a–b, 6a–b), fig. 9–11 (=Sey & Kalacheva, 1990, pl. 1, fig.1a–b, 5), 12–13 (= *Subplanitoides* ex. gr. *altegyratum sensu Sey et al.*, 1992).
- 1999 *Berriasella* (*Berriasella*) aff. *jacobi* Mazenot: Cantú-Chapa, fig. 3C (= "*Berriasella*" gr. *mazatepense*)
- 1999 *Berriasella* (*Berriasella*) *jacobi* Mazenot: Kvantaliani, p. 89, pl. 1 10, fig. 4–7 (= *Pseudosubplanites* ex. gr. *combesi*).
- 1999 *Fauriella shipkovensis* (Nikolov & Mandov): Kvantaliani, p. 100, pl. 12, fig. 7, pl. 13, 4 fig. 1, 2.
- 1999 *Berriasella* (*Berriasella*) *jacobi* Mazenot. Kvantaliani, p. 89, pl. 10, figs. 4-7.
- 2000 *Berriasella* (*Berriasella*) cf. *jacobi* Mazenot: Kvantaliani, p. 43, pl. 9, fig. 5 (= Kvantaliani, 1999, pl. 10, fig. 4).
- 2004 *Berriasella jacobi* Mazenot: Arkadiev & Bogdanova, p. 372, pl. 1, figs. 1a–b (= *Pseudosubplanites lorioli*), 2 (= ? *Pseudosubplanites* sp.).
- 2004 *Berriasella* ex. gr. *jacobi* Mazenot: Sey & Kalacheva, p. 55, pl. 180, fig. 1, 2–6, 13 (= Sey & Kalacheva, 1990, pl. 1, fig. 2, 4, 3a–b, 6a–b), fig. 9–11 (= Sey & Kalacheva, 1990, pl. 1, fig.1a–b, 5), 12–13 (= *Subplanitoides* ex. gr. *altegyratum sensu Sey et al.*, 1992).
- 2005 *Berriasella jacobi* Mazenot: Arkadiev *et al.*, pl. 1, fig. 2a–6 (= *Delphinella* sp. indet.)
- 2006 *Berriasella jacobi* Mazenot: Arkadiev *et al.*, pl. 2, fig. 5 (= Arkadiev *et al.*, 2005, pl. 1, fig. 2a–6).
- 2008 *Berriasella jacobi* Mazenot: Arkadiev *et al.*, pl. 1, fig. 3 (= Arkadiev & Bogdanova, 2004, pl. 1, fig. 1a–b).
- 2010 *Berriasella jacobi* Mazenot: Ivanov *et al.*, pl. 4, fig. 2 (= Neocomitidae gen. sp. indet.).
- 2011 *Fauriella* aff. *carpathica* (Zittel): Arkadiev, p. 9, pl. 3, fig. 7.
- 2012 *Fauriella* aff. *carpathica* (Zittel): Arkadiev *et al.*, p. 155, pl. 7, fig. 5a–B, 6 (=

- Arkadiev, 2011, pl. 1, fig. 6a–B, 7).
- 2012 *Berriasella jacobi* Mazenot: Arkadiev *et al.*, p. 144, pl. 4, fig. 4 (= Arkadiev & Bogdanova, 2004, pl. 1, fig. 1a–b), 5–6.
- 2012 *Berriasella jacobi* Mazenot: Salazar, p. 172, fig. 4.52 a–p.
- 2013 *Berriasella jacobi* Mazenot: Vašíček & Skupien, p. 335, pl. 5C, G–H (= *Delphinella* sp. juv.), D, I (= *Pseudoneocomites beneckeii*).
- 2013 *Berriasella jacobi* Mazenot: Szives & Főzy, p. 306, pl. 9, fig. 2 (= ? *Pseudosubplanites* sp.).



**Figura 20:** *Windhausenicerias internispinosum* (Krantz, 1928). El espécimen fue recolectado en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés, sección Paso Los Bayos. C-686/1A. 10 mm.

**Tipo:** *Berriasella jacobi* Mazenot (1939, p. 54, pl. 4, figs. 1a-1b) por designación original, proveniente del sureste de Francia, depositado en la colección de *Faculté des Sciences*, Lyon, Francia.

**Material:** 13 especímenes, de estado de conservación regular a bueno.

**Descripción:** Enrollamiento evolutivo y umbilical ancho. La sección de vuelta es elíptica, al ser más alta que ancha ( $W/H > 0,81$  mm). El borde umbilical es redondeado, los flancos son levemente convexos y de vientre ovalado con las costillas pasantes. El ancho máximo de la sección de vuelta se encuentra en área dorsolateral. La ornamentación consiste en costillas

de espaciamiento intermedio de dirección rectirradiata, de tipo recto a levemente sinuoso. La mayoría de las costillas son bipartitas, con la bifurcación ubicada en la parte media del flanco, el resto de las costillas son de tipo simple. Las costillas comienzan en la pared umbilical y ocasionalmente presentan un surco tenue en el vientre, dependiendo de la erosión que presenta el espécimen.

### Dimensiones

Espécimen	(D)	(W)	(H)	W/H	(U)
<b>C-666/2b</b>	59,50	19,00	20,40	0,93	27,10
<b>C-666/2A</b>	65,20	20,30	20,50	0,99	28,10
<b>C-665a/1C</b>	94,60	23,90	29,20	0,81	42,10
<b>C-1044/1E</b>	25,90	10,90	7,90	1,30	12,50
<b>C-1037/3D</b>	42,30	14,70	16,50	0,89	17,20
<b>C-1037/3C</b>	44,60	15,10	14,60	1,03	19,20
<b>C-1037/3B</b>	49,20	14,40	16,50	0,87	17,60
<b>C-1037/2D</b>	39,10	14,20	14,10	1,00	13,10
<b>C-1037/2B</b>	40,70	13,10	14,10	0,92	14,40
<b>C-1037/2A</b>	50,90	15,20	16,10	0,94	19,20
<b>C-1028/1B</b>	32,20	12,80	10,30	1,20	32,20

**Discusión:** En América del sur, este taxón fue previamente descrito como *Berriasella fraudans* por Steuer (1897) y como la variedad *inflata* por Leanza (1945). Ambos se basan en un solo espécimen adulto ( $D > 60$  mm) que muestran un umbílico levemente más ancho y una sección de vuelta de menor altura que el holotipo de *Berriasella jacobi* descrito por Mazenot (1939) el cual se basa en un espécimen juvenil; material similar al descrito por Arnould-Saget (1953) y Tavera (1985) que también corresponden a ejemplares juveniles ( $D < 60$  mm).

Salazar (2012) sugiere que todos los elementos morfológicos y ornamentación de *B. fraudans* cuadran con la descripción de *Berriasella jacobi* Mazenot (1939) del Berriasiano inferior del sur de Europa, sinonimizando *B. jacobi* con *B. fraudans*. Salazar (2012) también sugiere sinonimizar *Berriasella peruviana* Rivera (1951) ya que esta se prácticamente indistinguible

de *Berriasella jacobi*. *Berriasella jacobi* es similar a *Berriasella curvicostata* Rivera (1951), pero se distingue al tener un umbílico más angosto.

*Berriasella (B.) mazenoti* (Breistroffer, 1937) se distingue por su sección de vuelta donde el ancho máximo está en la parte media del flanco y un vientre angosto, con costillas simples de bifurcación escasa. *Berriasella (B.) callisto* (D'Orbigny 1850) y *Berriasella (B.) privasensis* (Pictet, 1867) se distinguen por una ornamentación más marcada y costillas más sinuosas.

**Ocurrencia:** Los especímenes fueron registrados en la sección Cruz de Piedra en el Miembro Placa Roja (Berriasiano inferior).

El primer registro de *B. jacobi* en Chile es descrito por Salazar (2012) en el Miembro Placa Roja la Formación Lo Valdés (Berriasiano), en las localidades de Cajón del Morado, Lo Valdés y Cruz de Piedra. Previo a esto, Biró (1964) registra *B. fraudans* (sinónimo de *B. jacobi*) en la parte inferior del Miembro Placa Roja (Berriasiano inferior).

En Argentina *B. fraudans* (sinónimo de *B. jacobi*) se registra en el Titoniano superior por Steuer (1897, 1921) y A. Leanza (1945). Además, se reconoce la existencia de *B. jacobi* en el Titoniano superior de Perú (Geyer, 1983) y Madagascar (Collignon, 1960). *Berriasella (B.) jacobi* está presente en el Berriasiano inferior del Tethys, donde se le considera como un fósil guía del Berriasiano inferior (Ogg, 2004), con registros en el sur de Francia (Mazenot 1939; Hégarat & Remane, 1968), España (Barthel *et al.*, 1966; Hoedemarker, 1982; Tavera, 1985), Túnez (Arnould-Saget, 1953; Memmi 1967), Bulgaria (Sapunov, 1979), Polonia (Wierzbowski & Remane, 1992), Hungría (Horvath & Knauer, 1986), El Tíbet (Liu & Wang, 1987), El Cáucaso (Khimchiashvili, 1989; Kvantaliani, 2000), el extremo oriental de Rusia (Sey & Kalacheva, 1990) e Irak (Horwarth, 1992).

### **Género *Substeueroceras* (Spath, 1923c)**

**Especie tipo:** *Odontoceras koeneni* Steuer (1897, p. 45, pl. 17, figs. 1-3), por designación subsecuente de Spath (1923c, p. 305). El genotipo está perdido, pero existe una copia en yeso (GZG 499-57) del espécimen original de Steuer (1897). Salazar (2012) designa como neotipo

al espécimen GFZ 499-58, ilustrado como *Odontoceras koeneni* Steuer (1897, p. 45, pl. 17, figs. 4-5).

*Substeueroceras koeneni*

*Substeueroceras koeneni* (Steuer 1897)

Figura 23

- 1897 *Odontoceras Koeneni* n. sp. Steuer, p. 45, pl. 17, figs. 1-5.
- 1921 *Steueroceras Koeneni* (Steuer). Gerth, p. 147.
- 1923a *Substeueroceras koeneni* (Steuer). Spath, p. 305.
- 1925 *Steueroceras Koeneni* (Steuer). Gerth, p. 83, pl. 6, fig. 6.
- 1931 *Steueroceras Koeneni* (Steuer). Windhausen, pl. 30, fig. 2.
- 1945 *Substeueroceras koeneni* (Steuer). A. Leanza, p. 28, pl. 5, figs. 7-8, pl. 7, fig. 4.
- ? 1945 *Substeueroceras disputabile* A. Leanza, p. 29, pl. 7, fig. 3, pl. 8, fig. 3, pl. 9, fig. 1.
- 1951 *Substeueroceras köneni* (Steuer). Rivera, p. 34, pl. 3, fig. 2.
- 1957 *Substeueroceras koeneni* (Steuer). Arkell, *et al.*, p. 352, fig. 462: 1a-1b.
- 1958 *Substeueroceras koeneni* (Steuer). Corvalán & Pérez, p. 43, pl. 9, fig. 19.
- 1958 *Substeueroceras subfasciatum* (Steuer). Corvalán & Pérez, p. 46, pl. 14, fig. 33.
- 1959 *Substeueroceras koeneni* (Steuer). Corvalán, p. 20, pl. 7, fig. 27.
- 1981b *Substeueroceras koeneni* (Steuer). H. Leanza, pl. 3, fig. 11.
- 1990 *Substeueroceras koeneni* (Steuer). Aguirre-Urreta & Charrier, p. 266, pl. 1, fig. 3.
- 1994 *Substeueroceras koeneni* (Steuer). Pérez & Reyes, p. 58.
- 1999 *Substeueroceras* aff. *tabulatum* Verma & Westermann. Fatmi & Zeiss, p. 94, pl. 42, figs. 1, 5.
- 2012 *Substeueroceras koeneni* (Steuer 1897). Salazar, p. 191. Fig. 4.59, a-f., Fig. 4.61. a-s. (con sinonimia adicional).



**Figura 21:** *Berriasella jacobi* (Mazenot, 1939). Ejemplares identificados en el Miembro Placa Roja la Formación Lo Valdés, en las localidades de Cajón del Morado, Lo Valdés y Cruz de Piedra. C-666/2A/2B. 10 mm.



**Figura 22:** *Berriasella jacobi* (Mazenot, 1939). Ejemplares identificados en el Miembro Placa Roja la Formación Lo Valdés, en las localidades de Cajón del Morado, Lo Valdés y Cruz de Piedra. C-1037/2A-2B-2D-3B-3C-3D. 10 mm.

**Tipo:** Salazar (2012) designa al espécimen GZG 499-57 definido como *Odontoceras koeneni* por Steuer (1897, p.45, pl. 17, figs 4-5). En el mismo trabajo, Salazar (2012) designa como neotipo al espécimen GZG 499-58 el cual fue ilustrado como *Odontoceras koeneni* Steuer (1897, p. 45, pl. 17, figs. 4-5).

**Material:** 9 especímenes, de estado de preservación regular a bueno.

**Descripción:** Involuto en ejemplares juveniles, con umbílico ensanchando gradualmente en ejemplares adultos ( $D > 70$  mm), con la relación U/D entre los valores 0,25 en un espécimen de 43,6 mm de diámetro y de 0,55 en un espécimen de 72,2 mm de diámetro. La sección de vuelta es elíptica en especímenes juveniles, más alta que ancha. Esta característica cambia gradualmente en ejemplares adultos, donde se presenta a su vez una sección de vuelta redondeada, alta de igual manera que ancha. El borde umbilical es casi vertical, los flancos sub paralelos, levemente convexos hacia el vientre, el cual va de ser ovalado angosto en ejemplares juveniles a ovalado ancho en adultos, con costillas pasantes. Las costillas son de orientación general prorsiradiata, y de tipo cóncavo hasta el hombro umbilical, para después tornarse rectas hacia el vientre. La mayoría de las costillas son bipartitas, con el punto de partición se da en la parte media del flanco, resultando en un ángulo de partición angosto. En los ejemplares de mayor tamaño ( $> 70$  mm) se aprecia que las costillas son más robustas y espaciadas en el umbílico, y se tornan más finas y cercanas en la última vuelta.

#### Dimensiones

Especimen	(D)	(W)	(H)	W/H	(U)	U/D
C-1028/1D	(72,20)	(14,00)	(26,00)	0,54	40,00	(0,55)
C-1037/1A	(43,60)	14,60	21,70	0,67	(10,80)	(0,25)
C-1044/1A	(53,40)	20,50	19,10	1,07	19,50	(0,37)
C-1028/3A	(75,00)	-	(26,00)	-	34,30	(0,46)
C-1036/2B	(54,20)	-	(20,00)	-	16,50	(0,30)
C-1044/1C	-	-	(29,00)	-	43,00	-
C-666/2G	-	14,50	15,00	0,97	17,40	-

**Discusión:** Se debe notar que el neotipo GFZ 499-58 es un espécimen juvenil. Los taxones *Substeueroceras fasciatum* y *S. subfasciatum*, establecidos por Steuer (1897), son parientes cercanos de *S. koeneni* (Salazar, 2012). Según Steuer (1897) las costillas son ligeramente más robustas y bi- o tripartitas en la parte media del flanco. Salazar (2012) revisa el material



original de Steuer (1897), donde concluye que *S. fasciatum* y *S. subfasciatum* se encuentran dentro del rango de variabilidad morfológica de *S. koeneni*, y la variabilidad morfológica es producto de la transición de un espécimen entre juvenil y adulto.

*S. permulticostatum* fue definido por Steuer (1897) a partir de solo un espécimen incompleto, subsecuentemente solo se han descrito especímenes fragmentarios por Burckhardt (1900), Rivera (1951) y Haas (1960). Según Steuer (1897), *S. permulticostatum* difiere de *S. koeneni* por una sección de vuelta más alta y un umbílico más ancho. Posteriormente, Salazar (2012) indica que *S. permulticostatum* se encuentra dentro del rango de variabilidad morfológica de *S. koeneni*, sinonimizando ambos taxones.

Las especies *Substeueroceras lamellicostatum* y *S. durangense* descritas por Burckhardt (1912) en México difieren por la intercalación de las costillas individuales y el tipo de costillas, donde Salazar (2012) considera que estas diferencias se encuentran dentro del rango de variabilidad morfológica de *Substeueroceras koeneni*.

Gerth (1925) describe la especie *Substeueroceras steueri*, indicando que el taxon se asemeja a *S. lamellicostatum*, especie que se considera sinónimo de *S. koeneni*. Salazar (2012) revisa el material descrito por Gerth (1925) y concluye que son morfológicamente indistinguibles de ejemplares juveniles de *S. koeneni*, por lo que considera sinónimos los taxones *S. koeneni* y *S. steueri*. Gerth (1925) también describe la similitud entre *Substeueroceras rotundatum* y *S. steueri*. Según este autor, las diferencias son menores, radicando en una sección de vuelta más ancha y menos alta en el taxón *S. rotundatum*, costillas levemente más robustas y una interrupción en el vientre. Salazar (2012) atribuye estas diferencias a un sesgo por preservación.

La especie *S. rotundatum* se basa en la descripción de un solo espécimen, el cual según Salazar (2012) corresponde a *S. steueri*, el cual es por su parte sinónimo de *S. koeneni*. La especie *Substeueroceras kellumi* fue definida por Imlay (1939) a con la descripción de costillas más angostas y sinuosas, junto con un enrollamiento levemente más involuto. Salazar (2012) considera que estas diferencias se encuentran dentro del margen de variabilidad de *S. koeneni*, y que, por lo tanto, *S. kellumi* y *S. koeneni* son sinónimos.

**Ocurrencia:** Los especímenes de *Substeueroceras koeneni* fueron recolectados en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en las secciones Paso los Bayos y Cruz de piedra, asignándolo al Berriasiano.

Previo a esto, Salazar (2012) reporta la presencia de *S. koeneni* en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en las localidades de Cajón del Morado, Lo Valdés y Cruz de Piedra (Berriasiano). Biró (1964, 1980) también registra la presencia de este taxón en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés, y le asigna al Titoniano superior a especímenes que consideró distintos de los aislados de la secuencia del Berriasiano superior. También existen registros de *S. koeneni* por parte de Corvalán (1959) en la Formación Las Leñas (sinonimizada a la Formación Baños del Flaco) y se les asigna al Titoniano superior.

En Argentina central, *S. koeneni* y sus sinónimos se registran en la edad Portlandiana (Titoniano superior, Berriasiano inferior), Valanginiano inferior, Infravalanginiano y Titoniano superior (Steuer 1897- 1921; Gerth 1925; Burckhardt 1930; Windhausen 1931; Weaver 1931). Leanza (1945) propone el uso de *S. koeneni* como fósil guía para extremo superior del Titoniano y otros autores argentinos han seguido esta interpretación (*e.g.* Leanza 1981b; Riccardi 1988; Parent 2001a).

En Perú, *S. koeneni* se registra en el Titoniano superior (Rivera, 1951). En Colombia se registra en el Berriasiano superior (Hass, 1960). En México se registra en el Portlandiano (Burckhardt, 1906), Berriasiano inferior (Burckhardt, 1912) y en el Titoniano superior (Imlay, 1939; Verma & Westermann, 1973).

También existen registros de *S. koeneni* en el Titoniano superior de Pakistan (Fatmi & Zeiss, 1999), en Yemen, en las biozonas Durangites (Titoniano superior) y Occitanica (Berriasiano) (Howarth, 1998) y en el extremo este de Rusia, en el Berriasiano (Sey & Kalacheva 1999, 2001).



**Figura 23:** *Substeueroceras koeneni* (Steuer, 1897). Los especímenes fueron recolectados en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en las secciones Paso los Bayos y Cruz de piedra. C-1036/2A, C-1036/2B, C-1028/1A, C-1028/1B, C-1028/3A. 10 mm.

*Substeueroceras striolatissimum**Substeueroceras striolatissimum* (Steuer, 1897)

Figura 25.

- non1897 *Reineckeia transitoria* Oppel. Steuer, p. 32, pl. 15, figs. 6-7 (= *Berriasella fraudans*?).
- non1897 *Reineckeia mangaensis* n. sp. Steuer, p. 33, pl. 13, figs. 7-9 (= *Aulacosphinctes proximus*).
- 1897 *Reineckeia striolatissima* n. sp. Steuer, p. 36, pl. 14, figs. 5-7.
- 1897 *Reineckeia striolata* n. sp. Steuer, p. 36, pl. 14, figs. 8-10.
- ? 1897 *Perisphinctes densistriatus* n. sp. Steuer, p. 62, pl. 15, figs. 8-10.
- 1907 *Perisphinctes* cf. *striolatus* (Steuer). Haupt, p. 194.
- 1921 *Steueroceras striolatissimum* (Steuer). Gerth, p. 147. (= Steuer 1897)
- non1921 *Reineckeia transitoria* Oppel. Steuer, p. 59, pl. 15, figs. 6-7 (= *Berriasella fraudans*?) (= Steuer 1897).
- non1921 *Reineckeia mangaensis* n. sp. Steuer, p. 60, pl. 13, figs. 7-8 (= *Aulacosphinctes proximus*) (= Steuer 1897).
- ? 1921 *Perisphinctes densistriatus* n. sp. Steuer, p. 91, pl. 15, figs. 8-10 (= Steuer 1897).
- 1921 *Reineckeia striolatissima* n. sp. Steuer, p. 63, pl. 14, figs. 5-7 (= Steuer 1897).
- 1921 *Reineckeia striolata* n. sp. Steuer, p. 63, pl. 14, figs. 8-10 (= Steuer 1897).
- 1925 *Steueroceras striolatissimum* (Steuer). Gerth, p. 85, fig. 6.
- 1928 *Paraulacosphinctes striolatus* (Steuer). Krantz, p. 44.
- 1931 *Steueroceras striolatissimum* (Steuer). Windhausen, pl. 30, fig. 1 (= Steuer 1897).
- non1945 *Aulacosphinctes mangaensis* (Steuer). A. Leanza, p. 21, pl. 3, figs. 1-2 (= *Aulacosphinctes proximus*).
- 1945 *Pectinatites* (?) *striolatus* (Steuer). A. Leanza, p. 24, pl. 2, figs. 5-8.
- 1945 *Substeueroceras striolatissimum* (Steuer). A. Leanza, p. 30, pl. 2, figs. 2, 7, 9, 12-13.
- 1999 *Paraulacosphinctes?* *striolatissimum* (Steuer). Parent & Capello, p. 349.

- ? 2003 *Perisphinctes densestriatus* (Steuer). Parent, p. 146, fig. 3.
- 2003 *Paraulacosphinctes striolatus* (Steuer). Parent, p. 156, figs. 1, 5C-E, 9A-H, 10AB, 11A-B.
- 2012 *Substeueroceras striolatissimum* (Steuer). Salazar, p. 196. Fig. 4.63, 4.64.

**Tipo:** Salazar (2012) designa al espécimen GFZ 499-45, descrito como *Reineckeia striolatissima* por Steuer (1897, p. 36, pl. 14, figs. 5-7) como lectotipo.

**Material:** dos especímenes, C-666/2A, recolectado como rodado, y el espécimen Sin Cod – 01, el cual perdió su etiqueta y se desconoce su proveniencia.

**Descripción:** Enrollamiento involuto. La sección de vuelta es cuadrada alta, siendo más alta que ancha en especímenes adultos (> 44,30) (Fig. 24). Los flancos son subparalelos a levemente convexos, convergiendo hacia el vientre. El vientre es ovalado, con costillas pasantes. En zonas con el vientre levemente erosionado se aprecia el canal sifonal y/o un surco ventral ancho. Las costillas son de orientación levemente prorsiradiata, de espaciado angosto y de tipo recto a levemente sinuoso. Las costillas son bipartitas, con el punto de partición en el hombro ventrolateral y con ángulo de partición angosto.

#### Dimensiones

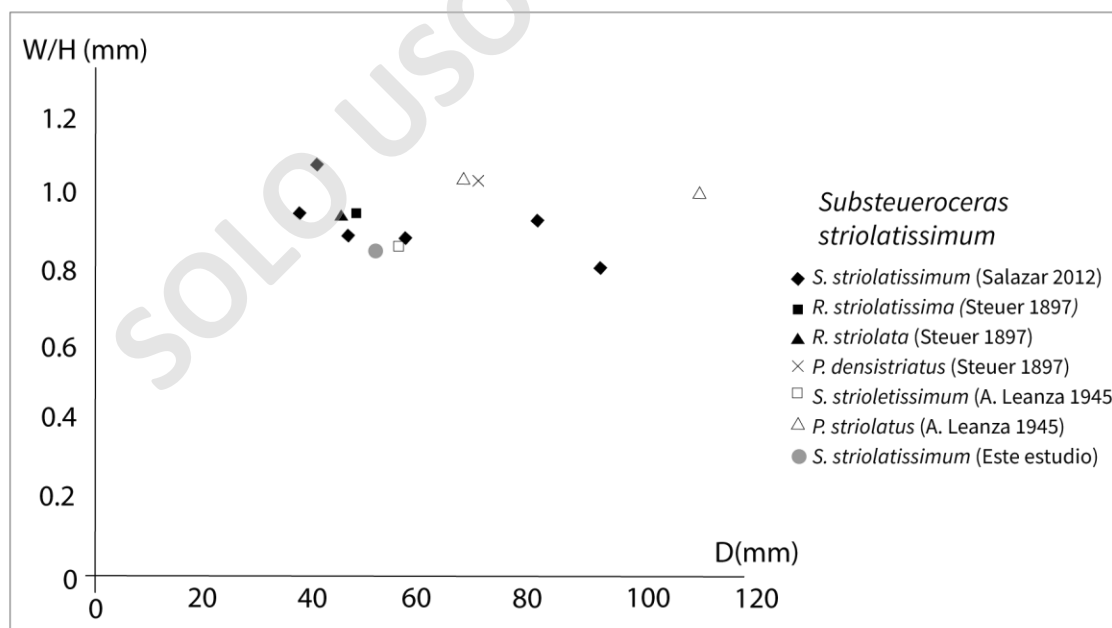
Especímen	(D)	(W)	(H)	W/H	(U)	U/D
C-666/2d	44,30	14,40	(20,00)	(0,72)	13,10	(0,30)
Sin Cod. 01	64,90	(22,50)	-	-	-	-

**Discusión:** La especie *Substeueroceras striolatissimum* se caracteriza por costillas delgadas y densas que se dividen ventrolateralmente y a través del vientre sin interrupción. Estas características corresponden al género *Substeueroceras*. Parent (2003) asigna este taxón al género *Paraulacosphinctes*, a partir de las costillas delgadas y otras características de la cámara de habitación. Steuer (1897-1921) señala que *R. striolata* y *R. striolatissima* son especies emparentadas donde *R. striolata* se distingue por costillas levemente más robustas. Salazar (2012) revisa la colección GZG (*Geowissenschaftliches Zentrum Göttingen*) y

concluye que ambos taxones son de la misma especie, y que las diferencias de costillas se deben a una mejor preservación en el material tipo de *R. striolata*. *Perisphinctes densestriatus* Steuer (1897-1921) se basa en un solo espécimen adulto, si bien su ornamentación es similar a *S. striolatissimum*, este difiere del último por una sección de vuelta más alta que ancha. Cabe notar que en el espécimen aquí descrito se aprecian zonas del vientre con costillas pasantes, con surco ancho y un relieve positivo de un surco angosto, que probablemente se trata del canal sifonal. Esta variación en el vientre se explica de forma sencilla con diferencias de erosión en los distintos puntos del vientre.

**Ocurrencia:** El espécimen corresponde a un rodado ubicado en la parte alta de la sección Paso los Bayos, asignándolo al Berriasiano superior.

Salazar (2012) indica el primer registro en Chile, en la Formación Lo Valdés, localidades de Cajón del Morado y Cruz de Piedra, asignándolo entre el Berriasiano inferior al Berriasiano superior. En Argentina se registra *S. striolatissimum* en el Titoniano (Steuer 1897-1921; Gerth, 1925; Krantz, 1926) y en el Titoniano superior (A. Leanza, 1945; Parent, 2003).



**Figura 24:** Relación entre W/H y D en *Substeueroceras striolatissimum* (Steuer 1897).



**Figura 25:** *Substeueroceras striolatissimum* (Steuer 1897). El espécimen corresponde a un rodado ubicado en la parte superior de la sección Paso los bayos. Sin.Cod-01. 15 mm.

*Neocosmoceras* sp. cf. *sayni*

**Género *Neocosmoceras* Blanchet, 1922**

**Especie tipo:** *Hoplites sayni* Simionescu (1899, p. 480, pl. 1, fig. 7) por designación subsecuente de Roman (1938, p. 332).

*Neocosmoceras sayni* (Simionescu 1899)

Figura 26.

1899 *Hoplites Sayni* Simionescu, p. 480, pl. 1, fig. 7-8.

1921 *Acanthodiscus Wichmanni* Gerth, p. 140 (*nomen nudum*).

1925 *Acanthodiscus Wichmanni* Gerth. Gerth, p. 101, pl. 3, fig. 6.

1938 *Neocosmoceras sayni* (Simionescu). Roman, p. 332, fig. 42 (=Simionescu 1899).

- 1939 *Neocosmoceras sayni* (Simionescu). Mazenot, p. 182, pl. 28, figs. 6, 7 (= Simionescu), fig. 9, pl. 29, fig. 1a (= Simionescu), fig. 1b.
- 1953 *Neocosmoceras sayni* (Simionescu). Arnould-Saget, p. 63, pl. 6, figs. 3-4, 6-7.
- 1960 *Neocosmoceras sayni* (Simionescu). Nikolov, p. 175, pl. 17, fig. 2.
- 1971 *Neocosmoceras* sp. Thomson, p. 158, fig. 3c.
- 1974 *Neocosmoceras* aff. *sayni* (Simionescu). Thomson, p. 29, fig. 4n (= Thomson, 1971).
- 1985 *Neocosmoceras sayni* (Simionescu). Tavera, p. 280, pl. 41, fig. 3, fig. 21C.
- ? 1988 *Acanthodiscus wichmanni* Gerth. Riccardi, pl. 6, figs. 4-5.
- 1990 *Neocosmoceras* sp. cf. *sayni* (Simionescu). Aguirre-Urreta & Charrier, p. 269, pl.1-2.
- 1993 *Neocosmoceras* sp. cf. *sayni* (Simionescu). Aguirre-Urreta, p. 67, pl. 2, fig. 1 (=Aguirre-Urreta & Charrier 1990).
- 2012 *Neocosmoceras sayni* (Simionescu). Salazar, p. 205-206, figs 4.68-4.69. (con sinonimia adicional).

**Tipo:** Igual al género.

**Material:** Un espécimen bien conservado.

**Descripción:** Evoluto, con umbílico ancho. La sección de vuelta es subredondeada, levemente más alta que ancha (0,90). El borde umbilical es redondeado, flancos levemente convexos y un vientre plano a subredondeado. La sutura es de tipo amonítica. La ornamentación consiste en costillas simples y robustas, de espaciado irregular. Las costillas son de orientación rectiradial, de tipo recto a levemente procóncavo. Estas costillas inician en el borde umbilical y presentan dos corridas de tubérculos, una en el hombro ventrolateral y otra en el hombro ventral. Los tubérculos ventrolaterales también se aprecian en las vueltas internas, los cuales terminan junto a la sutura umbilical.



**Dimensiones**

Espécimen	(D)	(W)	(H)	W/H	(U)	U/D
C-686/2A	103,60	33,80	35,00	0,90	42,70	103,60

**Discusión:** Mazenot (1939) describe *Neocosmoceras sayni* como una especie morfológicamente variable. Gerth (1921-1925) establece el taxón *Neocosmoceras wichmanni* a partir de un enrollamiento levemente menos evolutivo. Salazar (2012) considera que esta diferencia está dentro de la variabilidad morfológica de *Neocosmoceras sayni*, sinonimizando ambas especies.

**Ocurrencia:** El espécimen se registra en la sección Cruz de Piedra del Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés, asignándolo al Berrasiano.

*Neocosmoceras sayni* fue previamente documentado en Chile por Salazar (2012) en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en la localidad de Cajón del Morado, asignándole una edad del Berriasiano superior. También fue descrito en Chile por Aguirre-Urreta & Charrier (1990), los especímenes que mencionan son los mismos descritos en este trabajo.

En Argentina "*N. wichmanni*" fue registrado en el Valanginiano inferior (Leanza, 1945) y Hauteriviano inferior (Riccardi, 1988).

*Neocosmoceras sayni* es registrado en el Berriasiano del sureste de Francia (Mazenot, 1939; Thomel, 1966; Hégarat, 1973), España (Tavera, 1985), Hungría (Fülop, 1964), Bulgaria (Nikolov 1960, 1969), Túnez (Arnould-Saget, 1953), Argelia (Benest *et al.* 1977), Caucaso (Khimashvili, 1976), Pakistan (Spath, 1939), y la isla Alejandro I, Antártica (Thomson 1971, 1974).



**Figura 26:** *Neocosmoceras sayni* (Simionescu, 1899). Especímenes identificados en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en la localidad de Cajón del Morado. C-686-2A. 10 mm.

**Subfamilia Neocomitinae**

**Subfamilia NEOCOMITINAE Salfeld, 1921**

**Género *Tirnovella* Nikolov, 1966**

**Especie tipo:** *Berriasella alpillensis* Mazenot (1939, p. 73, pl. 6, fig. 22), por designación subsecuente de Nikolov (1966, p. 639).

*Tirnovella kayseri* (Steuer 1897)

Figura 28.

1897 *Odontoceras Kayseri* n. sp. Steuer, p. 48, pl. 22, figs. 6-8.

1897 *Odontoceras tenerum* n. sp. Steuer, p. 49, pl. 22, figs. 9-11.

- 1912 *Neocomites Kayseri* (Steuer). Burckhardt, p. 163.
- 1912 *Neocomites densestriatus* n. sp. Burckhardt, p. 190, pl. 45, figs. 1-15, 19.
- 1912 *Necomites* sp. ind. Burckhardt, p. 195, pl. 46, figs. 1, 3.
- 1921 *Odontoceras Kayseri* n. sp. Steuer, p. 76, pl. 22, figs. 6-8 (= Steuer 1897).
- 1922 *Odontoceras tenerum* n. sp. Steuer, p. 77, pl. 22, figs. 9-11 (= Steuer 1897).
- 1925 *Thurmannia? discoidalis* n. sp. Gerth, p. 98, pl. 5, fig. 3.
- 1926 *Neocomites tenerus* (Steuer). Krantz, p. 447.
- 1926 *Neocomites Kayseri* (Steuer). Krantz, p. 458.
- 1928 *Neocomites Kayseri* (Steuer). Krantz, p. 31.
- 1928 *Neocomites tenerus* (Steuer). Krantz, p. 31.
- 1928 *Thurmannia discoidalis* Gerth. Gerth, p. 477.
- 1930 *Neocomites tenerus* (Steuer). Burckhardt, table 11.
- 1945 *Thurmannites? discoidalis* (Gerth). A. Leanza, p. 65.
- 1945 *Thurmannites discoidalis?* (Gerth). Royo y Gomez, p. 228.
- 1951 *Neocomites* cf. *densestriatus* Burckhardt. Rivera, p. 41, pl. 3, fig. 6.
- 1964 *Neocomites densestriatus* Burckhardt. Muñoz, p. 25, pl. 7, figs. 6-7.
- 1988 *Thurmanniceras discoidalis* (Gerth). Riccardi, pl. 4, figs. 1-2.
- 2012 *Tirnovella kayseri* (Steuer). Salazar, p. 229, fig. 4.82. (con sinonimia adicional).

**Tipo:** Salazar (2012) designa como lectotipo al espécimen GFZ 499-78 descrito como *Odontoceras kayseri* por Steuer (1897, p. 48, pl. 22, figs. 6-8).

**Material:** Un espécimen juvenil con un muy buen estado de preservación, proveniente del punto C-666 de la sección 3F, Paso Los Bayos.

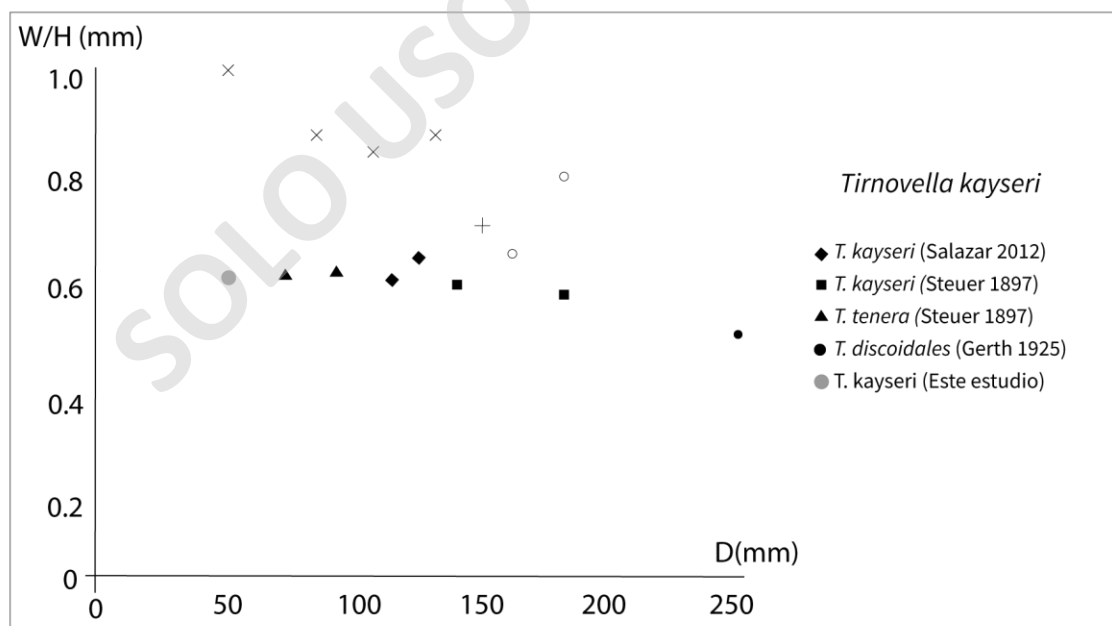
**Descripción:** Enrollamiento involuto. La sección de vuelta es elíptica, más alta que ancha, con un borde umbilical redondeado (Fig. 27). Los flancos son subparalelos en el área dorsolateral y convergen hacia un vientre plano a partir de la parte media del flanco. Las costillas son rectiradiatas a prorsiradiatas y bicóncavas. Las costillas son en su mayoría

bipartitas, mientras que otras son costillas simples. Las costillas son interrumpidas en el vientre por un surco liso, cuyo ancho ocupa casi la totalidad del vientre.

### Dimensiones

Espécimen	(D)	(W)	(H)	W/H	(U)	U/D
<b>C-666/1A</b>	49,20	13,80	20,90	0,66	12,00	0,24

**Discusión:** El lectotipo de *Tirnovella kayseri* es un espécimen adulto ( $D > 50$  mm) que presenta tubérculos elongados radialmente, que no están presentes en especímenes juveniles (Salazar, 2012). *Tirnovella densestriata* es descrita por Burckhardt (1912), a partir de fragmoconos de ejemplares juveniles. Salazar (2012) considera este taxón como un sinónimo menor de *T. kayseri*. *T. tenera* fue diferenciada por Steuer (1897) a partir de una ornamentación más delgada, pero el único espécimen descrito por Steuer (1897) es juvenil ( $D > 47$  mm) y presenta las características morfométricas de *T. kayseri* (Salazar, 2012). *T. kayseri* es similar a *T. occitanica* (Pictet, 1867), se puede distinguir a *T. occitanica* por tubérculos umbilicales elongados y un vientre más ancho y redondeado.



**Figura 27:** Relación entre W/H y D en *Tirnovella kayseri* (Steuer 1897).



**Figura 28:** *Tirnovella kayseri* (Steuer, 1897). El espécimen fue recolectado en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en la sección Paso Los Bayos. C-666/1A. 10 mm.

**Ocurrencia:** El espécimen de *Tirnovella kayseri* fue recolectado en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en la sección de Paso Los Bayos asignado a la parte basal del Berriasiano inferior.

*T. kaiseri* se registra por primera vez en Chile por Salazar (2012) en el Miembro Placa roja de la sección Cruz de piedra (Berriasiano inferior). *T. kayseri* se registra también en el Titoniano de Argentina (Steuer, 1897-1921; Krantz, 1926-1928) y del Berriasiano de Perú (Rivera, 1951), Argentina (Gerth, 1925), Colombia (Royo y Gomez, 1945) y Mexico (Burckhardt, 1912).

### *Cuyanicerias transgrediens*

#### Género *Cuyanicerias* (A. Lanza, 1945)

**Especie tipo:** El genotipo es el espécimen GFG 499-56, descrito como *Odontoceras transgrediens* por Steuer (1897, p. 40, pl. 16, figs. 11-14), por designación subsecuente de Arkell (1952, p. 860).

*Cuyanicerias transgrediens* (Steuer 1897)

Figura 30.

- 1897 *Odontoceras transgrediens* n. sp. Steuer, p. 40, pl. 16, figs. 11-14.
- 1921 *Neocomites transgrediens* (Steuer). Gerth, p. 141.
- 1925 *Neocomites transgrediens* (Steuer). Gerth, p. 105.
- 1931 *Neocomites transgrediens* (Steuer). Windhausen, p. 297, pl. 33, fig. 4 (=Steuer 1897).
- 1945 *Cuyanicerias transgrediens* (Steuer). A. Leanza, p. 54, pl. 22, fig. 3-4.
- 1957 *Cuyanicerias transgrediens* (Steuer). Arkell *et al.*, p. L358, figs. 472: 5a, 5b, 5c (= Steuer 1897).
- 1957 *Cuyanicerias cf. transgrediens* (Steuer). Bürgl, pl. 2, fig. 5.
- 1958 *Cuyanicerias transgrediens* (Steuer). Corvalán & Pérez, p. 46, pl. 14, fig. 34, pl. 15, fig. 36 (= Steuer 1897).
- 1981b *Cuyanicerias mendozanum* A. Leanza. H. Leanza, pl. 5, figs. 5-6 (= A. Leanza 1945).
- 1981b *Cuyanicerias transgrediens* (Steuer). H. Leanza, pl. 5, figs. 8-9 (= A. Leanza 1945).
- 1988 *Cuyanicerias transgrediens* (Steuer). Riccardi, p. 3, figs. 7-8.
- 1990 *Cuyanicerias raripartitum* (Steuer). Aguirre-Urreta & Charrier, p. 268, pl. 1, fig. 4.
- 1996 *Cuyanicerias transgrediens* (Steuer). Wright *et al.* p. 58, figs. 40: 2a, 2b, 2c. (= Steuer 1897).
- 2012 *Cuyanicerias transgrediens* (Steuer). Salazar, p. 233. Fig. 4.83, 4.84 (con sinonimia adicional)

**Tipo:** Igual al género.

**Material:** Un espécimen, C-1046/3A, el cual tiene un estado de preservación regular al ser un fragmento de molde interno que abarca la última vuelta y la mitad del umbílico.

**Descripción:** Enrollamiento evolutivo, con sección de vuelta elíptica, más alta que ancha y con vientre plano, donde el ancho máximo se sitúa cercano al hombro ventral (Fig. 29). El borde umbilical es redondeado y los flancos son convexos. Las costillas son procóncavas, de orientación prorsirradiadas y se presentan de forma simple. Las costillas presentan tubérculos en el borde ventral, y estos tubérculos se conectan mediante un tramo recto de costilla que cruza el vientre.

## Dimensiones

Espécimen	(D)	(W)	(H)	W/H	(U)	U/D
C-1046/3A	(70,00)	19,10	26,30	0,72	(28,00)	(0,40)

**Discusión:** *Cuyaniceras acanthicum* fue establecido por A. Leanza (1945) a partir de un solo espécimen, el autor diferencia este taxón de *C. transgrediens* según una sección de vuelta más ancha que alta. Sin embargo, las dimensiones que entrega para este espécimen (W= 28 mm, H= 38 mm) contradicen esta información, indicando una sección de vuelta más alta que ancha (A. Leanza 1945, p. 56). A. Leanza (1945) diferencia *Cuyaniceras argentinum* de *C. transgrediens* a partir de una ornamentación más robusta y un distanciamiento más regular en la mitad más externa de la última vuelta, la cual, sin embargo, corresponde a la cámara de habitación, y es indistinguible de *C. transgrediens*. Las características morfológicas del fragmocono de *C. argentinum* concuerdan completamente con las características conocidas en *C. transgrediens*, por lo que se consideran la misma especie (Salazar, 2012).

La revisión de los especímenes tipo, fue realizada por Salazar (2012) oportunidad en la cual se reevalúan los especímenes de *Cuyaniceras transgrediens* y *Cuyaniceras raripartitum* publicados por Steuer (1897) como *Cuyaniceras inflatum* en la colección de Gerth (1925) y también recolecta las características vistas en *Cuyaniceras mendozanum*, *C. acanthicum* y *C. argentinum* (A. Leanza, 1945).

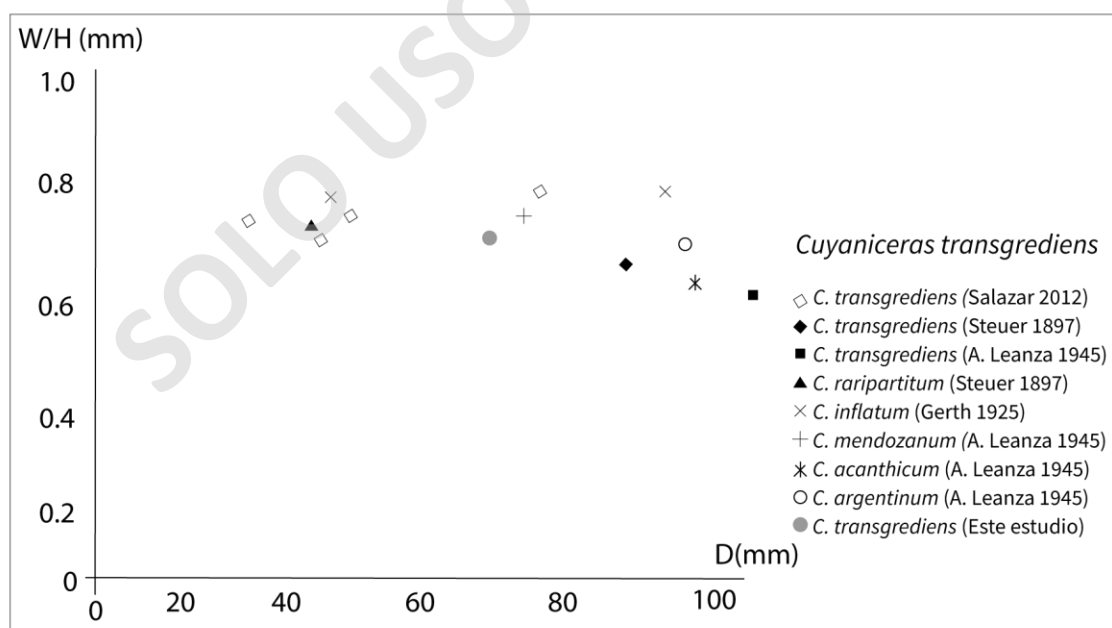
Las especies revisadas en el estudio de material tipo se basan en especímenes individuales. Tomando estos especímenes, sumados a las descripciones subsecuentes de otros autores y el material recolectado en su trabajo de terreno en la Formación Lo Valdés, Salazar (2012) concluye a partir de 23 especímenes en distintas etapas de desarrollo ( $88,3 > D < 30,9$  mm), que el taxón es morfológicamente variable en términos de ornamentación, enrollamiento y sección de vuelta. A partir de esto el autor concluye que *C. raripartitum*, *C. inflatum*, *C. acanthicum*, *C. argentinum* y *C. mendozanum* forman parte de esta variabilidad, considerando estas especies como sinónimos menores de *Cuyaniceras transgrediens*.

*C. crassituberculatum* y *C. inflatuberculatum*, ambas descritas por Gerth (1925), presentan costillas robustas, presentan hileras de tubérculos en el borde umbilical, en la parte media del flanco y dos hileras de tubérculos en el borde ventral. Según este autor, la principal diferencia

entre ambos taxones es la sección de vuelta, la cual es más ancha en *C. crassituberculatum* y más alta que ancha en *C. inflatuberculatum*. El material original de estas especies es revisado por Salazar (2012) y concluye que los especímenes muestran etapas de transición entre juveniles y adultos, considerándolos conspecíficos.

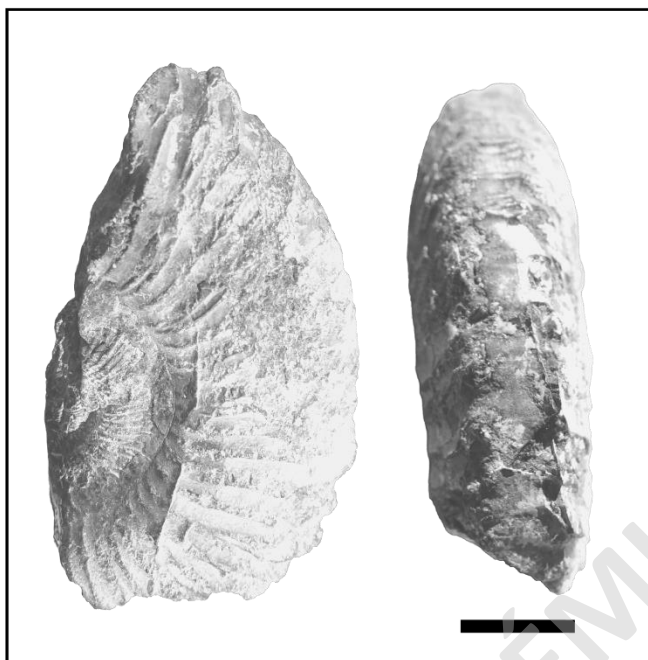
**Ocurrencia:** Los especímenes de este estudio fueron registrados en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés, dentro de la sección Cruz de Piedra, asignado al Berriasiano superior.

Salazar (2012) y Biró (1964) describen *C. transgrediens* en la Formación lo Valdés, dentro de la parte superior del Miembro Placa Roja, asignando esta especie al Berriasiano superior. Aguirre-Urreta & Charrier (1990) también describen este taxón en Cruz de piedra y lo consideran de edad Berriasiano. En Colombia, *C. transgrediens* está presente en el Berriasiano superior (Bürgl, 1960). En Argentina, Steuer (1897) asigna *C. transgrediens* una edad del Titoniano superior, pero subsecuentemente se considera este taxón como fósil guía para el Berriasiano superior (A. Leanza, 1945; H. Leanza, 1981b; Riccardi, 1988).



**Figura 29:** Relación entre W/H y D en *Cuyaniceras transgrediens* (Steuer 1897).





**Figura 30:** *Cuyaniceras transgrediens* (Steuer, 1897). Descrita en la Formación lo Valdés, parte superior del Miembro Placa Roja. C-1046/3A. 10 mm.

### Familia Perisphinctidae

#### Familia PERISPINCTIDAE Steinmann, 1890

#### Subfamilia VIRGATOSPINCTINAE Spath, 1925

#### Género *Virgatosphinctes* (Uhlig, 1910)

**Especie tipo:** *Perisphinctes (Virgatosphinctes) broilii* Uhlig (1910: 336, pl. 91, figs. 1: a-d), designado por Douvillé (1910b, p.737).

**Descripción del género:** Enrollamiento moderadamente evolutivo, con sección de vuelta redondeada a levemente comprimida. Las costillas son bipartitas, gradualmente transformándose en tripartitas y virgatotomas, donde van aumentando su tamaño y espaciamiento gradualmente. En todas las etapas las costillas son más lisas que en *Pseudovirgatites* (Uhlig, 1910; Arkell *et al.*, 1957). Las costillas en las vueltas internas son delgadas y de espaciamiento denso. Las costillas en las vueltas externas son más robustas

y distanciadas, que se ramifican en tres o más costillas secundarias en la parte media del flanco.

**Discusión:** El material tipo de *Virgatosphinctes* y *Choicensisphinctes* presenta solo unas pocas costillas virgatotomas, las que son intercaladas por costillas de ordenamiento simple e irregular de tipo bipartita o tripartita (Enay & Cariou, 1997; Yin & Enay, 2004). *Virgatosphinctes* y *Choicensisphinctes* son similares en la ornamentación de sus vueltas internas (Parent *et al.*, 2011a). Sin embargo, las costillas en *Choicensisphinctes* son más delgadas en sus vueltas internas y externas comparado a *Virgatosphinctes*, el último siendo moderadamente evolutivo, y presentando costillas distanciadas en su última vuelta, las cuales son más robustas y se encuentran agrupadas en ramas que se subdividen en tres o más costillas secundarias en la parte media del flanco (Salazar, 2012; 2016).

*Virgatosphinctes mexicanus* (Burckhardt, 1906)

Figura 32.

- 1906 *Virgatites mexicanus* Burckhardt, p. 115, pl. 31, figs. 5-9.
- 1910a *Virgatites andesensis* Douvillé, p. 7, pl. 1, figs. 3a-b, 4a-f.
- 1910a *Virgatites mexicanus* Douvillé, p. 8, pl. 1, figs. 1-2.
- 1911 *Virgatites mendozanus* Burckhardt, p. 482.
- 1914 *Perisphinctes mendozanus* (Burckhardt). Steiger, p. 502.
- 1927 *Dorsoplanites mendozanus* (Burckhardt). Spath, p. 527.
- 1931 *Virgatosphinctes andesensis* (Douvillé). Weaver, p. 422, pl. 47, figs. 313-314, pl. 48; figs. 318-321.
- ? 1943 *Subplanites* aff. *S. reisi* (Scheid). Imlay, p. 533, pl. 91, fig. 1.
- 1954 *Virgatosphinctes andesensis* (Douvillé). Indans, p. 111, pl. 13, fig. 9; pl. 16, figs. 1-5.
- 1954 *Virgatosphinctes* n.sp. aff. *andesensis* (Douvillé). Indans, p. 112, pl. 17, figs. 1-3.
- 1954 *Virgatosphinctes* cf. *mexicanus* (Burckhardt). Indans, p. 113, pl. 18, fig. 1.

- 1958 *Virgatosphinctes andesensis* (Douvillé). Corvalán & Pérez, p. 43, pl. 8, fig. 18ab. (=Douvillé, p. 7, pl. 1, fig. 4).
- 1959 *Virgatosphinctes andesensis* (Douvillé). Corvalán, p. 23, pl. 4, fig. 18; pl. 5, fig. 19.
- 1959 *Virgatosphinctes leñaensis* Corvalán, p. 22, pl. 14-15.
- 1964 *Subplanites mendozanus* (Burckhardt). Enay, p. 365.
- 1964 *Virgatosphinctes andesensis* (Douvillé). Biro, p. 58.
- 1970 *Virgatosphinctes andesensis* (Douvillé). Tavera, p. 181, pl. 2, fig. 3.
- 1979 *Virgatosphinctes* sp. nov. aff. *andesensis* (Douvillé). Thomson, p. 18, pl. 4, figs. e-g.
- 1979 *Virgatosphinctes* aff. *mexicanus* (Burckhardt). Thomson, p. 20, pl. 4, fig. h.
- 1980 *Virgatosphinctes mexicanus* (Burckhardt). Leanza, p. 28, pl. 2, figs. 1a-b; figuras de texto 7c.
- 1980 *Virgatosphinctes andesensis* (Douvillé). Leanza, p. 29, pl. 2, figs. 5a-b; figura de texto 7d, 9.
- 1981 *Virgatosphinctes mexicanus* (Burckhardt). Leanza, pl. 1, figs. 5-6 (= Leanza 1980)
- 1989 *Virgatosphinctes* cf. *mexicanus* (Burckhardt). Howlett, p. 16, pl. 1, fig. 4; pl. 2, fig. 3.
- 1989 *Virgatosphinctes* cf. *andesensis* (Douvillé). Howlett, p. 17, figura de texto 2C.
- 1992 *Virgatosphinctes* cf. *mexicanus* (Burckhardt). Sey *et al.*, pl. 90, fig. 16.
- 1997 *Virgatosphinctes* cf. *andesensis* (Douvillé). Riley *et al.*, p. 438, fig. 3j.
- 2006 “*Torquatisphinctes*” cf. *mendozanus* (Burckhardt). Parent *et al.*, p. 259, figs. 4cd.
- 2011 *Choicensisphinctes* cf. *mendozanus* (Burckhardt). Parent *et al.*, p. 77, fig. 24.
- 2012 *Virgatosphinctes scythicus* (Vischniakoff). Salazar, p. 76, fig 4.5 a-e. fig. 4.6 a-b. fig. 4.7 d-g.
- 2016 *Virgatosphinctes scythicus* (Vischniakoff). Salazar, p 156, fig. 6.

**Tipo:** El lectotipo fue designado.

**Material:** 7 ejemplares, de regular a buen estado de conservación.

**Descripción:** Enrollamiento evolutivo y discoidal. La sección de vuelta es redondeada. El borde umbilical es redondeado, flancos convexos y vientre ovalado con costillas pasantes que muestran una curvatura hacia la apertura. El ancho máximo se encuentra en la zona dorsolateral (Fig. 31). La ornamentación consiste en costillas primarias prominentes que se inician en la pared umbilical. En el tramo entre la pared umbilical y el hombro del umbílico la costilla adopta una forma cóncava de orientación rursirradiata. En el tramo entre el hombro umbilical y el punto de partición de la costilla primaria, esta se torna recta y de orientación prorsirradiata. En la parte media del flanco, la costilla presenta una partición virgatotoma de tres costillas. En las vueltas más internas se aprecia que las costillas son bipartitas, mientras que la partición virgatotoma se da en la última vuelta.

### Dimensiones

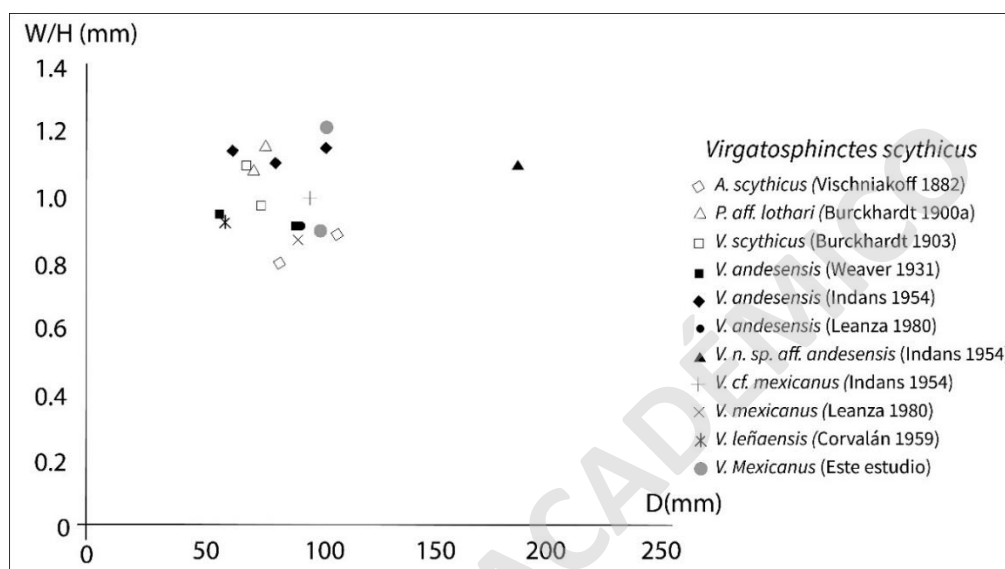
Espécimen	(D)	(W)	(H)	W/H	(U)	U/D
<b>C-665a/1A</b>	87,50	34,10	32,10	1,06	34,80	0,39
<b>C-307/1A</b>	70,50	27,70	28,40	0,97	25,50	0,36
<b>C-305/1A</b>	73,30	30,50	23,70	1,28	26	0,35
<b>C-303/1A</b>	-	33,20	28,40	1,16	42	-
<b>C-229/1A</b>	75,70	23,70	24	0,98	28,50	0,37
<b>C-1037/3E</b>	44,30	14,70	13,50	1,08	20,50	0,46
<b>C-1037/1E</b>	43,40	14,50	12	1,20	-	-

**Discusión:** *Virgatosphinctes mexicanus* y *Virgatosphinctes andesensis* son taxones asociados y se asemejan a *V. scythicus* en su sección de vuelta y ornamentación. Se distingue a *V. mexicanus* por constricciones presentes en su última vuelta (Burckhardt, 1906; Douvillé, 1910a; Indans, 1954; Leanza, 1910). Se reportan constricciones ocasionales en *V. andesensis* (e.g. Douvillé, 1910; Weaver, 1931; Indans, 1954; Leanza, 1980). En *V. mexicanus* las constricciones son seguidas de una costilla robusta, mientras que en *V. andesensis* se siguen por una costilla delgada y prominente (Douvillé, 1910a; Indans, 1954; Leanza, 1980). Tomando en cuenta que estas diferencias son menores, que pueden ser explicadas por un sesgo de preservación, sumado a que Thomson (1979) indica que la ornamentación de *V. andesensis* cambia durante distintas etapas de crecimiento, Salazar (2012) concluye que *V. mexicanus* y *V. andesensis* son la misma especie.

*Virgatosphinctes evolutus* se consideraba levemente más inflado que *V. andesensis*, pero todas las otras características morfológicas son idénticas (Parent *et al.*, 2011a). Salazar (2012) argumenta que debido a la amplia variabilidad de ambos taxones se les considera sinónimos.

Weaver (1931) indica que *V. andesensis* es asociado al *V. scythicus* del Titoniano en Rusia, el cual fue considerado como una especie asociada a *V. mexicanus* por Burckhardt (1906). *V. mexicanus* y *V. andesensis* son altamente similares a *V. mendozanus* (e.g. Burckhardt 1903; Douvillé, 1910a; Weaver, 1931; Indians, 1954; Thomson, 1979; Leanza, 1980; Howlett, 1989), pero la historia nomenclatural de *V. mendozanus* es compleja (Leanza, 1980, p. 13). Burckhardt (1900) figura el taxón como *Perisphinctes aff. Lothari*, posteriormente el mismo autor (1903) refiere esta especie a *Virgatites scythicus* Vischniakoff. Esta clasificación es cuestionada por Douvillé (1910a) quien establece el taxón *Virgatites andesensis* y considera como sinónimo a *Virgatites scythicus* de Burckhardt (1903). Burckhardt (1911 y 1912) incluye *V. andesensis* como sinonimia de *Virgatites scythicus*. Burckhardt (1911) propone un nuevo nombre, *Virgatites mendozanus*, para la misma especie. Douville (1910a) sugiere que *Virgatites scythicus* difiere de *Virgatites andesensis* por costillas más distanciadas, una sección de vuelta levemente más alta y costillas más delgadas. Salazar (2012) argumenta que el espécimen ruso es un ejemplar adulto (D>113 mm) y las diferencias morfológicas con *Virgatites andesensis* se pueden ser producto de la variación ontogénica y la comparación de ejemplares juveniles con ejemplares adultos. Las costillas en la última vuelta del espécimen tipo de *Ammonites scythicus* Vischniakoff (1882) son más espaciadas que en las vueltas internas. Estos cambios son diagnósticos para el género *Virgatosphinctes* (Uhlig, 1910). Los especímenes juveniles figurados por Vischniakoff (1882) presentan enrollamiento evolutivo, concha discoidal, vientre subovalado y costillas primarias prominentes que son tripartitas a tetrapartitas. Es en vista de estas descripciones que Salazar (2012) considera que *Ammonites scythicus* Vischniakoff (1882) puede ser inseparable de *V. mexicanus*, *V. andesensis* y *V. mendozanus* (e.g. Burckhardt, 1903; Douvillé, 1910a; Weaver, 1931; Indians, 1954; Thomson, 1979; Leanza, 1980; Howlett, 1989), sinonimizando estas especies con *Virgatosphinctes scythicus* (Vischniakoff, 1882), el cual aparentemente, trata de un taxón morfológicamente variable.

Aguirre-Urreta *et al.* (2019) argumentan que ambos taxones son especies distintas, estando en desacuerdo con que los ejemplares del género *Virgatosphinctes* andinos presenten la afinidad boreal que implica la sinonimización con *V. scythicus*. Posteriormente, Salazar *et al.* (2020) reasignan los especímenes descritos como *V. scythicus* al taxón *V. mexicanus*, indicando que ambas especies no son sinónimas.



**Figura 31:** Relación entre W/H y D en *Virgatosphinctes mexicanus* (Vischniakoff, 1882).

**Ocurrencia:** Los especímenes de *Virgatosphinctes mexicanus* de este trabajo fueron recolectados en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en las secciones Paso Los Bayos y Cruz de piedra (Titoniano inferior).

Este taxón está presente en el miembro inferior de la Formación Baños del Flaco, asignado al Titoniano (Salazar, 2012). *V. andesensis* ha sido reportado en el Titoniano inferior de Mendoza y Neuquén, Argentina (Weaver, 1931; Indians, 1954; Leanza, 1980) y en el Titoniano inferior en Chile central (Corvalán & Pérez, 1958; Corvalán, 1959; Biro, 1980, Hallam *et al.*, 1986). *V. mexicanus* se ha descrito en el Titoniano en México (Burckhardt, 1906), Titoniano inferior en Mendoza, Argentina (Indians, 1954), y en el extremo superior del Titoniano inferior de la Formación Vaca Muerta en Cerro Lotena, Argentina (Leanza, 1980). Salazar *et al.* (2020) proponen que *V. mexicanus* es un índice de la biozona del Titoniano medio. *V. mendozanus* es considerado como índice de biozona del Titoniano inferior en la Cuenca de Neuquén, Argentina (Leanza, 1980). En la Antártica se registra *V.*

*andesensis* y *V. mexicanus* en la Isla Alejandro I, donde se les asigna una edad del extremo inferior del Titoniano (Thomson, 1979; Howlett, 1989).



**Figura 32:** *Virgatosphinctes mexicanus* (Vischniakoff, 1882). Los especímenes fueron recolectados en el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en las secciones Paso Los Bayos y Cruz de piedra. C-303/1A, C-595/12A. 10 mm.

### Género *Aulacosphinctes* (Uhlig, 1910)

**Especie tipo:** *Ammonites mörikeanus* Oppel (1863, p. 281, fig. 2a, b); por designación posterior de Spath (1924, p. 16).

**Descripción del género:** Enrollamiento evolutivo y comprimido, costillas robustas, espaciadas, bipartitas anchas, algunas costillas son simples. Tubérculos ausentes, surco ventral profundo y persistente (Uhlig, 1910; Opper, 1865; Arkell *et al.*, 1957).

**Discusión del género:** El estilo de costillas de este género está relacionado con la familia Himalayitinae (Arkell *et al.*, 1957), pero las características morfológicas están también presentes en Berriasellinae, siendo la densidad y espaciamiento de costillas la principal diferencia (Parent, 2003 - 2011; Salazar, 2012).

*Aulacosphinctes proximus* (Steuer, 1897)

Figura 34.

- 1897 *Reineckeia proxima* Steuer, p. 160, pl. 8, figs. 7-9.
- 1897 *Perisphinctes colubrinus* Reinecke. Steuer, p. 188, pl. 15, fig. 11.
- 1900 *Perisphinctes contiguus* Catullo. Burckhardt, p. 45, pl. 24, fig. 1.
- 1900 *Reineckeia* aff. *cimbrica* Neumayr. Burckhardt, p. 40, pl. 24, fig. 2.
- 1900 *Perisphinctes colubrinus* Reinecke. Burckhardt, p. 44, pl. 24, figs. 5-6.
- 1900 *Perisphinctes colubrinus* Reinecke. Burckhardt, p. 46, pl. 26, fig. 4.
- 1907 *Perisphinctes proximus* (Steuer). Haupt, p. 192.
- 1921 *Reineckeia proxima* Steuer, p. 61, pl. 8, figs. 7-9.
- 1921 *Perisphinctes colubrinus* Reinecke. Steuer, p. 90, pl. 5, fig. 11.
- 1928 *Aulacosphinctes wanneri* Krantz, p. 42, pl. 2, figs. 6a, b.
- 1931 *Aulacosphinctes proximus* (Steuer). Weaver, p. 411, pl. 44, figs. 298-299.
- 1931 *Aulacosphinctes colubrinus* (Reinecke). Weaver, p. 413, pl. 44, figs. 301-303.
- ? 1954 *Virgatosphinctes inaequicostatus* Indans, p. 120, pl. 15, figs. 2-3.
- ? 1954 *Virgatosphinctes prorsocostatus* Indans, p. 120, pl. 15, figs. 4-5.
- 1954 *Perisphinctes* (*Dichotomosphinctes*?) sp. Indans, p. 124, pl. 20, fig. 3.



- 1959 *Aulacosphinctes* sp. aff. *A. colubrinus* (Reinecke). Corvalán, p. 12, pl. 5, fig. 22.
- 1959 *Aulacosphinctes proximus* (Steuer). Corvalán, p. 13, pl. 6, fig. 23.
- 1959 *Aulacosphinctes chilensis* Corvalán, p. 15, pl. 6, fig. 24.
- 1964 *Aulacosphinctes proximus* (Steuer). Biro, p. 46.
- 1980 *Aulacosphinctes proximus* (Steuer). Biro, p. 143-144.
- 1980 *Aulacosphinctes proximus* (Steuer). Leanza, p. 44, pl. 6, figs. 2, 4-5.
- 1981 *Aulacosphinctes proximus* (Steuer). Leanza, pl. 2, figs. 9-10.
- 1999 *Troquatisphinctes* cf. *proximus* (Steuer). Parent & Capello, p. 349.
- 2003 *Troquatisphinctes proximus* (Steuer). Parent, p. 159, figs. 1, 9i-l, 12a-b, 13a-c.
- 2004 *Aulacosphinctes* cf. *proximus* (Steuer). Yin & Enay, p. 673, pl. 3, fig. 4a, b).
- ? 2009 *Aulacosphinctes proximus* (Steuer). Aguirre-Urreta & Vennari, p. 39, fig. 5r-t.
- 2011 *Catutosphinctes proximus* (Steuer). Parent *et al.*, p. 81. fig. 25B.
- 2012 *Aulacosphinctes proximus* (Steuer). Salazar, p. 89. Fig. 4.11.

**Tipo:** El lectoripo es el espécimen GZG 499-30, material original de Steuer (1897, p. 160, pl. 8, figs. 7-9) proveniente de Mendoza, Argentina. Por designación subsecuente de Parent (2003, p. 159, fig. 9i-j) lo asigna al Titoniano.

**Material:** Dos especímenes, C-666/2C y C-618/2 de regular a buen estado de preservación, el cual es en su mayoría un molde interno de la concha, con fragmentos de la concha externa.

**Descripción:** Enrollamiento evolutivo, umbílico ancho y enrollamiento discoidal. Sección de vuelta subcuadrada, levemente más ancho que alto (Fig. 33). El vientre varía de plano a ovalado, con un borde umbilical redondeado y el surco ventral bien marcado en la parte más erosionada de la conchilla. Los flancos son convexos y levemente redondeados hacia el vientre. El ancho máximo se presenta en la parte media del vientre. La ornamentación consiste en costillas casi rectas, cuya tendencia general es a ser levemente prorsirradiadas. Las

costillas son en su mayoría bipartitas en su última vuelta, bifurcándose en la parte media del flanco. Hay escasas constricciones presentes en la cámara de habitación, siendo estas la única parte donde se aprecia una interrupción del surco ventral.

**Discusión:** Parent (2003) entrega una descripción y discusión completa de esta especie, asignando al taxón *Torquatisphinctes*. Sin embargo, este género se caracteriza por una mayor densidad de costillas, una sección de vuelta más protuberante y constricciones triplicadas de estilo similar al virgatítico a lo largo de la ontogenia de un espécimen. Estas características morfológicas están ausentes en *Aulacosphinctes proximus*.

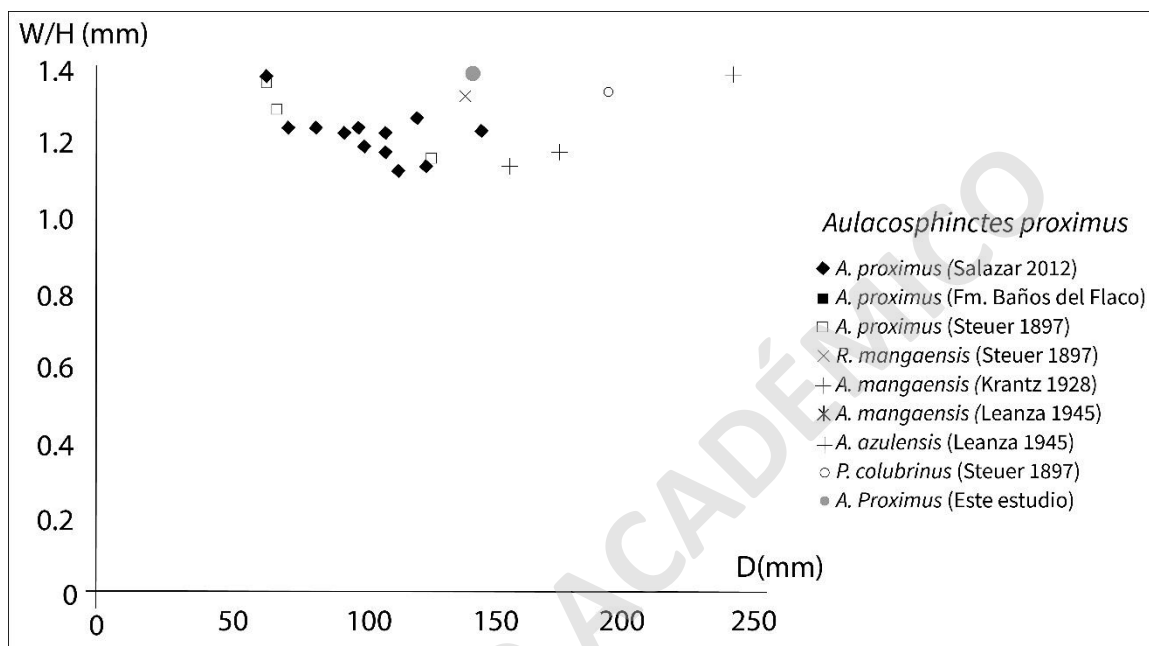
Parent *et al.* (2011) asignan el taxón al género *Catutosphinctes*, destacando que este género difiere por un flanco exterior con costillas bipartitas y tripartitas o intercaladas. Las constricciones son seguidas por costillas primarias y secundarias distantes que presentan o bipartición, poligiración o partimiento irregular (Leanza y Zeiss, 1991).

En una diagnosis complementaria de *Catutosphinctes*, Parent *et al.* (2011b), indicaron que los tubérculos lamelares pueden estar presentes en los puntos de partición de las costillas, presentes también en el paralectotipo de *A. proximus* representado por Steuer (1897-1921), el cual es un pequeño fragmocono con características himalayíticas, y además presentes en las vueltas internas de *Aulacosphinctes proximus* (Verma & Westermann, 1973). A partir de este elemento, Parent *et al.* (2011b) sugieren que el taxón *proximus* forma parte del género *Catutosphinctes*. Sin embargo, todas las otras características morfológicas coinciden con aquellos de un ammonoideo himalayítico. En base a esto, Salazar (2012) considera que la presencia de tubérculos no es un argumento suficientemente sólido para diferenciar *Aulacosphinctes* de *Catutosphinctes* y se condice con Opper (1863), Uhlig (1910) y Spath (1924) al asignar el taxón *proximus* a *Aulacosphinctes*.

*Aulacosphinctes chilensis* descrito por Corvalán (1959) difiere solo por tener constricciones en la última vuelta en un espécimen grande (D=95 mm). El área con constricciones puede corresponder a la cámara de habitación del espécimen, y no del fragmocono, por lo que Salazar (2012) asigna esta especie como sinónimo de *A. proximus*.

**Dimensiones**

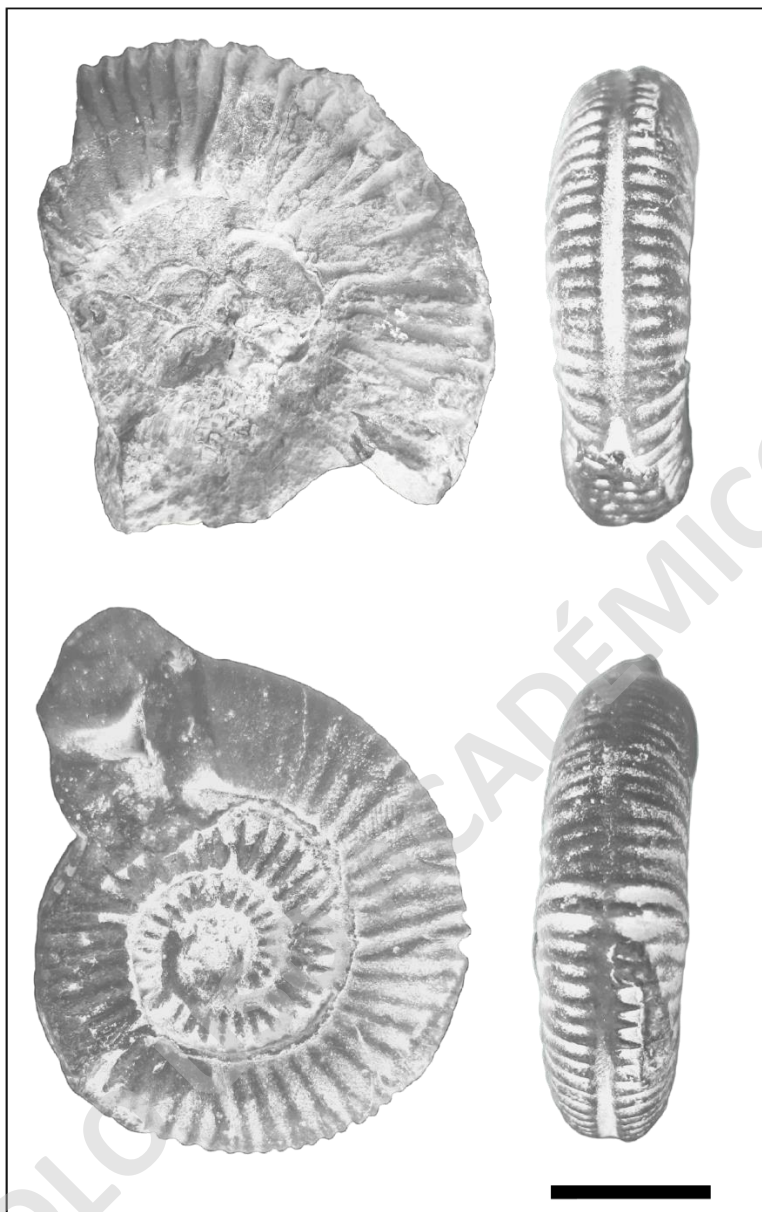
Espécimen	(D)	(W)	(H)	W/H	(U)	U/D
C-618/2	74	20,20	23,30	1,15	33,10	0,45
C-666/2C	49,90	13,80	13,50	1,02	25,90	0,52



**Figura 33:** Relación entre W/H y D en *Aulacosphinctes proximus* (Steuer, 1897).

**Ocurrencia:** Los especímenes de *Aulacosphinctes proximus* de este estudio fueron registrados en la Formación Lo Valdés en las secciones de Río Barroso y Altos de Puente de Tierra, asignando al Titoniano superior.

Registrado previamente en el Titoniano medio a superior de la Formación Lo Valdés (Biró, 1964-1980a; Hallam *et al.*, 1986). Además, se ha registrado este taxón en la Formación Baños del Flaco, en su miembro inferior asignado al Titoniano (Salazar, 2012). Otro registro de esta especie en Chile es en el Titoniano medio de la Formación Las Leñas (Corvalán, 1959). En Argentina, *A. proximus* se registra en el Titoniano medio de Neuquén y Mendoza (Steuer, 1897-1921; Burckhardt, 1900; Haupt, 1907; Krantz, 1928; Weaver, 1931; Leanza, 1980; Parent, 2003; Aguirre-Urreta & Vennari, 2009). *A. proximus* también se registra en la parte superior del Titoniano inferior en el Tíbet, Himalaya oriental (Yin & Enay, 2004).



**Figura 34:** *Aulacosphinctes proximus* (Steuer, 1897). Especímenes registrados en la Formación Lo Valdés. C-618/2A, C-675/1B, C-666/2C. 10 mm.

**Subfamilia ENDEMOCERATINAE Schindewolf, 1966**

**Género *Pseudofavrella* A. Leanza & H. Leanza, 1973**

**Especie tipo:** *Hoplites angulatiformis* Behrendsen (1892, p. 16, pl. 4, figs. 2b-2c), por designación original.

*Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen, 1892)

Figura 35.

- 1892 *Hoplites angulatiformis* Behrendsen, p. 16, pl. 4, figs. 2a-2c.
- 1910 *Favrella angulatiformis* (Behrendsen). Douvillé, p. 166.
- 1921 *Hoplites angulatiformis* Behrendsen, p. 210, pl. 4, figs. 10a-10c (= Behrendsen 1892).
- 1925 *Favrella* cf. *angulatiformis* (Behrendsen). Gerth, p. 111.
- 1931 *Favrella angulatiformis* (Behrendsen). Weaver, p. 460, pl. 57, fig. 366.
- 1939 *Favrella angulatiformis* (Behrendsen). Spath, p. 147.
- 1964 *Favrella* cf. *angulatiformis* (Behrendsen). Biro, p. 47.
- 1967 “*Hoplites*” *angulatiformis* Behrendsen. A. Leanza, p. 164.
- 1970 *Neocomites angulatiformis* (Behrendsen). Riccardi, p. 123.
- 1971 *Favrella angulatiformis* (Behrendsen). Riccardi *et al.* p. 115, pl. 14, figs. 1-2, fig. 3 (= *Pseudofavrella garatei*), figs. 4-5.
- 1973 *Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen). A. Leanza & H. Leanza, p. 131, fig. 2.
- 1980 *Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen). H. Leanza & Wiedmann, p. 954, pl. 4, fig. 1.
- 1981 *Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen). H. Leanza, pl. 7, figs. 5-6 (= H. Leanza & Wiedmann 1980).
- 1988 *Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen). Riccardi, pl. 5, figs. 5-6.
- 1996 *Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen). Wright *et al.*, p. 64, pl. 48, fig. 2 (= A. Leanza & H. Leanza, 1973).
- 1997 *Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen). Aguirre-Urreta & Rawson, p. 454, pl. 7, figs. h-i.
- 2005 *Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen). Aguirre-Urreta *et al.* fig. 5c, d.
- 2010 *Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen). Aguirre-Urreta & Rawson, p. 329, fig. 6 A-K.
- 2012 *Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen). Salazar, p. 243, fig. 4,87 d-m.
- 2014 *Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen). Stinnesbeck *et al.*, p. 1326, fig. 6 E.
- 2021 *Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen). Tello, p. 78, fig. 6,13.

**Tipo:** El lectotipo es el espécimen GZG 499-24 el cual corresponde a *Hoplites angulatiformis* Behrendsen (1892, pl. 4, figs. 2b-c), designado por Spath (1939, p. 147).

**Material:** 7 especímenes, C-478/1A, C-478/1C, C-478/1E, C-478/3A, C-478/4A, C-478/4B, C-478/4C. Todos estos son fragmentos de la última vuelta.

**Descripción:** Enrollamiento evolutivo. La sección de vuelta es elíptica a trapezoidal y los flancos son convexos, convergiendo en un vientre ovalado con costillas pasantes. El ancho máximo se da en la parte inferior a media del flanco. Las costillas son de orientación rursirradiata, de distanciamiento intermedio y de tipo convexo a proconvexo. La mayoría de las costillas son bipartitas, la partición ocurre en la parte media del flanco. No se aprecian constricciones o tubérculos, probablemente debido al estado de preservación del material de este estudio.

#### Dimensiones

Espécimen	(D)	(W)	(H)	W/H
C-478/1A	-	(48,00)	(53,80)	0,89
C-478/1C	-	(12,30)	(37,50)	0,32
C-478/1E	-	(10,60)	(26,20)	0,40
C-478/4A	-	(40,80)	52,00	0,78
C-478/4B	-	31,00	(41,00)	0,75
C-478/4C	-	(19,20)	(43,40)	0,44
C-478/3A	-	(5,50)	(12,50)	0,44

**Discusión:** A. Leanza & H. Leanza (1973) y Aguirre-Urreta & Rawson (2010) presentan una descripción completa y discusión del género *Pseudofavrella* y de *P. angulatiformis*. En este último trabajo se compara *P. angulatiformis* con *P. garatei*. Behrendsen (1892, 1921) ilustra 2 ejemplares de *Pseudofavrella angulatiformis*, siendo considerado el ejemplar de mayor tamaño de los dos como espécimen tipo. Spath (1939) sugiere que ambos especímenes son de géneros distintos, argumentando que el ejemplar de menor tamaño presenta mayor similitud con el género *Deshayesites*. Sin embargo, Riccardi *et al.* (1971) se refiere a este

espécimen como *Favrella angulatiformis*. Examinando el material original por Aguirre-Urreta & Rawson (2010) (*Bodenbender collection, Gottingen University, catalogue no. 498-25*) confirman que este espécimen es conspecífico con el lectotipo. El espécimen C-478/3A presenta deformación en forma de una grieta que recorre el flanco paralelamente al vientre, permitiendo la compresión de este. Producto de esta deformación las costillas aparentan una marcada sinuosidad, lo que lo hace fácilmente confundible con *Fuhriella hystricoides*.

**Ocurrencia:** Los ejemplares corresponden a rodados de la parte inferior del Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en la sección Altos de Escalones (Valanginiano inferior).

Este taxón ha sido reportado en la Formación Lo Valdés por Tello (2021) en la parte inferior del Miembro Cantera (Valanginiano inferior) en la localidad tipo de la formación y por Salazar (2012) en el Miembro Placa Roja en la localidad de Cajón del Morado (Berriasiano superior). Biró (1964) menciona *Favrella angulatiformis* de edad Valanginiana en la Formación Lo Valdés. En Argentina se considera este taxón como fósil guía para el Valanginiano (Weaver, 1931; A. Leanza y H. Leanza, 1973; H. Leanza y Wiedmann, 1980; Riccardi, 1988). Más recientemente, Aguirre-Urreta & Rawson (1997, 2010) restringen el taxón al Valanginiano temprano inferior.



**Figura 35:** *Pseudofavrella angulatiformis* (Behrendsen, 1892). Los ejemplares corresponden a rodados de la parte inferior del Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés en la sección Altos de Escalones. C-478/1A, C-478/1C. 10 mm.

## Capítulo 5: Discusiones

### 5.1 Estratigrafía y datos previos

En base al análisis estratigráfico del sector Nacientes del Maipo fue posible reconocer y caracterizar a los Miembros Escalador y Placa Roja de la Formación Lo Valdés, asignándole una edad relativa desde el Titoniano superior al Berriasiano respectivamente y, por medio de la paleontología sistemática se complementan los antecedentes que carecían de datos previos más detallados.

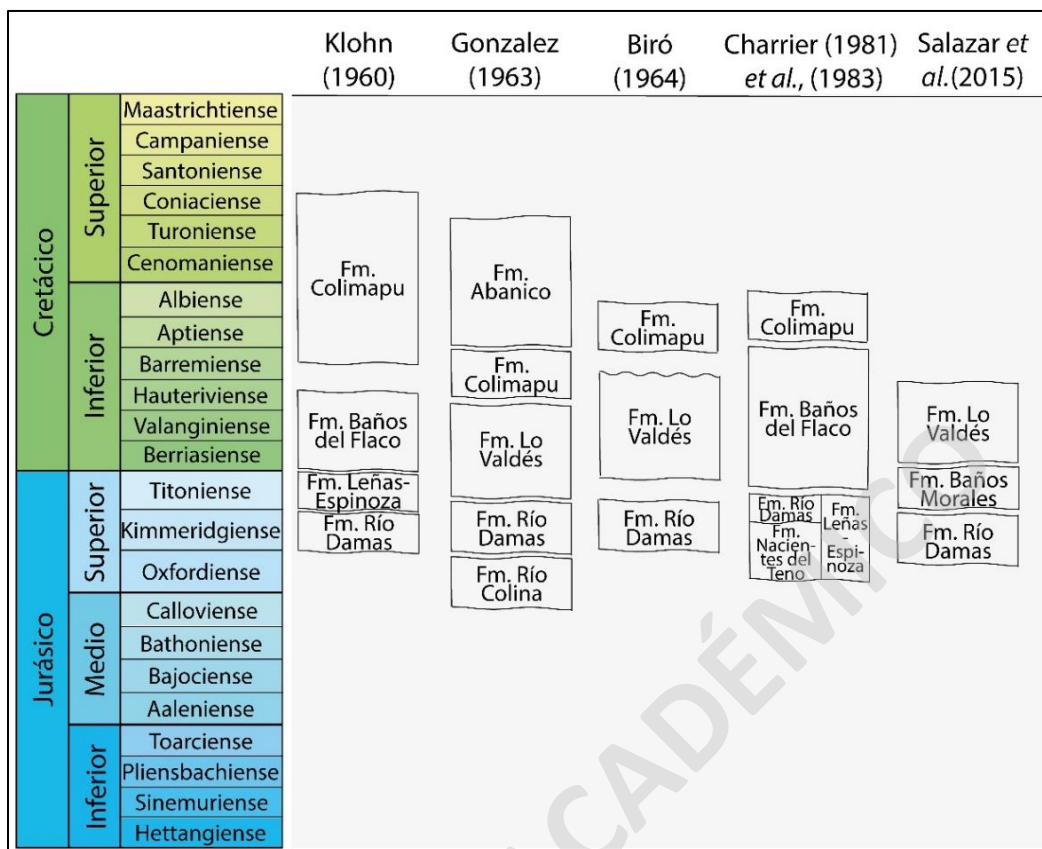
Además, se identifica en la sección de Río Barroso a la Formación Baños Morales en la zona basal de la estratigrafía, donde los Miembros La Cuesta y Placa Verde se asignan al Titoniano inferior y medio, respectivamente, ayudando con la caracterización de la información previa (Charrier, 1981; Salazar & Stinnesbeck, 2015).

Dentro de la misma línea de estudio y junto a los antecedentes de otros autores, fue posible generar de manera simplificada una tabla cronoestratigráfica de las formaciones geológicas presentes y que se ven afectadas en el área de estudio, generando una comparativa entre las definiciones previas y sus límites estratigráficos (Fig. 36).

Dado a lo anterior, para la Formación Baños Morales se asigna una edad entre el Titoniano inferior (para el Miembro La Cuesta) y Titoniano medio (para el Miembro Placa Verde), donde la sección representativa correspondería a la parte basal de Río Barroso, mientras que la Formación Lo Valdés sería asignada al Titoniano superior-Hauteriviano, lo cual se condice con el análisis estratigráfico realizado.

De manera complementaria, se pudo generar correlaciones litológicas y bio-correlaciones, entre las secciones estratigráficas realizadas por Charrier (1981) y la sección tipo de Formación Lo Valdés (Fig. 37), donde la nueva redefinición de la Formación Lo Valdés se ve reflejada en las secciones de Altos de Puente de Tierra y Altos de Escalones, ambas representan el Miembro Cantera y además se correlacionan por contenido fósil, asignándole a este miembro una edad relativa Valanginiano inferior.





**Figura 36:** Tabla cronoestratigráfica de Formaciones: Colimapu, Baños del Flaco, Río Damas, Lo Valdés y Baños Morales. Basado en Klohn (1960), Gonzalez (1963), Biró (1964), Charrier (1981, 1983), Salazar *et al.*, (2015).

Por otro lado, el Miembro Placa Roja se representa en la sección de Río Barroso y la zona basal de la estratigrafía de la sección Altos de Puente de Tierra, que a su vez se puede correlacionar litológicamente con las secciones Cruz de Piedra, Los Nacimientos y Paso los Bayos, donde en estas tres últimas secciones es posible generar bio-correlaciones por contenido fósil, y asignarlas al Berriasiense, lo cual complementaría y apoyaría con lo propuesto según Salazar (2012) y Salazar & Stinnesbeck (2015). Finalmente, el Miembro Escalador se puede correlacionar litológicamente con la sección media de Río Barroso y la zona basal de la sección Cruz de Piedra, donde anteriormente se carecía de datos.

Además, se interpreta el ambiente de depositación para la Formación Baños Morales, el cual respondería a periodos de intermitencia entre ambientes volcánico efusivo “submarino” y uno marino somero de baja energía dentro de un régimen inestable asociado a un proceso de transgresión marina en una zona de frente de playa o *shoreface*, lo cual se ve

reflejado en las litologías de la zona basal de la formación (Miembro La Cuesta), y establecería un punto de estudio.

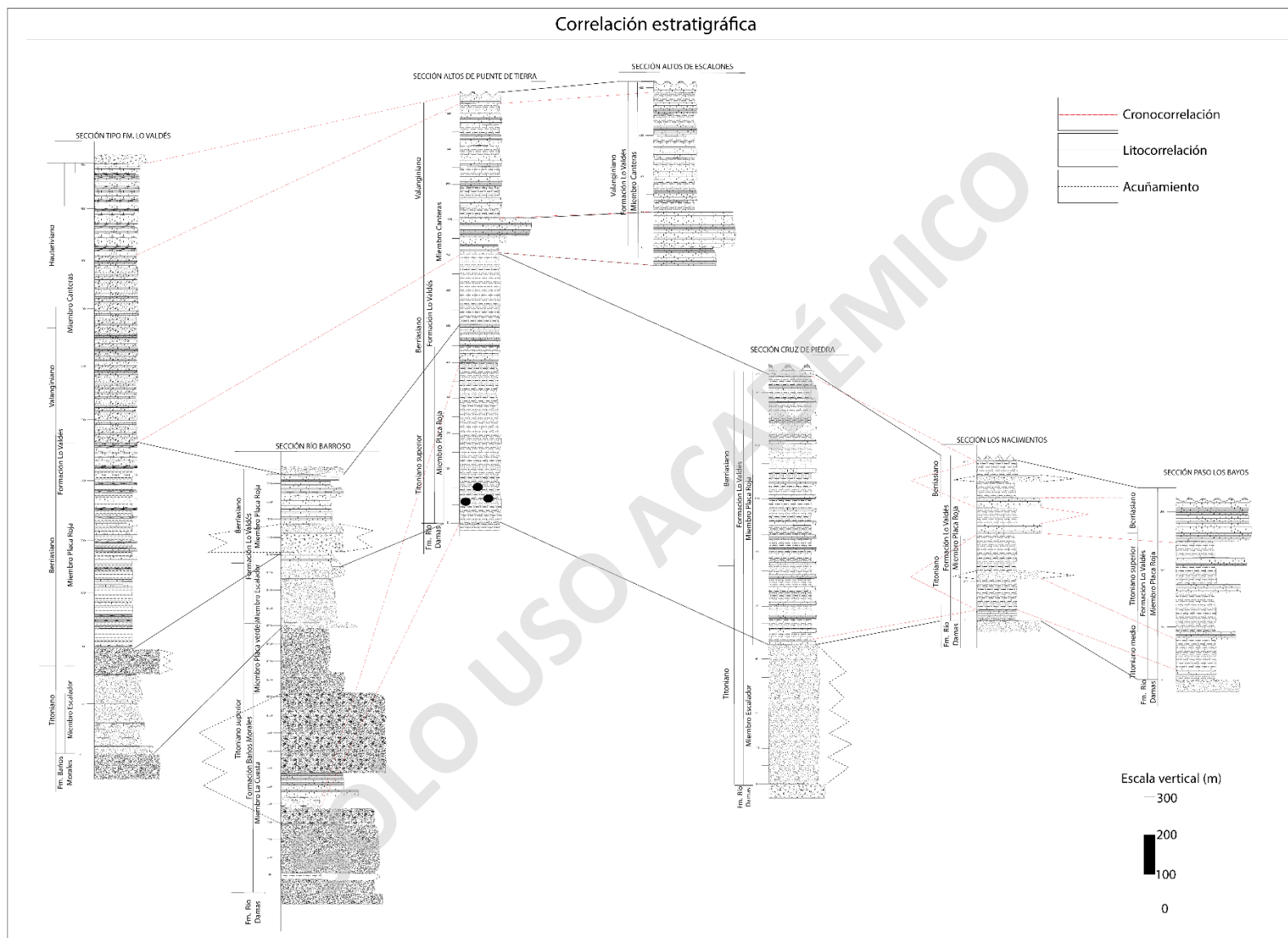
En cuanto al ambiente depositacional y de acuerdo con las asociaciones litológicas realizadas y el contenido fósil presentes en la Formación Lo Valdés, se interpretaría una variación desde la parte más superficial del ambiente marino somero en la zona de plataforma interna, representada por el Miembro Escalador, dando paso hacia un ambiente marino somero de zona de rampa media a transición costa afuera (*offshore*) correspondiente al Miembro Placa Roja y terminado con un ambiente marino somero de zona de rampa interna hacia una rampa media dentro de un ambiente regresivo, reflejado en el Miembro Cantera.

## 5.2 Bioestratigrafía y edad

Por medio de la paleontología sistemática fue posible reconocer a nivel de especie un total de 152 especímenes provenientes del sector Nacientes del Maipo, e identificando a nivel subespecie 46 de ellos provenientes de Alto río Volcán, los cuales en su mayoría correspondían a fragmentos de fragmocono.

Con la identificación de estas especies fue posible asignar la edad relativa del Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés, obteniendo así una edad que abarca desde el Titoniano medio a superior al Valanginiano inferior, coincidiendo con las edades sugeridas por autores previos. Por otro lado, para la sección de río Barroso la edad sugerida no coincide con la edad definida por los autores, lo cual podría deberse a la mala preservación de los fósiles usados en este estudio y con ello una incorrecta identificación, donde la nueva edad relativa abarcaría desde el Titoniano superior para el Miembro Escalador y Berriasiano inferior para el Miembro Placa Roja.

Por otro lado, los Nautiloideos estudiados en el presente trabajo (Fig. 38) se ubican en la base de la sección Altos de Escalones (Formación Lo Valdés), y se asociarían al Valanginiano inferior, al igual que lo publicado previamente por Salazar *et al.* (2014), y descartando edades anteriores que los situaban entre el Titoniano – Hauteriviano (*e.g*: Klohn, 1960; Charrier, 1980; Aguirre-Urreta & Charrier, 1990).



**Figura 37:** Correlaciones litológicas y cronológicas a partir de las secciones estudiadas en este estudio y sección tipo de Formación Lo Valdés.

Mientras que los ammonites de Nacientes del río Maipo (Fig. 38) abarcan edades desde el Titoniano al Valanginiano, y de acuerdo con *Aulacosphinctes proximus* y *Corongoceras cf. involutum*, se asigna al Titoniano superior para la Formación Baños Morales.

Dentro de la línea de estudio de la bioestratigrafía, el límite J/K en Chile central se encuentra bien representado por las formaciones Baños del Flaco y Lo Valdés (e.g. Biró, 1964; 1980; Hallam *et al.*, 1986). Particularmente, la biozonación de la Formación Lo Valdés fue presentada por Biró (1964) y Hallam *et al.* (1986) donde establecieron ocho biozonas faunísticas basadas principalmente en ammonoideos (Fig. 38), abarcando de este modo desde el Titoniano medio al Hauteriviano, donde solo faltaría que los autores indicaran la primera y la última aparición dentro de la columna estratigráfica (Biró, 1980; Hallam *et al.*, 1986, Salazar, 2012).

Posteriormente, Salazar (2012) describe en su tesis de doctorado seis biozonas, utilizando taxones índices de amplia distribución geográfica y alta abundancia, definiendo: Zona 1: *Micracanthoceras microcanthum/Corongoceras alternans*; Zona 2: *Substeuroceras koeneni*; Zona 3: *Thurmaniceras thurmanni/Argentiniceras fasciculatum*; Zona 4: Ammonites fragmentados inidentificables; Zona 5: Ammonites fragmentados inidentificables no *in situ*; Zona 6: *Crioceratitas diamante*.

Nuevos estudios realizados por Aguirre-Urreta *et al.* (2019) complementan las biozonas propuestas por autores anteriores que basaron su estudio en la Formación Vaca Muerta y zona central de Argentina (Leanza, 1980; Riccardi, 2008, 2015; Vennari, 2016) y proponen una biozonación más consistente para los ammonites presentes, donde describen siete biozonas: Zona 1: *Virgatosphinctes andesensis*; Zona 2: *Pseudolissoceras zitteli*; Zona 3: *Aulacosphinctes proximus*; Zona 4: *Windhausenceras internispinosum*; Zona 5: *Corongoceras alternans*; Zona 6: *Substeueroceras koeneni*; Zona 7: *Argentiniceras noduliferum*.

En trabajos posteriores, Salazar *et al.* (2020) proponen nuevamente biozonas de ammonites para las formaciones Baños del Flaco y Lo Valdés. Para la Formación Baños del Flaco, los autores proponen tentativamente: Zona 1: *Virgatosphinctes*

*mexicanus/Pseudolissoceras zitteli*; Zona 2: *Windhausenicerias internispinosum*; Zona 3: *Micracanthoceras microcanthum/Corongoceras alternans*; Zona 4: *Substeueroceras koeneni*. Mientras que para la Formación Lo Valdés describen tres biozonas: Zona 1: *Micracanthoceras microcanthum/Corongoceras alternans*; Zona 2: *Substeueroceras koeneni*; Zona 3: *Thurmannicerias thurmanni/Argentinicerias fasciculatum*.

Una última actualización de biozonas es propuesta por Szives *et al.* (2023), en donde los autores proponen y redefinen zonas bioestratigráficas anteriormente definidas por otros autores (Reboul *et al.*, 2018) y determinan las trece siguientes biozonas: Zona 1: *Lopoceras chaperi*; Zona 2: *Praedalmasiceras progenitor*; Zona 3: *Pseudosubplanites grandis*; Zona 4: *Strambella jacobi*; Zona 5: *Tirnovella occitánica*; Zona 6: *Fauriella boissieri*; Zona 7: *Tirnovella alpillensis*; Zona 8: “*Thurmanicerias*” *pertransiens*; Zona 9: *Neocomites neocomiensiformis*; Zona 10: *Karakachicerias inostranzewi*; Zona 11: *Saynoceras verrucosum*; Zona 12: *Neocomites peregrinus*; Zona 13: *Criosarasinella furcillata*.

A partir de los análisis de las biozonas de este trabajo, las edades determinadas coinciden con los autores previamente, por lo que se propone mantener las biozonaciones propuestas por Salazar (2012) y Salazar *et al.* (2020), y proponiendo a su vez las biozonas de *Virgatosphinctes mexicanus* (Titoniano inferior), *Windhausenicerias internispinosum* (Titoniano medio), *Corongoceras involutum* (Titoniano superior), *Substeueroceras koeneni* (Berriasiano) con las sub-zonas de *Berriasella jacobi* (Berriasiano inferior) y sub-zonas de *Cuyanicerias transgredis/Substeueroceras striolatissimum* (Berriasiano superior), la biozona de *Pseudofavrella angulatiformis* (Valanginiano inferior) (Fig. 39). A continuación, se describe cada una de ellas desde abajo hacia arriba:

**Biozona *Virgatosphinctes mexicanus***: Esta zona se reconoce en la parte superior del Miembro La Cuesta de la Formación Baños Morales, en la unidad de lutitas calcáreas dentro de la sección de Río Barroso (Fig. 38), y se asigna al Titoniano inferior. Además, *V. mexicanus* se identifica como rodado en la sección Cruz de Piedra, en la parte inferior del Miembro escalador de la Formación Lo Valdés, correspondiente a la unidad de areniscas calcáreas (Fig. 39). *V. mexicanus* se ha descrito en el Titoniano en México (Burckhardt, 1906), Titoniano inferior en Argentina (Indians, 1954; Leanza, 1980), y en Chile se registra en el Titoniano inferior a medio (Thomson, 1979; Howlett, 1989; Salazar *et al.*, 2020).

Baños Morales		Lo Valdés			Formación
La Cuesta	Placa verde	Escalador	Placa Roja	Canteras	Miembro
					<i>Cymatoceras perstriatum</i>
				A.E	<i>Corongoceras mendozanum</i>
		C.P P.T			<i>Corongoceras involutum</i>
		R.B P.B			<i>Berriasella jacobi</i>
			C.P		<i>Substeuerocheras koeneni</i>
			C.P P.B		<i>Tirnovella kayseri</i>
			P.B		<i>Cuyaniceras transgrediens</i>
					<i>Virgatosphinctes mexicanus</i>
					<i>Neocosmoceras sayni</i>
			P.B C.P		<i>Substeuerocheras striolatissimum</i>
					<i>Windhausenicerias internispinosum</i>
					<i>Aulacosphinctes proximus</i>
					<i>Pseudofavrella angulatiformis</i>
				P.T A.E	
Jurásico Superior		Cretácico Inferior			Época
Titoniano inferior	Titoniano medio	Titoniano superior	Berriasiano inferior	Berriasiano superior	Piso
					Edad
					Valanginiano inferior

**Figura 38:** Bioestratigrafía de especies de cefalópodos sistematizados en este estudio. R.B: Sección Río Barroso, P.T: Sección Altos de Puente de Tierra, A.E: Sección Altos de Escalones, C.P: Sección Cruz de Piedra, P.B: Sección Paso los Bayos.

**Biozona *Winhausenicerias internispinosum*:** Esta zona se basa en la presencia de *W. internispinosum* en la parte inferior de la alternancia entre lutitas y calizas calcáreas correspondiente al Miembro Placa Verde de la Formación Baños Morales (Fig. 38), asignando una edad Titoniano medio (Fig. 39). *Winhausenicerias internispinosum* se registró anteriormente en Sudamérica, particularmente en Chile, Argentina y Colombia, los cuales en Argentina provienen de la parte superior del Titoniano medio y superior (Leanza, 1945; Leanza & Zeiss, 1990-1992; Aguirre-Urreta *et al.*, 2019), y en Chile central corresponden al Titoniano

medio-superior en la Formación Baños del Flaco (Corvalán, 1959; Aguirre-Urreta & Charrier, 1990; Salazar, 2012), mientras que en Colombia la especie fue registrada tentativamente en el Titoniano superior (Bürgl, 1960).

**Biozona *Corongoceras involutum***: Esta zona se caracteriza por la presencia de *Corongoceras involutum* en calizas del Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés, dentro de las secciones de Río Barroso y Paso los Bayos (Fig. 38), otorgando una edad relativa Titoniano superior (Fig. 39). *Corongoceras involutum* se ha reportado previamente en Chile en el Titoniano superior de la Formación Lo Valdés (Biro, 1964; Salazar, 2012).

**Biozona *Substeueroceras koeneni***: Esta zona se basa en la presencia de *Substeueroceras koeneni* en unidades litoestratigráficas de lutitas en la parte superior de la estratigrafía de Cruz de Piedra y Paso los Bayos, correspondientes al Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés (Fig. 38), identificándose como rodados y asignando al piso del Berriasiano (Fig. 39). Previamente, se tiene registro de *S. koeneni* en Chile, Argentina y México desde el Titoniano superior al Berriasiano (Steuer, 1897- 1921; Burckhardt, 1906; Gerth, 1925; Burckhardt, 1930; Windhausen, 1931; Weaver, 1931; Leanza, 1945; Corvalán, 1959; Biró, 1965-1980; Salazar, 2012). En Perú, Pakistan y Yemen se registra en el Titoniano superior (Rivera, 1951; Fatmi & Zeiss, 1999; Howarth, 1998). En Colombia y Rusia se registra en el Berriasiano superior (Hass, 1960; Sey & Kalacheva, 1999, 2001). Esta biozona se divide a su vez en dos subzonas: Sub-Biozona 1: *Berriasella jacobii*; Sub-Biozona 2: *Cuyanicerias transgrediis/Substeueroceras striolatissimum*, las cuales se describen a continuación.

**Sub-Biozona *Berriasella jacobii***: La zona se reconoce en la parte superior de la sección Cruz de Piedra, dentro del Miembro Placa Roja correspondiente a la Formación Lo Valdés, en la unidad de lutitas calcáreas (Fig. 38), asignándolo al Berriasiano inferior (Fig. 39). Este taxón se registró en Chile en el Berriasiano (Salazar, 2012), en Argentina, Perú y Madagascar se registra en el Titoniano superior (Steuer, 1897;1921; A. Leanza, 1945; Collignon, 1960; Geyer, 1983) y en el Berriasiano inferior de Francia, España, Túnez, Bulgaria, Polonia, Hungría, El Tíbet, El Cáucaso, Rusia e Irak (Mazenot 1939; Arnould-Saget, 1953; Barthel *et al.*, 1966; Memmi 1967; Hégarat & Remane, 1968; Sapunov, 1979; Hoedemarker, 1982; Tavera, 1985; Horvath & Knauer, 1986; Liu & Wang, 1987;

Khimchiashvili, 1989; Sey & Kalacheva, 1990; Horwarth, 1992; Wierzbowski & Remane, 1992; Kvantaliani, 2000).

**Sub-Biozona *Cuyaniceras transgredi*/Substeueroceras striolatissinum**: Esta zona se caracteriza por la presencia de *Cuyaniceras transgredi* y *Substeueroceras striolatissinum* en la zona superior de las secciones Cruz de Piedra y Paso los Bayos, correspondiente al Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés, dentro de las unidades de lutitas (Fig. 38), otorgando una edad relativa Berriasiano superior (Fig. 39). En Chile, Argentina y Colombia se tiene registro de *C. transgrediens* en el Berriasiano superior (Steuer, 1897; Bürgl, 1960; Biró, 1964; Aguirre-Urreta & Charrier, 1990; Salazar, 2012). *S. striolatissinum* se tiene registro previamente en Chile en Berriasiano inferior a superior (Salazar, 2012) y en Argentina se registra en el Titoniano superior (Steuer 1897-1921; Gerth, 1925; Krantz, 1926; Leanza, 1945; Parent, 2003).

**Biozona *Pseudofavrella angulatiformis***: La zona de *Pseudofavrella angulatiformis* se reconoce en unidades de lutitas y calizas en las secciones de Altos de Escalones y Puente de Tierra, correspondientes al Miembro Cantera de la Formación Lo Valdés (Fig. 38), asignadas al Valanginiano inferior (Fig. 39). Este taxón ha sido reportado en el Valanginiano inferior en Chile y Argentina central (Biró, 1964; Weaver, 1931; A. Leanza y H. Leanza, 1973; H. Leanza y Wiedmann, 1980; Riccardi, 1988; Salazar, 2012; Tello, 2021).

En cuanto al contexto estratigráfico, los ejemplares correspondientes a *Corongoceras mendozanum* y *Aulacosphinctes proximus* se ubican en la base de la sección Altos de Puente de Tierra, acotando una edad Titoniano superior para los Miembros Escalador y Placa Roja de la Formación Lo Valdés, mientras que las especies *Pseudofavrella angulatiformis* se posiciona en la estratigrafía superior, asignadas al Valanginiano inferior y dentro de la estratigrafía del Miembro Cantera de la Formación Lo Valdés. Éste último espécimen también se logra identificar con una mayor abundancia en la sección de Altos de Escalones, junto con la única aparición de *Cymatoceras perstriatum* de la colección Nacientes del Maipo.

Continuando dentro de la misma línea de estudio, se identifican los ejemplares *Substeueroceras koeneni* y *Berriasella jacobii* en la sección estratigráfica Cruz de Piedra dentro del Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés, asignando una edad Berriasiano



ESTÁNDAR DE CRONOESTRATIGRAFÍA Y BIOZONACIÓN DE CHILE CENTRAL												
Ma.	Período	Época	Etapa	Tethyan occidental	Mediterranean	Cuenca Neuquén	Chile central					
				Szives <i>et al.</i> 2023	Reboul <i>et al.</i> 2014/ Wimbledon 2017	Aguirre-Urreta, <i>et al.</i> 2019	Biro 1980 & 1964	Hallam <i>et al.</i> 1986	Salazar <i>et al.</i> 2020	Este estudio		
133	Cretácico	Temprano	Valanginiano	<i>Criosarasinella furcillata</i>	<i>Criosarasinella furcillata</i>		<i>Favrella cf. angulatiformis</i>	<i>Favrella cf. angulatiformis</i>				
134				<i>Neocomites peregrinus</i>	<i>Neocomites peregrinus</i>							
135				<i>Saynoceras verrucosum</i>	<i>Saynoceras verrucosum</i>							
136				<i>Karakaschiceras inostranzewi</i>	<i>Karakaschiceras inostranzewi</i>					<i>Thurmanniceras thurmanni / Argentiniceras fasciculatum</i>	<i>PseudoFavrella angulatiformis</i>	
137				<i>Neocomites neocomiensiformis</i>	<i>Neocomites neocomiensiformis</i>							
138				" <i>Thurmanniceras</i> " <i>pertransiens</i>	<i>Thurmanniceras pertransiens</i>							
139				<i>Tirnovella alpillensis</i>	<i>Subthurmannia boissieri</i>							
140				<i>Fauriella boissieri</i>	<i>Subthurmannia occitanica</i>	<i>Argentiniceras noduliferum</i>			<i>Cuyanicerias transgrediis</i>	<i>Cuyanicerias transgrediis</i>	<i>Groebericeras roccardi</i>	<i>Cuyanicerias transgrediis / Substeueroceras striolatissimum</i>
141				<i>Tirnovella occitanica</i>					<i>Argentiniceras bituberculatum / Thurmannites discoidalis</i>	<i>Argentiniceras bituberculatum / Thurmannites discoidalis</i>		
142				<i>Strambergella jacobi</i>					<i>Berriasella jacobi</i>	<i>Substeueroceras koeneni</i>	<i>Substeueroceras koeneni</i>	<i>Substeueroceras koeneni</i>
143	<i>Pseudosubplanites grandis</i>	<i>Substeueroceras koeneni</i>	<i>Substeueroceras koeneni</i>									
144	Jurásico	Tardío	Titoniano	<i>Praedalmasiceras progenitor</i>	<i>Lopeziceras chaperi</i>	"Durangites"	<i>Corongoceras alternans</i>	<i>Corongoceras alternans</i>	<i>Corongoceras alternans</i>	<i>Microcantoceras microcanthum / Corongoceras alternans</i>	<i>Corongoceras involutum</i>	
145				<i>Microcanthum</i>	<i>Windhausenicerias internispinosum</i>	<i>Windhausenicerias internispinosum</i>	<i>Windhausenicerias internispinosum</i>	<i>Windhausenicerias internispinosum</i>	<i>Windhausenicerias internispinosum</i>			
146				<i>Ponti</i>	<i>Aulacosphinctes proximus</i>	<i>Aulacosphinctes proximus</i>						
147				<i>Fallauxi</i>	<i>Pseudolissoceras zitteli</i>	<i>Pseudolissoceras zitteli</i>						
148				<i>Semiforme</i>	<i>Virgatosphinctes andesensis</i>	<i>Virgatosphinctes andesensis</i>			<i>Virgatosphinctes mexicanus / Pseudolissoceras zitteli</i>	<i>Virgatosphinctes mexicanus</i>		
149				<i>Hybonotum</i>								

**Figura 39:** Estandarización de biozonación de especies presentes en Tethyan occidental, Mediterráneo, Cuenca Neuquén y Chile central. (Szives *et al.* 2023; Reboul *et al.* 2014; Aguirre-Urreta *et al.* 2019; Biró 1980; 1964; Hallam *et al.* 1986; Salazar *et al.* 2020 y datos de este estudio).

inferior, mientras que en la zona superior de la estratigrafía se identifica la especie *Neocosmoceras sayni* y *Cuyanicerias transgrediens*, los cuales asignarían el techo de esta sección al Berriasiano superior. Dentro de la misma sección estratigráfica, se identifican los ejemplares *Virgatosphinctes mexicanus* y *Corongoceras mendozanum*, asignándolos al Titoniano inferior y Titoniano superior respectivamente, donde *V. mexicanus* representaría

al Miembro La Cuesta de la Formación Baños Morales y *C. mendozanum* a los Miembros Escalador y Placa Roja de la Formación Lo Valdés.

Debido a que en gran parte los ejemplares correspondientes a cefalópodos de la colección Nacientes del Maipo son bajos en abundancia, representar a la sección Los Nacimientos se dificulta producto su bajo nivel fosilífero, probablemente producto del metamorfismo de contacto presente.

Gran parte de los especímenes presentes en la estratigrafía de la sección Paso los Bayos fue recolectado como rodados, por lo cual sus edades solo podrían ser estimadas por medio de correlaciones entre esta sección y las que representen el Miembro Placa Roja de la Formación Lo Valdés, identificando entre ellos especímenes de *Tirnovella kayseri* y *Substeueroceras striolatissimum*, abarcando desde el Berriasiano inferior al superior. A su vez, se identificaron especies *Virgatosphinctes mexicanus* y *Windhausenicerias internispinosum* en la zona basal de la sección y, en la parte superior ejemplares de *Aulacosphinctes proximus*, asignándolos así al Titoniano inferior, Titoniano medio y Titoniano superior respectivamente. Para la especie de *W. internispinosum* se presenta una discordancia con lo publicado por Aguirre-Urreta *et al.* (2019), ya que los autores proponen una edad asociada a la base del Titoniano superior, y en este trabajo se asigna al Titoniano medio, lo cual puede deberse a que el espécimen recolectado en el Miembro Placa Roja corresponde a un rodado.

## Capítulo 6: Conclusiones

Gracias al aporte de la paleontología sistemática realizada en el presente estudio, junto con la caracterización bioestratigráfica de la zona, fue posible definir a los cefalópodos presentes en las Nacientes del río Maipo, los cuales representan parte de la transición entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior.

Se logró la identificación de un total de 13 especies referentes a 11 géneros, entre los que fueron determinados como *Cymatoceras perstriatum*, *Windhausenicerias internispinosum*, *Corongoceras mendozanum*, *Corongoceras involutum*, *Aulacosphinctes proximus*, *Pseudofavrella angulatiformis*, *Substeueroceras koeneni*, *Substeueroceras striolatissimum*, *Berriasella Jacobi* y *Neocosmoceras sayni*.

Con la determinación de las especies fue posible asignar la edad relativa del Miembro Placa Roja, el cual abarcaría desde el Titoniano superior al Berriasiano inferior, difiriendo de la edad planeada anteriormente por autores desde el Titoniano medio al Hauteriviano. Con la determinación de las especies fue posible corroborar la edad del Miembro Escalador, correspondiente al Titoniano superior. Los Nautiloideos estudiados son asignados al Valanginiano inferior, mientras que los Ammonites abarcarían desde el Titoniano medio al Valanginiano inferior.

A partir del análisis de las biozonas, se propone mantener las biozonaciones previas para el Miembro Cantera, abarcando desde el Valanginiano inferior al Hauteriviano superior y se proponen ocho biozonas: *Virgatosphinctes mexicanus* (Titoniano inferior), *Windhausenicerias internispinosum* (Titoniano medio), *Corongoceras involutum* (Titoniano superior), *Substeueroceras koeneni* (Berriasiano) con las sub-Biozona *Berriasella jacobii* (Berriasiano inferior) y sub-Biozona *Cuyanicerias transgrediens/Substeueroceras striolatissimum* (Berriasiano superior), , *Pseudofavrella angulatiformis* (Valanginiano inferior)

Finalmente, para la Fm. Baños Morales se asignaría el Titoniano inferior a medio para los Miembros La Cuesta y Placa Verde, respectivamente.

Nuevos datos como los publicados recientemente por Vennari *et al.* (2014) y Aguirre-Urreta *et al.* (2019) realizados en la Cuenca de Neuquén por medio de dataciones a rocas generan que la identificación y posterior discusión podría resultar de una manera más precisa. Además, los últimos estudios que se realizaron en la zona central de Chile destacando los de Tavera (1951) y Salazar (2012), si bien aportan a esta problemática y son relevantes a escala local, necesitan ser actualizados con nuevos antecedentes que contribuyan a vislumbrar en esta discusión.

Dado el contexto anterior, el conjunto de análisis realizados durante este estudio complementa a la problemática que se presenta a nivel global mediante la identificación de las especies y los bioeventos, y pretende ser un aporte de ésta misma, pero aún se necesitan de nuevos estudios que complementen y limiten estos dos periodos: Jurásico Superior y Cretácico Inferior.

En conclusión, la zona de estudio presenta un alto interés entre la transición del Titoniano – Berriasiano, debido a que la Formación Lo Valdés representa dicho límite dentro del Miembro Placa Roja, ampliamente identificado y estudiado a lo largo del sector Nacientes del Maipo. El aporte faunístico que presenta es en gran medida un aporte en el debate actual y complementa a la identificación J/K, por lo que sería recomendable continuar con estudios posteriormente.

## Referencias

**Aguirre-Urreta, M., Mourgues, F., Rawson, P., Bulot, L. & Jaillard, E. (2007).** The Lower Cretaceous Chañarcillo and Neuquén Andean basins: ammonoids biostratigraphy and correlations. *Geological Journal*, 42, 143-173 p.

**Aguirre-Urreta, M., Rawson, P., Concheyro, G., Bown, P., Ottone, E. (2005).** Lower Cretaceous (Berriasian-Aptian) Biostratigraphy of the Neuquén Basin. In: Veiga, G., *et al.* (Eds.), *The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics.* The Geological Society, Special Publication, 252 p.

**Aguirre-Urreta, M. & Charrier, R. (1990).** Estratigrafía y amonites del Tithoniano-Berriasiano en las nacientes del Río Maipo, Cordillera Principal de Chile Central. *Ameghiniana* 27 (3-4): 263-271.

**Aguirre-Urreta, M. & Rawson, P. (2010).** Lower Cretaceous ammonites from the Neuquén Basin, Argentina: the neocomitids of the *Pseudofavrella angulatiformis* zone (upper Valanginian). *Cretaceous Research*, 31: 321-343.

**Aguirre-Urreta, M. & Vennari, V. (2009).** On Darwin's footsteps across the Andes: Tithonian-Neocomian fossil invertebrates from the Piuquenes pass. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 64(1): 32-43.

**Arkell, W. (1957).** Introduction to Mesozoic Ammonoidea, in: *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part L, Mollusca 4, Cephalopoda-Ammonoidea*, Edited by R. C. Moore, Geological Society of America and University of Kansas Press, L 490 p.

**Bralower, T., Ludwig, K., & Obradovich, J. (1990).** Berriasian (Early Cretaceous) radiometric ages from the Grindstone Creek Section, Sacramento Valley, California. *Earth and Planetary Science Letters*, 98(1), 62-73 p.

**Behrendsen O. (1891-1892).** Zur Geologie des Ostabhanges der argentinischen Cordillere. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 1891, 43: 369-420; 1892, 44: 1-42.

**Biró-Bagóczy, L. (1964).** Estudio sobre el límite entre el Titoniano y el Neocomiano en la Formación Lo Valdés, Provincia de Santiago, principalmente en base a Ammonoideos. Memoria de Título, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Escuela de Geología, 118 p.

**Biró, L. (1980).** Algunos ammonites nuevos en la Formación Lo Valdés, Titoniano-Neocomiano, Provincia de Santiago (33° 50' lat. Sur.), Chile. Actas II Congreso Argentino Paleontología Bioestratigrafía I Congreso Latinoamericano Paleontología, Buenos Aires 1978, 1, 223-242.

**Burckhardt, C. (1900a).** Profils géologiques transversaux de la Cordillere argentino - Chilenne. Anales Museo La Plata, Sección Mineralogía & Geología, 2 : 1-136.

**Burckhardt, C. (1900b).** Coupes géologiques de la Cordillere entre Las Lajas et Curacautín. Anales Museo La Plata, Sección Mineralogía & Geología, 3: 1-102.

**Bürgl, H. (1958).** Bioestratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores. Boletín Geológico, 5 (2): 113-185.

**Bürgl, H. (1960).** El Jurásico e Infracretácico del Rio Batá, Boyaca. Boletín Geológico, 6 (1-3): 169-211.

**Charrier, R. (1981a).** Geologie der chilenischen Hauptkordillere zwischen 34° und 34°30' südlicher Breite und ihre tektonische, magmatische und paläogeographische Entwicklung. Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, A, 36: 270 p.

**Charrier, R. (1981b).** Mesozoic and Cenozoic stratigraphy of the Central Argentinian-Chilean Andes (32°-35°S) and chronology of their tectonic evolution. Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, I, 3: 344-355.

**Charrier, R., Pinto, L. y Rodríguez, M. (2007).** Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. En: Moreno, T. y Gibbons, W. (Eds.). The geology of Chile. Geological Society. London. 21-114 p.

**Charrier, R., Ramos, V., Tapia, F. y Sagripanti, L. (2014).** Tectono-stratigraphic evolution of the Andean Orogen between 31 and 37 S (Chile and Western Argentina). DOI: 10.1144/SP399.20.

**Cichowolski, M. (2003).** The nautiloid genus *Cymatoceras* from the Cretaceous of the Neuquén and Austral Basins, Argentina. *Cretaceous Research*, 24:375-390.

**Cichowolski, M., Mourgues, F.A. y Perez D'Angelo, E. (2004).** El género *Cymatoceras* (Nautilida) en el Cretácico Inferior de la Cuenca de Atacama, Norte de Chile. *Revista Geológica de Chile*. 31(2): 119-131.

**Corvalán, J. (1956).** Über marine Sedimente des Tithon und Neocom der gegend von Santiago. *Geologischen Rundschau*, Vol. 43, No. 3, p. 919-926.

**Corvalán, J. (1959).** El Titoniano de Rio Leñas. Provincia de O'Higgins. Instituto de Investigaciones Geológicas Chile. Boletín N° 3. 59 p.

**Corvalán, J. & Pérez, E. (1958).** Fósiles Guías Chilenos. Instituto de Investigaciones Geológicas. Manual 1: 1-48, pl. 1-16.

**Del Rey, A., Deckart, K., Planavsky, N., Arriagada, C., Martínez, F. (2019).** Tectonic evolution of the southwestern margin of Pangea and its global implications: Evidence from the mid Permian–Triassic magmatism along the Chilean - Argentine border, *Gondwana Research*, Volume 76,2019, Pages 303-321.

**Douvillé, R. (1910a).** Céphalopodes argentins. *Mémoires de la Société Géologique de France*, 43, 24 p.

**Douvillé, R. (1910b).** Un *Virgatites* du Caucase occidental ; origine méditerranéenne de ce genre ; *Ataxioceras*, *Pseudovirgatites*, *Virgatosphinctes*. *Bulletin Société Géologique France*, Paris 4 (10), 730–739.

**Francis, A. & Hallam, A. (2003).** Ecology and evolution of Jurassic trigoniid bivalves in Europe. *Lethaia*, 36(4): 287-304.

**Gerth, E. (1921).** Fauna und Gliederung des Neokoms in der argentinischen Kordillere. Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, 112-119; 140-148.

**Gerth H. (1925).** Contribuciones a la estratigrafía y paleontología de los Andes Argentinos I: Estratigrafía y distribución de los sedimentos mesozoicos en los Andes Argentinos. Actas de la Academia Nacional de Ciencias de la República Argentina, 9(1-2): 7-55.

**González, O. (1963).** Observaciones geológicas en el valle del río Volcán. Instituto de Ingenieros de Minas de Chile. Apartado de la Revista Minerales N°81, 20-61.

**González Salazar, R. (2018).** Estratigrafía de detalle y análisis tafonómico de los bivalvos presentes en la localidad tipo de la formación Lo Valdés (Jurásico Superior - Cretácico Inferior), Chile central.

**Gradstein, G., Ogg, J. & Smith, A. (2004).** A geological Time Scale 2004. Cambridge University Press, 589 pp.

**Granier, B. (2020).** Introduction to thematic issue, “The transition of the Jurassic to the Cretaceous: an early XXIth century holistic approach”, Cretaceous Research, <https://doi.org/10.1016/j.cretres>.

**Guzmán, S. (2023).** Estratigrafía, geobarometría y metamorfismo de muy bajo grado de la Formación Baños Morales (Jurásico Superior), Chile central (32°S-35°S). 105 p.

**Hallam, A. (1978).** Eustatic cycles in the Jurassic. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 23, 1–32.

**Hallam, A. (2001).** A review of the broad pattern of Jurassic sea-level changes and their possible causes in the light of current knowledge. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 167: 23–37.

**Hallam, A., Biró-Bagoczki, L. & Pérez, E. (1986).** Facies analysis of the Lo Valdés Formation (Tithonian-Hauterivian) of the High Cordillera of central Chile, and the palaeogeographic evolution of the Andean Basin. Geological Magazine. 123, N 4, p.425-435.



**Hass, O. (1960).** Lower Cretaceous Ammonites from Colombia, South America. The American museum of natural history. No. 2005. 64 p.

**Howarth, M. (1992).** Tithonian and Berriasian ammonites from the Chia Gara Formation in Northern Iraq. *Palaeontology*, 35: 597-655

**Howarth, M. (1998).** Ammonites and nautiloids from the Jurassic and Lower Cretaceous of Wadi Hajar, southern Yemen. *Bulletin of the Museum of Natural History (Geology)*, 54: 33–107.

**Hyatt, A. (1889).** Genesis of the Arietidae. *Smithsonian Contributions to Knowledge*, 673, xi 238 pp.

**Indans, J. (1954).** Eine Ammoniten fauna aus dem Untertithon der argentinischen Kordillere in Süd-Mendoza. *Palaeontographica*, 105 A: 96-132.

**Jain, S. (2017).** Cephalopods, in: *Fundamentals of Invertebrate Paleontology*, Springer Geology, 31-102 p.

**Johnson H.D. & Baldwin C.T. (1996).** Shallow clastic seas. In: *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy* (Ed. Reading H. G.). Blackwell Science, Oxford, p:232-280.

**Klein, J. (2005).** Lower Cretaceous Ammonites I, Perisphinctaceae 1: Himalayitidae, Olcostephanidae, Holcodiscidae, Neocomitidae, Oosterellidae. In: *Riegraf, W. (Ed.), Fossilium Catalogus I: Animalia*. Backhuys Publishers, Leiden, pars 139, 484 p.

**Klein, M. (2022).** Paleontología Sistemática y Bioestratigrafía de Ammonites de la formación lo Valdés (Jurásico superior-Cretácico inferior) de Nacientes del río Maipo, y Nautilus del alto río volcán. Memoria de título. Universidad del Desarrollo. Chile.

**Klohn, C. (1960).** Geología de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó. Instituto de Investigaciones Geológicas Chile. Boletín Nro 8: 1-95 p.

**Krantz, F. (1926).** Die Ammoniten des Mittel-und oberTithons. In: *E. Jaworski, F. Krantz & H. Gerth: Beiträge zur Paläontologie und Stratigraphie des Lias, Doggers, Tithons*

und der Unterkreide in der Kordillere im Süden der provinz Mendoza (Argentinien). Geologische Rundschau, 17, 428-462 p.

**Leanza, A. (1945).** Ammonites del Jurásico superior y del Cretácico inferior de la Sierra Azul en la parte meridional de la provincia de Mendoza. Anales del Museo de La Plata NS 1, 1-99 p.

**Leanza, A. & Leanza, H. (1973).** *Pseudofavrella* gen. Nov. (Ammonitina) del Hauteriviano de Neuquén, sus diferencias con *Favrella* R. Douvillé, 1909, del Altiplano de Patagonia austral y una comparación entre el geosinclinal andino y el geosinclinal magallánico. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina, 50 (1-4), 127-145 p.

**Leanza, H. (1980).** The Lower and Middle Tithonian ammonite fauna from Cerro Lotena, Province of Neuquén, Argentina. Zitteliana 5, 3-49 p.

**Leanza, H. (1981a).** Faunas de ammonites del Jurásico superior y del Cretácico inferior de América del Sur, con especial consideración de la Argentina. Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico: Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur 2, 559-597 p.

**Leanza, H. (1981b).** The Jurassic-Cretaceous boundary beds in West central Argentina and their ammonite zones. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, 161 (1), 62- 92 p.

**Lexa, J., Sebesta, J., Chávez, J. A., Hernández, W., & Pecskey, Z. (2011).** Geology and volcanic evolution in the southern part of the San Salvador Metropolitan Area. Journal of Geosciences, 56(1), 106-140.

**Mazenot, G. (1939).** Les Palaehoplitidae tithonique et berriasiens du sud-est de la France. Mémoires de la Société Géologique de France (new series) 18, Mémoire 41. 303 p.

**Mpodozis, C. & Ramos, V. (1989).** The Andes of Chile and Argentina. In Ericksen, G.E., Cañas, M.T. & Reinemund, J. (eds.) Geology of the Andes and its relation to

hydrocarbon and mineral resources, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences Series, 11: 59-90.

**Ogg, J. (2004).** The Jurassic Period. In Gradstein, G., Ogg, J. & Smith, A. 2004. A geological Time Scale 2004. Cambridge University Press. 344-383.

**Ogg, J., Agterberg, F. & Gradstein, F. (2004).** The Cretaceous Period. In Gradstein, G., Ogg, J. & Smith, A. 2004. A geological Time Scale 2004. Cambridge University Press. 307-343.

**Oppel, A. (1863).** Über Ostindische Fossilreste aus dem secundären Ablagerungen von Spiti und Gnari-Korsum in Tibet. Palaeontologische Mittheilungen aus dem Museum des Koeniglich-Bayerischen Staates IV: 267-288.

**Orbigny, A. D'. (1840-1842).** Paléontologie française. Description zoologique et géologique de tous les animaux mollusques et rayonnés fossiles de France. Terrains Crétacés. Vol. 1. Céphalopodes. Arthus-Bertrand ; Orbigny, Paris, 662 pp. [1-120 (1840); 121-430 (1841); 431-662 (1842)], 148 pl.

**Parent, H. (2001).** The Middle Tithonian (Upper Jurassic) Ammonoid Fauna of Cañadón de los Alazanes, Southern Neuquén-Mendoza Basin, Argentina. Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología, 71 (1-2): 19-38.

**Parent, H. (2003a).** The ataxioceratid ammonite fauna of the Tithonian (Upper Jurassic) of Casa Pincheira, Mendoza (Argentina). Journal of South American Earth Sciences. 16: 143-165.

**Parent, H. (2003b).** Taxonomic and biostratigraphic reevaluation of *Perisphinctes internispinosus* Krantz, 1926 (Upper Jurassic, Ammonoidea). Paläontologische Zeitschrift, 77(2): 353-360.

**Parent, H. & Capello, O. (1999).** Amonites del Tithoniano Inferior de Casa Pincheira, Mendoza (Argentina). Revue de Paleobiologie, 18 (1), 347–353.

**Parent, H., Scherzinger, A. & Schweigert, G. (2006).** The earliest ammonite faunas from the Andean Tithonian of the Neuquén-Mendoza Basin. Argentina. Chile. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen, 241, 253–267.

**Parent, H., Scherzinger, A., Schweigert, G. & Capello, O. (2007).** Ammonites of the Middle Tithonian Internispinosum Zone from Barda Negra, Southern Neuquén-Mendoza Basin, Argentina. Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología, 77 (1-2): 11-24.

**Parent, H., Garrido, A., Schweigert, G. & Scherzinger, A. (2011a).** The Tithonian ammonite fauna and stratigraphy of Picún Leufú, southern Neuquén Basin, Argentina. Revue de Paléobiologie, 30 (1): 45-104.

**Parent, H., Scherzinger, A. & Schweigert, G. (2011b).** The Tithonian-Berriasian Ammonite Fauna and Stratigraphy of Arroyo Cieneguita, Neuquén-Mendoza Basin, Argentina. Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología, 79-81: 21-94.

**Parent, H. & Garrido, A. (2021).** Amonites del Tithoniano-Berriasiano de Cajón de Almarza, Formación Vaca Muerta, Cuenca Neuquina, Argentina. Universidad Nacional de Rosario, Argentina. 8p.

**Pérez, E. & Reyes, R. (1994).** Catálogo de ejemplares tipo, conservados en la colección paleontológica del Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile, desde 1953 a 1993. Boletín Servicio Nacional de Geología y Minería, 46: 1-99.

**Pictet, F. (1867).** Etudes paléontologiques sur la fauna à *Terebratula diphyoides* de Berrias (Ardèche). Mélanges Paléontologiques. Bale-Genève, 1 (2)2. 44-130.

**Remane, J. (1991).** The Jurassic-Cretaceous boundary: problems of definition and procedure. Cretaceous Research, 12: 447-453.

**Riccardi, A. (1988).** The Cretaceous System of Southern South America. The Geological Society of America Memoir, 168: 161 p.

**Riccardi, A. (1991).** Jurassic and Cretaceous marine connections between the Southeast Pacific and Tethys. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 87: 155-189.

**Riccardi, A. (1992).** Argentina, Tithonian. In: Westermann (Ed.). The Jurassic of the Circum-Pacific. Cambridge University Press: pl. 81-82.

**Rivera, R. (1951).** La fauna de los Estratos Puente Inga, Lima. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 22, 1-53.

**Salazar, C. (2012).** The Jurassic-Cretaceous Boundary (Tithonian - Hauterivian) in the Andean Basin of Central Chile: Ammonites, Bio- and Sequence Stratigraphy and Palaeobiogeography. Doctoral Thesis. Universität Heidelberg. Germany. 388 p

**Salazar, C., Martínez, A., Villanelo, L. & Stinnesbeck, W. (2014).** *Cymatoceras perstriatum* (Steuer, 1897) (Cephalopoda, Nautiloidea) from the Early Berriasian-Early Valanginian (Lower Cretaceous) of Central Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, (Boletín 63), 179-186.

**Salazar, C. & Stinnesbeck, W. (2015).** Redefinition, Stratigraphy and Facies of the Lo Valdés Formation (Upper Jurassic- Lower Cretaceous) in central Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile. (Boletín 64), 41-68.

**Salazar, C. & Stinnesbeck, W. (2016).** Tithonian–Berriasian ammonites from the Baños del Flaco Formation, central Chile, Journal of Systematic Palaeontology, 14:2, 149-182.

**Salazar, C., Wolfgang, S. & Álvarez, M. (2020).** Ammonite Biostratigraphy and Bioevents in the Jurassic – Cretaceous boundary of central Chile. In Cretaceous Research 107 (104282), 1-16 p.

**Sanhueza, M. (2023).** Microfacies y estratigrafía secuencial de la transición Jurásica – Cretácica en Chile central. Santiago, Chile. 341 p.

**Simionescu, I. (1899).** Note sur quelques ammonites du Néocomien français. Annales de l'Université de Grenoble, 11(3). 1-16.

**Spath, L. (1925).** Ammonites and Aptychi. In Wyllie, B.N.K and Smellie, W.E. (eds.) The collection of fossils and rocks from Somaliland. Hunterian Museum, Glasgow University, Monograph 7: 111-164.

**Stappenbeck, R. (1929).** Geologie des Chicamatales in Nordperu und seiner Antrazit-lagerstätten. Geologie Paläontologie Abh., 16, 305-356.

**Steinmann, G. (1890).** Cephalopoda. In G. Steinmann and L. Döderlein (eds.) Elemente der Paläontologie, 344-475, W. Engelmann, *Leipzig*.

**Steuer, A. (1897).** Argentinische Jura-Ablagerungen. Beiträge zur Kenntnis der Geologie und Paläontologie der argentinischen Anden. Palaeontologische Abhandlungen, 7 (3), 127-222 p.

**Steuer, A. (1921).** Estratos Jurásicos Argentinos. Contribución al conocimiento de la Geología y Paleontología de los Andes Argentinos entre el río Grande y el río Atuel. Actas de la Academia Nacional de Ciencias de la República Argentina, 7 (2), 107 p.

**Szives, O., Moreno–Bedmar, J.A, Aguirre–Urreta, B., Company, M., Frau, C., López–Horgue, M., Pitect, A., Ploch, I., Salazar, C., Barragán, R., Latil, J.L., Lehmann, J., Robert, E., Reboulet, S. (2023).** Informe sobre la séptima reunión internacional del Grupo de Trabajo de Ammonites del Cretácico Inferior de la IUGS, el Grupo Kilian (Varsovia, Polonia, 21 de agosto de 2022): estado del arte sobre la actual zonificación estándar de ammonites de la provincia mediterránea de Tethyan Occidental. Research Cretaceous, 153 (2024), 14 p.

**Tavera, J. (1951).** Informe sobre material paleontológico proveniente de Lo Valdés. Santiago, Chile. 8p.

**Tavera, J. (1956).** Fauna del Cretácico Inferior de Copiapó. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y matemáticas. Instituto de Geología, 9: 205-216.

**Tavera, J. (1970).** Fauna Titoniana – Neocomiana de Isla Livingston, Islas Shetland del Sur, Antártica. Serie Científica INACH. 1 (2): 175-186.

**Tavera, J. (1985).** Los ammonites del Tithonico superior - Berriasiense de la zona Subbetica. Departamento de geología de la Universidad de Granada. 483 p.

**Thiele, R. (1980).** Carta Geológica de Chile N° 39, Hoja Santiago, Región Metropolitana. Instituto de Investigaciones Geológicas Chile. 51 p.

**Tello, C. (2021).** Estratigrafía, Paleontología y Bioestratigrafía de Ammonites del miembro Cantera de la formación Lo Valdés (Valanginiano – Hauteriviano), Chile central. Memoria de título. Universidad del Desarrollo. Chile. 167 p.

**Verma, H. & Westerman, G. (1973).** Tithonian (Jurassic) ammonite fauna and stratigraphy of Sierra catorce, San Luis Potosí, México. *Bulletins of American Paleontology*, 63 (277) : 103-320.

**Vischniakoff, N. (1882).** Description des Planulati (*Perisphinctes*) jurassiques de Moscou. Moskva.

**Uhlig, V. (1903-1910).** The Fauna of the Spiti Shales. *Palaeontologia Indica*, 15: 133-395.

**Vennari, V., Lescano, M., Naipauer, M., Aguirre-Urreta, B., Concheyro, A., Schaltegger, U., Armstrong, R., Pimentel, M & Ramos, V. (2014).** New constraints on the Jurassic-Cretaceous boundary in the High Andes using high-precision U-Pb data. *Gondwana Research*, 26(1), 374–385.

**Weaver, C. (1931).** Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. *Memoirs of the University of Washington*, 1, 496 p.

**Wright, C., Callomon, J. & Howarth, M. (1996).** Cretaceous Ammonoidea - Treatise on Invertebrate Paleontology, Part L, Mollusca 4, 362 pp. Lawrence & Boulder. (Geological Society of America, University of Kansas press).

**Yin J. & Enay, R. (2004).** Tithonian ammonoid biostratigraphy in eastern Himalaya Tibet. *Geobios*, 37: 667-686.