



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**NUEVOS ANTECEDENTES PALEONTOLÓGICOS DE LA FAUNA FÓSIL
PERTENECIENTE A LA QUEBRADA PINTE: SUSTENTO PARA EL
DESARROLLO DE UNA RUTA PALEONTOLÓGICA, REGIÓN DE
ATACAMA, CHILE.**

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

Profesor guía: Mg. Ximena Robles Cornejo

Autor: Fabián Exequiel Cabrera Peralta

Copiapó, Chile 2023

RESUMEN

La paleontología en la actualidad ha tenido un mayor interés, en especial en el ámbito turístico con la declaración de geositios que cuenta con el respaldo de la ley 17.288 para mayor protección y divulgación. La Quebrada Pinte es una de estas zonas con gran interés geoturístico por presentan en sus cerros estratos con un alto contenido de fauna marina fósil perteneciente a la Formación Lautaro (Salazar *et al.*, 2013). La problemática en Quebrada Pinte es la poca información paleontológica que manejan los gestores del museo de sitio y lugareños de la localidad producto de la poca accesibilidad de las investigaciones paleontológicas previas. Es por ello que este estudio busca ampliar y divulgar la información de la fauna fósil por medio de la taxonomía, estratigrafía con su respectivo análisis de facies, bioestratigrafía y la bioestadística orientada en la diversidad y riqueza de especies, todo con la finalidad de establecer rutas paleontológicas para así fomentar el turismo en la zona.

Se realizaron un total de cinco columnas estratigráficas y una general de la Quebrada de Pinte. A partir de estas columnas se elaboró un análisis de facies donde se determinó biofacies, litofacies y facies tales como: siliciclástica *foreshore*, con litofacies de areniscas y biofacies de *Gryphaea cf. dumortieri*; carbonáticas *foreshore*, *shoreface* y *offshore*, destacando la litofacies de calcilitita y la biofacies de *Hildaites cf. murleyi*; y mixta *foreshore* y *shoreface*, destaca la litofacies intercalación de calizas con areniscas finas y la biofacies *Lobothyris cf. sinemuriensis*.

Se registraron nuevos taxones como *Tettrarhynchia cf. ranina*, *Tettrarhynchia cf. dumberltonensis*, *Trigonia cf. stelzneri*, e *Hildaites cf. murleyi*, y evidencia de cefalópodos la familia Nautilidae, briozoo del orden Cyclostomata y equinodermos de la familia Orthopsidae.

A partir de la bioestratigrafía se obtuvo diferentes biocrones destacando la con edad Sinemuriense superior, la Pliensbachiense superior y la del Toarciense inferior.

Por último, se propone el sector “La Pirámide” como ruta paleontológica para que la comunidad pueda utilizar en geoturismo. Esta ruta presenta facies carbonáticas *offshore* con biofacies de *Hildaite cf. murleyi*, litofacies de calcilititas y calizas tipo *wackestone* con edad Toarciense inferior.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: Marco Introdutorio.	13
1.1. Antecedentes preliminares	13
1.2. Hipótesis	14
1.3. Objetivos	14
1.4. Ubicación y acceso	15
1.5. Estudios anteriores	16
CAPÍTULO II: Marco Teórico.	20
2.1. Sistemática, taxonomía y nomenclatura	20
2.2. Ambientes de formación y facies sedimentarias.	22
2.3. Bioestratigrafía	28
2.4. Ciclos transgresivos y regresivos	29
2.5. Bioestadística en paleontología	32
CAPÍTULO III: Metodología de trabajo.	35
3.1. Etapa pre-terreno	35
3.2. Etapa de investigación de terreno	35
3.3. Etapa de gabinete	36
CAPÍTULO IV: Marco Geológico.	38
4.1. Geología Regional	38
4.2. Geología estructural	40
4.3. Geología Local	40
CAPÍTULO V: Resultados.	46
5.1. Taxonomía	46
5.2. Estratigrafía	102
5.3. Bioestadística paleontológica	129
5.4. Bioestratigrafía	135
5.5. Rutas paleontológicas	143
CAPÍTULO VI: Discusiones.	147
CAPÍTULO VII: Conclusiones y recomendaciones.	155
Referencias.	157

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio. A: imagen de la Provincia del Huasco, la línea roja indica la ruta Panamericana, la anaranjada la ruta C-485, la azul la ruta C-495 y el rectángulo en rojo indica el área de estudio. Modificada de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. C: mapa del área de estudio que abarca la Quebrada Pinte, georreferenciada y a escala 1:10.000. _____ 16
- Figura 2. Representación gráfica de la división del ambiente marino según la profundidad. A: Modelo de las zonas del ambiente marino de acuerdo a la batimetría. B: Representación de la división de la zona nerítica de acuerdo a los procesos que ocurren en diversas profundidades. Modificado de Nichols (2009). _____ 24
- Figura 3. Modelo de un ambiente marino tipo carbonático que señala las diversas facies de acuerdo a la división de los procesos relacionados a la batimetría. Modificado de Nichols (2009). _____ 27
- Figura 4. Imagen de modelo de columna estratigráfica que representa un evento transgresivo con el cambio de conglomerados a arcillas. Modificado de Boggs (2006). _____ 30
- Figura 5. Modelo de columna estratigráfica que indica un evento de transgresión con el cambio de conglomerado, a calcarenita, a una caliza para terminar con calcilutitas laminadas. Un evento de regresión en el cambio de calcilutita, calcarenita, caliza y terminar con conglomerados con grietas de desecación. Modificado de Nichols (2009). _____ 31
- Figura 6. Curva de rarefacción. En el eje X se muestra la cantidad de muestras recolectadas. El eje Y representa el número de especies encontradas para cada nivel de muestreo dado. Los círculos representan la curva aleatoria. Las líneas representan líneas tangentes a esta función según aumenta el muestreo efectuado. Finalmente, la línea segmentada y con puntos, marca la asíntota predicha por la función. Extraído de Jiménez-Valverde y Hortal (2003). _____ 33
- Figura 7. Gráfico que muestra ejemplos de índices de Simpson indicados por D y D2, y de índices de Shannon representados por H y H2. En este se observa la diferencia gráfica entre los valores para el índice de Simpson y los de Shannon. Extraído de Espinoza (2019). _____ 34
- Figura 8. Mapa de la Quebrada Pinte y sus alrededores como referencia del área abarcada para la realización de la geología regional. Modificado de Salazar et al. (2013); Ortiz y Merino (2015). _____ 38
- Figura 9. Mapa geológico de la Quebrada Pinte con las unidades geológicas que las componen. Modificado de Salazar et al. (2013); Ortiz y Merino (2015). _____ 41
- Figura 10. Mapa que muestra los sectores de muestreo que se basó para el levantamiento de las columnas estratigráficas, cabe destacar que todas se encuentran al Este de Quebrada Pinte y al Sureste. _____ 102
- Figura 11. Esta muestra la leyenda y simbologías a ocupar para las columnas estratigráficas. _____ 103
- Figura 12. Columna estratigráfica general para la Quebrada Pinte, donde se detallan las siglas para su adecuada lectura Calt= Calcilutitas; Lm= Limos; Arf= Areniscas finas; Arg= Areniscas gruesas; Ca= Calizas y Cgl= Conglomerados. _____ 104
- Figura 13. Columna estratigráfica sintética del sector uno. Se destaca la intercalación de las calcarenitas y areniscas finas por su potencia y contenido fosilífero como los *Thalassinoides* sp. y *Gryphaea darwini*. 108
- Figura 14. Columna estratigráfica sintética para el sector dos. En este se observa el inicio de la estratificación con la intercalación Slar-Arcf, abundantes taxones en las litofacies Ca-Lmf y Ca-Arcf y destaca la presencia de ammonoideos en estratos de calcilutita y la abundante materia orgánica. _____ 110
- Figura 15. Columna estratigráfica sintética para el sector tres. Esta destaca por la intercalación rítmica entre conglomerados y las areniscas, además esta sección por su litología no se relaciona a las estratificaciones marinas. _____ 112
- Figura 16. Conjunto de imágenes del sector tres donde fue levantada la columna vista anteriormente. A: Imagen de fragmento del conglomerado, se observa lo polimictico de los clastos y con clastos subangulos,

pero predominan los clastos subredondeados. B: En la parte superior de la imagen estan las areniscas limosas con leve laminacion y coloración verdosa y oscura . C: A la izquierda se ven los estratos marinos, mientras que a la derecha estan los estratos de conglomerado y areniscas limosas, al medio y con dirección SO se deduce una falla posiblemente de rumbo con algun componente en la vertical. _____ 113

Figura 17. Columna estratigráfica sintética del sector cuatro, conocido como La Pirámide. De esta columna destaca la litofacies Carg-Arl por la potencia y su contenido de líticos de origen volcánicos, también sobresale los conglomerados que erosionan a las litofacies Carg-Arl, las calcilitas con abundante ammonioideos y, por último, la litofacies Cgl-Slar que cierra la estratificación marina. _____ 114

Figura 18. Conjunto de imágenes del sector La Pirámide. A: Imagen de fragmentos fósiles que corresponden a la calcarenita del final de la columna. B: Fotografía de sección de ammonioidea en *wackestones* con algunos fragmentos de *Gryphaea* sp. C: Imagen paronámica de base erosiva de los conglomerados sobre la litofacies Carg-Arl. _____ 115

Figura 19. Columna estratigráfica sintética para el sector cinco. Se aprecia el inicio de la columna con areniscas gruesas al igual que la columna dos. Resalta la gran variedad de taxones entre las litofacies Ca, Ca-Lmf y CaAr-Ca. Destaca nuevamente las calcilitas con ammonioidea. Y, por último, el cierre de la estratigrafía marina con la litofacies Slar similar a la columna del sector cuatro. _____ 116

Figura 20. Conjuntos de imágenes que corresponden al sector cinco. A: Estrato de calcarenita con abundantes fósiles posiblemente de *Quadratrhyndia* y del género *Tetrahedra*. B: Límite entre la litofacies Ca-Lmf y Ca-CaAr. C: Estrato de caliza *packstone* con abundantes secciones de terebrátulas. D: Calcarenita que contenía a taxones como *Gryphaea* sp. y *Trigonia* cf. *stelzneri*. _____ 117

Figura 21. Muestra las biofacies para la columna del sector uno (izquierda) donde destaca la biofacies de *Gryphaea darwini*. A la derecha la columna general para la quebrada con todas las biofacies. _____ 120

Figura 22. Muestra la biofacies correspondiente para las columnas del sector tres (izquierda), que no tiene, y para el sector dos (derecha) que destaca la biofacies Lthd y Hdml por la cantidad de especímenes. __ 121

Figura 23. Muestra las biofacies correspondientes para las columnas del sector cinco (izquierda), destaca la biofacies Gbcv ya que solo aparece en esta sección, y para el sector cuatro (derecha) que destaca Wya por la cantidad de especímenes. _____ 122

Figura 24. Muestra las columnas del sector uno (izquierda) con las de facies remarcando una zona principalmente costera y poco profunda. A la derecha las facies de la columna general para la localidad. _____ 126

Figura 25. Figura que muestra la columna del sector dos (derecha) destaca las plataformas mixtas tipo *shoreface* y el aumento de la batimetría en la parte final de la columna. En la izquierda muestra la columna del sector tres relacionada a un ambiente terrestre aluvial. _____ 127

Figura 26. Figura que muestra las facies de las columnas del sector cuatro (derecha) y sector cinco (izquierda). En cuatro y cinco destaca los cambios de plataforma y cambios en la batimetría como en el techo de la columna que cambia a algo somero. _____ 128

Figura 27. Gráfico del tipo histograma que representa la cantidad de datos obtenidos en terreno, en este se observa la heterogeneidad de la toma de muestra resaltando el punto 23 con una alta cantidad de muestras debido a su buen estado y variedad. _____ 129

Figura 28. Gráfico tipo histograma, en este se observa que las muestras para las facies son bastante heterogéneas, destacando las facies cssf y cfs con gran cantidad debido a que la muestran están en un buen estado de conservación, su gran cantidad y variedad. _____ 130

Figura 29. Gráfico tipo histograma en la destaca la heterogeneidad de las muestras para las biofacies, donde destaca la baja cantidad de muestras para las biofacies Gphd y Gphdt , por el contrario, la alta cantidad de muestras para las biofacies Lsms y Lsp. Además, la biofacies Lsms es donde se encuentra la facies cssf que está en el punto 23. _____ 130

Figura 30. Gráfico que representa la cantidad de especies encontradas para cada facies. Destaca la gran cantidad de especies para la facies csf y cssf. En cambio, las facies como sfs y cfs tiene pocas especies debido a que a la mayoría de muestras corresponden a fragmentos. También se observa la heterogeneidad en la cantidad de especies para las facies. _____ 131

Figura 31. Gráfico que representa las cantidades de especies para cada biofacies. Sobresalen las biofacies Lsms, Lthd-Sfch, Wya-Trth y Lsms Sfch, todas perteneciendo a la facies cssf que en el gráfico anterior también destaca. Además, se enfatiza en la heterogeneidad de la cantidad de especies para cada biofacie. _____ 131

Figura 32. Gráfico que representa la dominancia de una especie en las facies de acuerdo a la cantidad de especímenes del taxón. El caso de las facies cos, cfs y sfs presentan un taxón dominante ya solo presentan una sola especie, *Hildaites cf. murleyi*, en el caso de cos, *Gryphaea cf. dumortieri*, en el caso de sfs y *Pholadomya fidicula*, para cfs. En el caso las facies de cssf, csf y csfs no hay un taxón dominante producto a la diversidad es especies. _____ 132

Figura 33. Gráfico que representa la dominancia de un taxón en las biofacies. Resalta la biofacies Hdml y Gphdt que coinciden con lo mencionado en el gráfico de dominancia para las facies. Por el contrario, las menos dominante como Wya-Trth, Lsms-Sfch, Wya-Trth y Lsms que justamente pertenecen a las facies con menos dominancia. _____ 132

Figura 34. Gráfico que representa la diversidad para cada facies. El caso de las facies cos, sfs y cfs al tener un taxón y al ser dominante tienen diversidad 0. Las facies cssf, csfs y csf tienen mayor diversidad a tener mayor cantidad de especies. _____ 133

Figura 35. Gráfico de índice de diversidad para las biofacies. Se observa nula diversidad para las biofacies Hdml y Gphdt consistente con los índices para las facies cos y sfs a las que relacionadas estas biofacies. Para el resto de biofacies se observa una alta diversidad donde resaltan las biofacies Wya-Trth, Lsms-Sfch, Wya-Trth y Lsms. _____ 133

Figura 36. Gráfica de las curvas de rarefacción las facies. El caso de las facies csf y cssf presenta una meseta cercana a su asíntota. Por el contrario, la facies csfs con curva pronunciada indicando que podrían encontrar más taxones. Y, por último, están los casos de las facies cfs, sfs y cos son líneas rectas por presentar sola una especie. _____ 134

Figura 37. Gráfica de las curvas de rarefacción de acuerdo a las biofacies. Destaca las biofacies Lsms-Sfch, Lthd-Sfch, Lsms Lsp y Gbcv con curvas llegando a sus asíntotas. En cambio, las biofacies Lthd, Wya, Gphd, Gph y Wya-Trth, con curvas muy pronunciadas por lo que con un mayor muestreo podrían llegar a sus asíntotas. Y, por último, se tiene el caso de las biofacies Gphdt y Hdml que al tener solo una especie se representa como una línea recta. _____ 134

Figura 38. Se representa la columna general de la Quebrada Pinte. Los intervalos que se encuentran en la base de la figura del 0 al 15 al 30 indican la cantidad de especímenes para cada taxón. 1= *Gryphaea cf. domurtieri*; 2= *Lithotrochus humboldtii*; 3= *Tetrarhynchia cf. tetrahedra*; 4= *Lobothyris cf. sinemuriensis*; 5= *Gibbirhynchia cf. curviceps*; 6= *Lobothyris cf. punctata*; 7= *Spiriferina cf. chilensis*; 8= *Weyla alata*; 9= *Quadratirhynchia cf. quadrata*; 10= *Lobothyris cf. subpunctata*; 11= *Gryphaea sp.*; 12= *Hildaites cf. murleyi*. _____ 135

Figura 39. Esta presenta la extensión cronológica que tiene cada especie encontrada en la Quebrada Pinte. Los círculos rellenos indican inicio y final, mientras que las flechas indican continuidad en la extensión. _____ 136

Figura 40. Análisis de biozona por apariciones coincidentes. En los cuadrados azul se abarcan aquellos grupos que presentan una biozona de apariciones coincidentes en base de las especies, divididas en bivalvos, gastrópodos, y braquiópodos. _____ 137

Figura 41. Análisis de biozonas por apariciones sucesivas. Los rectángulos rojos representan aquellos taxones relacionados y con biozona de apariciones sucesivas, como son el caso de los géneros <i>Tetrahynchia</i> y <i>Weyla</i> . _____	138
Figura 42. Análisis de biozonas con extinciones coincidentes. Los rectángulos de color verde abarcan las biozonas con extinciones coincidentes de acuerdo a la última aparición de los taxones, destacando el gran número de especies con última aparición en Pliensbachiense superior. _____	139
Figura 43. Análisis de biozonas con extinciones sucesivas. Los rectángulos de color anaranjados representan las biozonas de extinciones sucesivas destacando solo los bivalvos del género <i>Gryphaea</i> y braquiópodos de los géneros <i>Lobothyris</i> y <i>Tetrahynchia</i> . _____	140
Figura 44. Análisis de biozona de intervalo. Los rectángulos de color rosado representan las biozonas de extensión corcondante para taxones no relacionados. _____	141
Figura 45. Análisis biocronoestratigrafía. Los rectángulos de colores representan los biocrones a partir de las biozonas con mayor valor cronoestratigráfico. _____	142
Figura 46. Mapa de la ubicación y acceso de la potencial ruta paleontológica de La Pirámide. En el rectángulo se ubica el sector de La Pirámide. _____	143
Figura 47. Parte frontal de tríptico que reúne la infografía mas detallada de la ruta paleontológica propuesta para el sector La Pirámide. _____	145
Figura 48. Parte interna del tríptico, donde se detalla las litofacies y las especies fósiles detacadas en los diferentes sectores de la ruta paleontológica. _____	146

ÍNDICE DE LÁMINAS

Lámina 1. Ejemplar de la muestra MPT-332, identificado como <i>Trigonia cf. stelzneri</i> . A: Vista frontal que presenta las valvas abiertas rellenas de calcarenita, a esta última se le observa muy bien el tamaño de los granos. B: Vista posterior, en esta se aprecia los umbones que se adentran con una fuerte curvatura, el escudete con sus costillas finas y la costilla más gruesa al centro, la carena que separa las costillas longitudinales con las del escudete y la recristalización de la concha. C: Vista en planta de la zona inferior que solo se observa el sedimento y algunos fragmentos del mismo fósil. D: Vista en planta, en esta se observa la separación de las costillas mediante la carena y las diferencias de anchura de las diferentes costillas. _	48
Lámina 2. Conjunto de imágenes de una de las muestras de MPT-217 (A, B y C) y MPT-218, identificadas como <i>Pholadomya fidicula</i> . Con C y D obtenidas desde la lupa electrónica Motic con aumento de 40x. A: Vista del margen posterior esta se ve el escudete, la lúnula, los umbos tipo prosógiro y la convexidad de las valvas. B: Vista en planta de la valva izquierda, se observa las costillas de forma radial, la forma subtrapezoidal de la valva y el largo y redondeado del margen ventral, el margen dorsal que termina casi en punta, el margen posterior oblicuo y alargado y el margen anterior redondeadas. C: Se observa las costillas triangulares y las finas líneas de crecimientos que tienen un espaciado irregular. D: Se aprecia las costillas primarias, el nacimiento de las costillas secundarias en el espacio de las primarias y la diferencia de anchura entre los tipos de costillas. _____	50
Lámina 3. Fotografías de la muestra MPT-137, identificada a nivel del género <i>Pholadomya</i> . A: Vista frontal, se observa que el margen ventral es alargado y subredondeado y el margen posterior redondeado pequeño de forma triangular, las costillas radiales gruesas. B: Vista en planta, se destaca las costillas radiales y lo inequilateral de la concha. C: Vista del margen posterior, se distingue las líneas de crecimiento, la comisura y parte del escudete alargado. D: Vista del margen dorsal, resalta los umbones redondeados y la lúnula con el escudete, que se encuentra cubierto por un segundo sedimento. _____	51
Lámina 4. Fotografías de la muestra MPT-180 reconocida como <i>Plagiostoma</i> . A: Vista frontal, se observa las líneas de crecimiento en la comisura y las costillas radiales rectas y redondeadas, y la convexidad de la valva izquierda y de la valva derecha. B: Vista en planta, se destaca las costillas radiales, la forma ovalada	

que tiene la concha con márgenes ventral, anterior y posterior redondeados y un margen dorsal más reducido que los otros y redondeado. C: Vista lateral derecha, se distinguen ambas valvas convexas, las costillas y las líneas de crecimiento en el margen ventral, también se aprecia los fragmentos de conchas en el sedimento que rellena la concha y fragmento de una terebrátula. D: Vista en planta de la valva inferior, se contempla la forma de la concha, la forma recta a redondeada del margen posterior, la disolución y las costillas radiales.

53

Lámina 5. Conjunto de fotografías de la muestra MPT-214 determinada como *Pinna* cf. *radiata*. A: Vista en planta en la que se observa las costillas radiales y las longitudinales, también se ven algunos nódulos en las intercepciones de las costillas. B: Vista del margen dorsal, se aprecia las costillas radiales y longitudinales, y los nódulos de las intercepciones. C: Vista de la muestra que destaca la concha aplanada inequilateral y equivalvia.

55

Lámina 6. Conjunto de imágenes de *Gryphaea darwini*. A, B son de las muestras MPT-338 y C es de la muestra MPT-179. A: Vista frontal del fósil, se observa las líneas de crecimiento concéntricas y paralelas a la comisura y la globosidad de la valva. B: Vista lateral derecha, destaca la forma convexa de la valva y su moderado enrollamiento. D: Vista en planta de la parte inferior de la valva, se distingue las líneas de crecimiento imbricadas y la posible impresión del musculo aductor.

58

Lámina 7. Fotos de la muestra MPT-039 identificada como *Gryphaea* cf. *domurtieri*. A: Vista frontal, se observa líneas de crecimiento, valva superior (valva izquierda) convexa y la valva inferior (valva derecha) plana. B: Vista en planta, destaca el margen ventral con forma suboval y el área umbal que termina en punta. C: Vista lateral posterior, resalta las líneas de crecimiento y la diferencia entre la valva izquierda y derecha. D: Vista de la dorsal del fósil, se distingue un pequeño surco en el margen posterior y el umbo de la valva izquierda que se encuentra quebrado, pero con evidente reducción hacia la charnela.

59

Lámina 8. Fotografías de la muestra MPT-129 (A, B y D) y de la muestra MPT-331(C), todas identificadas como *Gryphaea* sp. A: Vista frontal, se contempla las líneas de crecimiento. B: Vista posterior, al fósil se le observa el enrollamiento y que la valva es muy convexa. C: Vista en planta del inferior de la valva superior (valva izquierda), sobresale la ausencia de la valva inferior (valva derecha), el enrollamiento del umbo y el relleno sedimentario. D: Vista en planta de la valva inferior, resaltan delgadas líneas de crecimiento.

60

Lámina 9. Imágenes de las muestras identificadas como *Radulonectites sosneadoensis*. A: Vista frontal, se ven las costillas radiales, su cantidad y densidad. B: Vista en planta que destaca la forma de disco desde la comisura a la mitad de la longitud, la forma triangular desde la mitad del largo hasta el umbo, además se ven las costillas. C: Vista lateral izquierda, nuevamente muestra las costillas radiales y la ausencia de la valva izquierda. D: Vista posterior al fósil, se observa hacia la derecha de la imagen probablemente una aurícula levemente fracturada.

64

Lámina 10. Fotografías de *Praechlamys* cf. *valoniensis*. A: Vista frontal, se observa el margen ventral y las costillas radiales. B: Vista del margen dorsal, se destaca la valva inferior (valva izquierda) convexa y la valva superior (valva derecha) plana. C: Vista en planta de la valva izquierda, resalta las costillas primarias y algunas secundarias ambas radiales, y los espacios entre costillas estrechos. D: Vista en planta de la valva derecha, se distingue la costillas primarias y secundarias, y las líneas de crecimientos finas.

65

Lámina 11. Imágenes de la muestra MPT-119 identificada como *Weyla alata*. A: Vista frontal del fósil, se observa una sección transversal con forma triangular para la valva inferior (valva izquierda) y con unas costillas plana en la valva superior (valva derecha). B: Vista en planta de la concha en la que se ve que es ligeramente inequilateral. C: Vista de la vista derecha, destaca la diferencia en forma de las valvas, la valva superior convexa y la valva inferior más plana. D: Vista en planta de la valva inferior, se resalta las costillas con crestas empinadas, algunas costillas en los flancos y sus aurículas que se encuentran erosionadas.

66

Lámina 12. Fotografías de la muestra identificada como *Weyla* cf. *bodenbenderi*. A: Vista frontal en la que se observa las costillas radiales y redondeadas y la sección axial de estas. B: Vista lateral derecha, se distingue la forma convexa de la valva, las costillas y los espacios intermedios. C: Vista en planta, destaca hacia la derecha de la imagen la costilla dividida. D: Vista lateral izquierda, resalta la costilla dividida.

67

Lámina 13. Fotografías de *Weyla titan*. A: Vista frontal, destaca las costillas radiales y el sedimento con artejos de crinoideos que lo cubre parcialmente. B: Vista del margen dorsal, se observa las costillas radiales más finas y redeondeadas y los espacios intermedios cóncavas. C: Vista en planta de la valva derecha, resalta el litoencomstramiento hacia el lado izquierdo de la comisura, el ensanchamiento de las costillas hacia el margen ventral y la forma de la concha. D: Vista en planta de la valva izquierda, se distingue las costillas radiales delgadas, con crestas afiladas y los espacios intermedios mucho más anchos que las costillas. __68

Lámina 14. Imágenes de molde compuesto correspondiente a la muestra MPT-043 identificada como *Modiolus* sp. A: Vista frontal en la que se observa las líneas de crecimiento concéntricas y el levantamiento en la valva superior (valva izquierda) y el margen ventral. B: Vista de la parte dorsal, resalta el surco donde iría el escudete con el área del ligamento. C: Vista en planta, destaca la carena con su torción en 45° y el posterior surco en el margen posterior, también se observa el área del ligamento con un largo de la mitad del ancho total. _____70

Lámina 15. Fotografías de la muestra MPT-122 identificada como *Modiolus* cf. *scalprum*. A: Vista frontal, se destaca las líneas de crecimiento y la concha inequilateral. B: Vista en la planta, se distingue las líneas de crecimiento concéntricas, el margen ventral redondeado, el margen anterior cóncavo y el margen posterior subredondeado. C: Vista lateral del margen anterior, se observa lo convexo de ambas valvas, la forma alargada de la concha y las líneas de crecimiento concéntricas y finas. _____71

Lámina 16. Fotografías de la muestra MPT-163 identificada como *Lithotrochus humboldtii*. A: Vista frontal en la que se observa las 3 vueltas, sus costillas tanto axiales como espirales y suturas cubiertas por carenas. B: Vista en planta que destaca la ausencia del ápice como la protoconcha y el ancho y largo que son muy similares. C: Vista posterior en la que se aprecia nuevamente la ausencia de la protoconcha y el ápice. D: Vista de la última vuelta que resalta el ombligo redondeado y cubierto por sedimentos y, por último, la posible abertura que ese encuentra cubierta por sedimentos. _____73

Lámina 17. Imagen de la muestra MPT-213, identificada a nivel de la subfamilia Dactylioceratinae, corresponde a la vista en planta, se observa el enrollamiento serpenticóna del ammonoideo, las costillas gruesas, rectirradiadas y espaciadas, además se destaca el margen ventral grueso. _____76

Lámina 18. Fotografías de la muestra MPT-104 (C), MPT-105 (B) y MPT-114 (A) identificadas como *Hildaïtes* cf. *murleyi*. A: Vista en planta del enrollamiento serpenticónica, se ven las costillas sinuosas, algo espaciada y el ancho y el ombligo pequeño. B: Vista frontal del margen ventral del molde, se aprecia la carena centralizada y algo gruesa y el grosor de las costillas hacia este margen y como no alcanzan el margen ventral. C: Vista en planta en la destaca el contraste de densidad de las costillas del último enrollamiento con la cercanas del ombligo, estas últimas algunas bifurcan desde la base o desde el centro de una. También son algo sinuosas y delgadas a diferencia a las costillas del último enrollamiento. _____77

Lámina 19. Fotografías en distintos ángulos de la muestra MPT-113 identificada a nivel de la familia Nautilidae. A: Vista frontal, destaca el enrollamiento de la concha y la ligera distorsión que presenta el molde en general. B: Vista lateral en el que se aprecia el enrollamiento involuto, una concha tipo nautilocónica, el ombligo cubierto y la sutura ortoceratítica. C: Vista posterior en la que se observa aún más las líneas ortoceratíticas. D: Vista interna de las cámaras, en esta se aprecia el sífúnculo al centro de la cámara y completamente relleno de sílice. _____78

Lámina 20. Fotografías de la muestra MPT-159 determinada como *Lobothyris* cf. *punctata*. A: Vista frontal que destaca la comisura frontal rectimarginada, líneas de crecimiento cercanas a la comisura y una forma aplanada de la concha con bordes afilados. B: Vista en planta, se observa la forma redondeada del contorno, el foramen circular y pequeño y las líneas de crecimiento concéntricas. C: Vista lateral en la que se aprecia la comisura lateral plana, un umbo erecto y estrecho y la convexidad de ambas valvas. D: Vista posterior en la que se distingue aún más el umbo algo estrecho, el foramen, el contorno aplanado y afilado y la forma aplanada de la concha. _____82

Lámina 21. Fotografías de la muestra MPT-223 determinada como *Lobothyris* cf. *subpunctata*. A: Vista frontal en la que se observa las líneas de crecimientos finas, la comisura frontal algo sinuosa y una forma

redonda y con el contorno muy redondeado. B: Vista posterior en la que se aprecia un umbo inflado y fuerte, un contorno más o menos afilado y una valva dorsal más aplanada que la ventral. C: Vista en planta se distingue el foramen redondeado, grande y labiado, un umbo ventral grueso, costillas muy finas y concéntricas y la forma general de la concha muy ovalada. _____ 83

Lámina 22. Fotografías de la muestra MPT-156 identificada como *Lobothyris* cf. *sinemuriensis*. A: Vista frontal en la que se aprecia una forma ovalada y contornos suaves, una comisura frontal algo sinuosa y las líneas de crecimiento concéntricas y levemente marcadas. B: Vista en planta en la que se observa las líneas de crecimiento concéntricas y paralelas a la comisura, una forma redondeada a ovalada y un foramen redondeado, submesotírido, grande, labiado por un collar peduncular. C: Vista lateral en la que se observa líneas de crecimiento muy marcadas en toda la valva ventral, una comisura lateral recta, concha biconvexa y un umbo erecto a ligeramente incurvado, fuerte e inflado. D: Vista posterior en la que destaca el umbo fuerte e inflado y una forma ovalada de la concha con bordes suaves. _____ 84

Lámina 23. Fotografías en distintos ángulos de la muestra MPT-189 determinada como *Tetrahynchia* cf. *ranina*. A: Vista frontal en la que se aprecia el uniplegamiento de la comisura frontal con cuatro costillas, la forma triangular del contorno del braquiópodo y las costillas del tipo “tetrahedra” en los flancos laterales y en el pliegue. B: Vista en planta en la que destaca las costillas, sobresaliendo en el flanco lateral izquierdo una costilla que no alcanza la comisura dejando el espacio, además se puede observar el foramen pequeño y redondeado y un contorno triangular. C: Vista lateral en la que se observa aún más las costillas que no alcanza la comisura, el perfil geniculado de la concha, el umbo ventral erecto y algo engrosado y que el pliegue sobresale dándole más convexidad a la valva dorsal y su elevación máxima cerca de la comisura frontal. D: Vista posterior que se percibe el nacimiento de las costillas desde el umbo dorsal, el umbo ventral algo estrecho, las costillas que no se desarrolla hacia la comisura (ubicada al lado derecho de la imagen) y el pliegue sobresaliendo del contorno de la valva dorsal. _____ 87

Lámina 24. Fotografías de la muestra MPT-297 identificada como *Tetrahynchia* cf. *dumbletonensis*. A: Vista frontal, se observa las costillas redondeadas tipo “dumbletonensis”, espacio entre costillas en forma de “v”, el pliegue poco elevado y un margen de la concha aplanado y algo redondeado hacia los bordes. B: Vista en planta, que se aprecia las costillas desde el umbo a la comisura, el foramen circular algo grande con una interárea lisa y una forma del braquiópodo subpentagonal. C: Vista lateral, destaca la convexidad de la valva dorsal, el perfil geniculado, el umbo ventral algo engrosado, el foramen erecto a incurvado y una zona con recristalización. D: Vista posterior, se ve el umbo ventral ancha terminando en punta, el margen subredondeada y aplanado, el inicio de las costillas desde el umbo dorsal y los espacios entre valvas rellenos con sedimentos. _____ 88

Lámina 25. Fotografías en distintos ángulos de la muestra MPT-084 inidicada como *Tetrahynchia* cf. *tetrahedra*. A: Vista frontal en la que se observa las costillas del tipo “tetrahedra”, también se puede observar el pliegue con distorsión y estrecho y las cuatro costillas que tiene esta. B: Vista en planta en la que se aprecia las costillas desde el umbo a la comisura, la forma trigonal de la concha, una pequeña fractura en la parte izquierda y un foramen circular y pequeño. C: Vista lateral en la que se destaca una concha planoconvexa, el perfil geniculado, la valva dorsal muy convexa, el umbo ventral ligeramente incurvado y estrecho y la comisura lateral en zigzag. D: Vista posterior, se aprecia el nacimiento de las costillas en la valva dorsal, el pliegue sobresaliendo ligeramente del contorno general de la valva dorsal, los espacios entre valvas y el umbo estrecho. _____ 89

Lámina 26. Fotografías en distintos ángulos de la muestra MPT-283 designado como *Quadratihynchia* cf. *quadrata*. A: Vista frontal en la que se observa unas costillas del tipo “quadrata” en toda la concha, también se observa el pliegue con siete costillas. B: Vista en planta en la que se aprecia el engrosamiento de las costillas hacia la comisura. C: Vista lateral que destaca la comisura lateral en zigzag, la concha planoconvexa, el perfil geniculado, la convexidad de la valva dorsal y el umbo ventral estrecho. D: Vista posterior, se observa el umbo ventral poco ancho y el punto donde inician las costillas. _____ 91

Lámina 27. Fotografías en varios ángulos de la muestra MPT-309 determinada como *Gibbirhynchia* cf. *curviceps*. A: Vista frontal en la que se destaca la forma redondeada y globosa de la concha, las costillas

densas del tipo “tetrahedra” y el poco marcado pliegue en la comisura frontal. B: Vista en planta se observa los contornos redondeados, un umbo ventral grueso, la radiación de las costillas y un foramen redondo y cubierto por sedimentos. C: Vista posterior que distingue el grosor de umbo ventral y la esfericidad general de ambas valvas. D: Vista lateral se aprecia la forma circular de la concha, una concha ligeramente biconvexa, el perfil geniculado y el umbo erecto a incurvado. _____93

Lámina 28. Fotografías de la muestra MPT-181 indicado como *Spiriferina cf. chilensis*. A: Vista frontal en la que destaca el pliegue en la comisura frontal, las costillas marginales y radiales, las líneas de crecimiento muy marcadas hacia la comisura y la forma alargada de la concha. B: Vista en planta que la que se observa las costillas radiales, las líneas de crecimiento más marcadas hacia la comisura, lo redondeado del contorno de la concha, el interárea que se forma por el umbo ventral, el margen charnelar recto y el foramen triangular del tipo anfotúridio. C: Vista lateral en la que se aprecia las líneas de crecimiento marcadas hacia las comisuras y dando un aspecto escamoso, el umbo fuerte e inflado con dirección recta a subrecta. D: Vista posterior en la que se distingue el foramen grande, el margen charnelar recto y el interárea amplia. ____95

Lámina 29. Conjunto de imágenes de la muestra MPT-253 (A) y MPT-254(B) determinadas como *Spiriferina cf. chilensis*. A: Vista la zona posterior, al centro donde se encuentra el relleno sedimentario se ve septo medio o crura hasta la mitad de la altura total, además se ven las placas deltidiales proyectándose hasta este septo para formar un tipo de “U”. B: Vista posterior que presenta las placas deltidiales estrechas y separadas. _____95

Lámina 30. Fotografías de la muestra MPT-010 (A y B), MPT-012 (C) y MPT-305 (D), indicadas como *Montlivaltia* sp. A: Vista en planta del cáliz con reemplazamiento de óxido de hierro y se ven los septos. B: Vista lateral, se observa el cáliz y algunos septos. C: vista en planta, en este se observa el cáliz y una gran cantidad de septos, ambos recristalizados. D: vista en planta de muestra en terreno, en este se aprecia la epiteca erosionada alcanzándose a ver los septos internos. _____97

Lámina 31. Conjunto de fotografías de las muestras MPT-098 (A y C), MPT-192 (B) y MPT-315 (D) indicadas como *Pentacrinus* sp. A: Vista frontal que destaca el artejo de crinoideo pentagonal con crénulas con forma de estrella y el lumen central. B: Vista frontal de conjunto de secciones de columneta en forma de estrella al cual se le ven las crénulas. C: Vista en planta en la que se aprecia el artejo pentagonal con crénulas en forma de estrella. D: Vista frontal se sección de columneta con artejos en forma de estrella. 99

Lámina 32. Conjunto de fotografías de la muestra MPT-306 visto en terreno e identificada a nivel de la familia Orthopsidae. A: Vista en planta, destacan los cuatro tubérculos teniendo dos en la zona inferior y dos en la parte superior, también se observan los poros pequeños en el área entre tubérculos. B: Vista frontal, se observan 2 tubérculos mejor conservados en la parte inferior y se ve su perforación y los poros pequeños entre tubérculos y los poros con mayor tamaño rodeado la base de los tubérculos. _____99

Lámina 33. Imagen de la muestra MPT-032, identificado en el orden Cyclostomata, y que corresponde a la vista frontal de la roca, destaca por el fragmento de zoario en forma arborescente y que conserva los zoeicos redondos a ovalados. _____101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Presenta las litofacies que se observaron para las columnas estratigráficas. _____105

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Fotografía de estratos con *Thalassinoides* que tiene las galerías con formas tipo Y y T, además se aprecia el grosor de hasta cinco cm. _____46

Imagen 2. Los *Thalassinoides* sp con sus características formas tipo T e Y, estos se encuentran en la litofacies CaAr-Arf donde se encuentran *Gryphaea darwini*. _____109

Imagen 3. Muestra la gran cantidad de especímenes de posiblemente de *Tetrarhynchia* cf. *tetrahedra* y/o *Tetrarhynchia* cf. *ranina*, pertenecientes a la litofacies de Ca-Arf de la columna estratigráfica del sector dos, también se pudo observar algunos *Spiriferina* cf. *chilensis*. _____ 111

CAPÍTULO I: Marco Introductorio.

1.1. Antecedentes preliminares

El área de estudio se encuentra ubicada en la Quebrada Pinte en el sector sureste de la Región de Atacama.

Las personas moradoras tienen como principales actividades la agricultura y ganadería, pero últimamente ha habido un interés en el desarrollo del turismo cultural en la zona. Debido a que cuenta con un patrimonio arqueológico ligado a la cultura indígena Molle, además del paleontológico conformado por fósiles de organismos contenidos en estratos de origen marino que afloran a lo largo de la quebrada. Por consiguiente, el material patrimonial se encuentra protegido por la ley del patrimonio 17.288 promulgada en 1970. Para la conservación y difusión de estos bienes se cuenta un museo de sitio, generado por los integrantes de la comunidad, pero este no cuenta con un respaldo formal de la colección paleontológica.

La geología del área se encuentra descrita en la carta El Tránsito-Lagunillas. En esta se describen unidades como Dioritas de Quebrada Pinte con edad del Carbonífero inferior, constituyendo el basamento de Quebrada Pinte. Esta unidad se encuentra en contacto con los estratos de andesitas pertenecientes a Formación La Titora de edad Triásica, mediante inconformidad, ésta última, está en contacto con los estratos de la Formación Lautaro, por medio de discordancia angular, de edad Jurásico inferior. Formación Lautaro que se caracteriza por calizas y areniscas que son portadoras del material fósil de la zona. La Formación Lautaro está en contacto con la Formación Algarrobal de edad Jurásico superior a Cretácico inferior, la cual se caracteriza por estratos de andesitas a basaltos. La estructura principal del área es la Falla de Pinte que se encuentra ubicada al oeste de la quebrada, es del tipo inversa con dirección N-S y con manteo entre 70° a 80° (Salazar *et al.*, 2013).

La Formación Lautaro se encuentra en la ladera oriental de la Quebrada Pinte con una inclinación de las capas que van de los 35° a 70°, su litología está compuesta por calizas con gran diversidad en su contenido en fósiles, calcarenitas y areniscas calcáreas. Los fósiles presentes en estas litologías pertenecen a moluscos de los géneros *Weyla*, *Pholadomya*, *Gryphaea*, *Modiolus* y *Trigonia*, géneros de braquiópodos como *Lobothyris*,

Tetrarhynchia, *Quadratorhynchia* y *Gibbirhynchia*. Además, hay gastrópodos como *Lithotrochus humboldtii*, cefalópodos, hexacorales, briozoos, crinoideos y equinodermos, la mayoría sin clasificación taxonómica mayor (Hillebrandt, 1971; Hillebrandt, 1973; Aberhan, 1993a; Aberhan, 1993b).

Pese a la existencia de investigaciones paleontológicas en Quebrada Pinte, la poca accesibilidad y la antigüedad de estas ha generado que los gestores del museo de sitio no tengan el conocimiento pleno ni actualizado sobre las faunas fósiles para explotar al máximo el potencial geoturístico y para que ello se necesita ampliar, actualizar y entregarle a los gestores del museo de sitio la información taxonómica de las muestras fósiles, la edad que representan y sus estratos de procedencia; así como eventos de transgresión y regresión que estén representados entre los estratos.

1.2. Hipótesis

De acuerdo con la determinación taxonómica de las muestras fósiles es posible precisar la identificación de nuevos taxones, de forma adicional a la ya descrita fauna fósil Jurásica de Quebrada Pinte; que en conjunto con el análisis de biofacies permitirá determinar la existencia de grupos de taxones. Además, estos grupos generan variaciones en la riqueza y diversidad, permitiendo asociar las variaciones faunísticas con eventos regresivos y transgresivos en el sector. Por lo tanto, el análisis bioestratigráfico permitirá acotar las edades de la cuenca Jurásica. Todo ello con tal de reportar la información, como sustento para el desarrollo del geoturismo; y comprender la evolución tanto de la cuenca como de la fauna fósil de Quebrada Pinte.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Generar un análisis bioestratigráfico que permita precisar los grupos taxonómicos presentes en Quebrada Pinte.

1.3.2. Objetivos específicos

Analizar las biofacies para observar las conexiones entre grupos de taxones y sus variaciones en la estratigrafía.

Realizar un análisis de facies para determinar los ambientes en la que convivieron los diversos taxones fósiles.

Determinar biozonas con tal de acotar las edades de la cuenca Jurásica.

Desarrollar bioestadística para obtener la diversidad de especies de la fauna fósil de Quebrada Pinte.

Construir infografía basada en los lugares de mayor interés paleontológico en la Quebrada Pinte.

1.4. Ubicación y acceso

El área de estudio se ubica en la parte Este de Quebrada Pinte en la precordillera de la provincia del Huasco, a unos 81 km de Vallenar, región de Atacama. La superficie es de cuatro km² y abarca gran parte de Quebrada Pinte, el área de estudio tiene una orientación de NE-SW. Las coordenadas del cuadrángulo en UTM son 6.795.844 y 6.789.071 m N; 372.891 y 377.361 m E, con una cota aproximada de 1.550 m s.n.m.

Para llegar al área de estudio, desde Vallenar se debe ingresar a la C-485 en dirección al poblado de Alto del Carmen. En Alto el Carmen se ingresa a la ruta C-495 que lleva hacia la localidad de El Tránsito. Desde El Tránsito a unos 10 km, en la misma ruta C-495 y en dirección a la cordillera, se encuentra la ruta C-493 que lleva al área de estudio y a Quebrada Pinte (ver Figura 1).

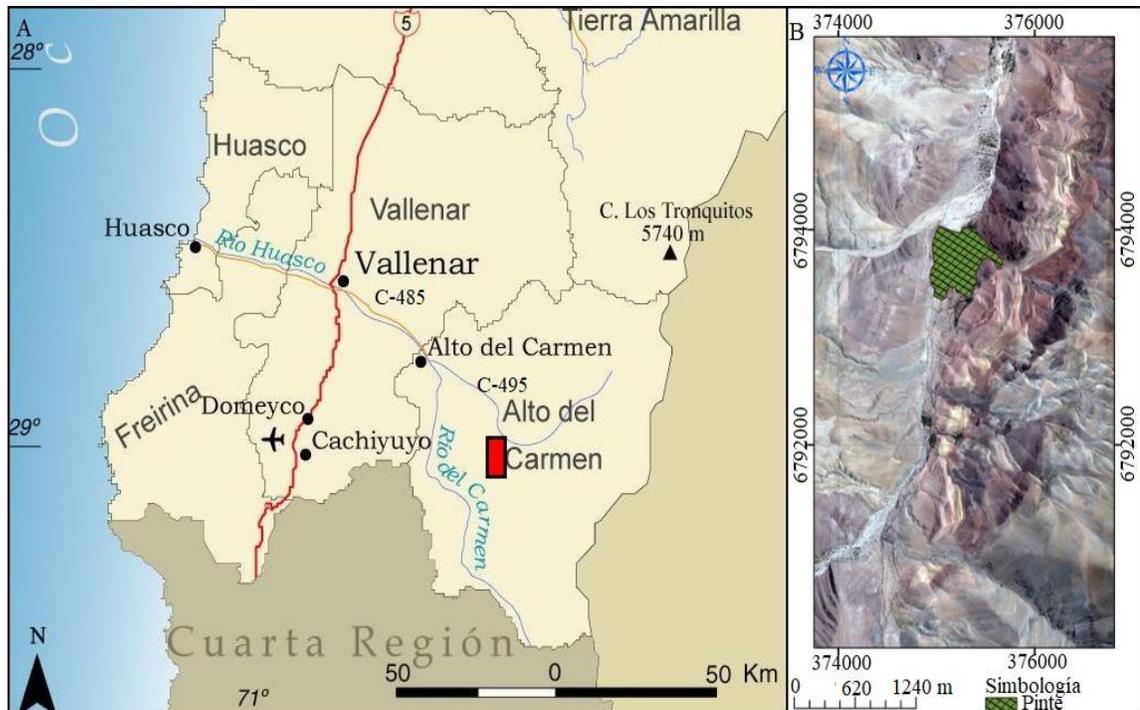


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio. A: imagen de la Provincia del Huasco, la línea roja indica la ruta Panamericana, la anaranjada la ruta C-485, la azul la ruta C-495 y el rectángulo en rojo indica el área de estudio. Modificada de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. C: mapa del área de estudio que abarca la Quebrada Pinte, georreferenciada y a escala 1:10.000.

1.5. Estudios anteriores

Para Quebrada Pinte existen diversos estudios e investigaciones y son:

Hillebrandt (1971), realizó el estudio de invertebrados marinos en diversas localidades con la finalidad de tener los ecosistemas marinos del Jurásico en Sudamérica. Este estudio también incluyó material fósil de Quebrada Pinte.

Hillebrandt, (1973), realiza el estudio de ammonoideos para la generación de la bioestratigrafía de las diversas formaciones Jurásicas. En la cual definió el rango de edad Sinemuriense – Bajociense para la Formación Lautaro en Quebrada Chancoquin por medio de la Zona Giebeli con ammonoideo como *Sonnina espinazitensis*.

Reutter (1974), estudio con la finalidad de generar la geología de la latitud 29° sur (El valle de El Tránsito) por medio de la determinación de unidades geológicas. Dentro de las nuevas unidades definió a la Formación la Totorá con extensión desde la Quebrada La Totorá con límite en Quebrada Pinte en el sureste.

Ribba (1985), estudio con el objetivo de actualizar la información geológica del Valle de El Tránsito. Entre la nueva información geológica, definió los Esquistos de Quebrada Seca en la Quebrada Pinte.

Aberhan, (1993a), efectuó un estudio de la Formación Lautaro, entre las cual se encontraba Quebrada Pinte. Identificando cuatro ramplas con sus respectivas biofacies: siliciclástica poco profunda con biofacies de *Parallelodon hirsonensis*; mixta carbonática siliciclástica con biofacies de *Weyla alata/Entolium corneolum*; carbonática intermedia con biofacies de fauna pedunculada (*Lobothyris*, *Spiriferina* y *Quadratirhynchia*) y carbonática profunda con biofacies de *Gryphaea* sp., *Nuculana ovum*, *Posidonotis cancellata* y *Propeamussium pumilum*, que representan un modelo de rampla homoclinal. Además, realizó las curvas de rarefacción de las muestras fósiles y determinó que el inicio de la sedimentación es en el Sinemuriense superior y terminó en el Toarciense superior.

Aberhan (1993b), estudio cuya finalidad es identificar reemplazamiento de faunas en la bioestratigrafía de Quebrada Pinte y la causa de estos reemplazamientos. Identificó cuatro reemplazamientos faunísticos: entre *Lobothyris* cf. *ovatissima* y *Lobothyris subpunctata*; de *Quadratirhynchia crassimedia* a *Quadratirhynchia* sp.; *Weyla alata/Entolium corneolum* a *Gryphaea darwini* y *Pholadomya hemicardia* y *Plauromya uniformis*, en los fósiles de los estratos de Quebrada Pinte y en localidades cercanas. El autor concluye que los cambios son producto a transgresiones y regresiones.

Vicente (2006), explica e identifica los factores que influyeron en la regresión que cerró las principales cuencas marinas del Jurásico inferior en el Norte de Chile, Perú y Argentina. El estudio incluye la Quebrada Pinte que le asigna un cierre de cuenca una edad Bajociense de acuerdo a la fauna fósil. De acuerdo a los antecedentes recopilados como el techo de varias formaciones tienen estratos de origen continental, mientras que otros terminan con la presencia de estratos de andesitas, concluye que el factor principal que provocó la regresión es la tectónica.

Labbé *et al.* (2012), investigación con la finalidad de identificar el ambiente de formación de las unidades volcánicas del Jurásico superior en el Valle de El Tránsito y su edad por medio de dataciones. Dentro de la toma de datos incluyeron la Formación Algarrobal de Quebrada Pinte a la que se le realiza dos columnas estratigráficas ubicada una en el sector conocido como La Mota y en Quebrada El Ají. Mientras las dataciones

fueron obtenidas del estudio de Oliveros *et al* (2012b) quien obtuvo una datación en Ar/Ar de $163,4 \pm 1,2$ Ma en anfíboles de la base de la formación, hacia techo incluyeron la datación obtenida por Rossel *et al* (2011) que obtuvo en clinopiroxeno edad de $151,4 \pm 2,4$ Ma. Finalmente identificaron tres configuraciones paleogeográficas de un rift teniendo a Quebrada Pinte en la primera configuración con edad entre el 163 Ma al 154 Ma que se desarrolla un complejo volcánico de composición intermedia que se relaciona a la exhumación de la cuenca Lautaro.

Murillo *et al.* (2013), investigación con la finalidad de entender la génesis de las milonitas el portillo en el Cordón El Amarillo en Quebrada Pinte y la edad de formación de estas. Las dataciones constan de una U-Pb en circones de anfíboles de una diorita que da una edad de $326,3 \pm 4,3$ Ma, dos U-Pb en circones de anfíboles y de biotitas en una tonalita dando $257,7 \pm 3,3$ Ma y $256,1 \pm 3,1$ Ma; y dataciones por Ar/Ar en moscovitas neoformadas dando una edad de $241,9 \pm 0,5$ Ma. Finalmente concluye que el protolito se emplazó durante el Carbonífero medio a los 326,3 Ma, durante los 257 a 256 Ma se emplazan las tonalitas con foliación indicando la más antigua deformación tectónica coincidiendo con la primera etapa de la orogenia San Rafael. Mientras que las muscovitas de edad 241,9 Ma encontradas en granitos deformados son indicativos de un evento deformativo cuya edad coincide con el Complejo Plutónico Chollay.

Salazar *et al.* (2013), estudio con la finalidad de actualizar y mejorar la geología del área de El Tránsito. Esta incluye la información litológica que componen las unidades, sus edades y las relaciones entre las ellas, como las estructuras que hay tanto en sector de Quebrada Pinte y en sus alrededores. Además, registra una transgresión en el Sinemuriense superior, un cambio de miembros por cambios litológicos y fosilíferos entre el Toarciense inferior y Toarciense superior, y una regresión en el Bajociense.

Rossel *et al.* (2013), estudio geoquímico con la finalidad de comparar la composición del arco volcánico de la subducción del Jurásico con la composición de islas volcánicas. El estudio enmarca dos arcos volcánicos, paralelos entre sí, uno hacia el este cercano a la cordillera y uno al oeste cercano a la trinchera de la subducción. El muestreo incluyó andesitas de la Formación algarrobal de Quebrada Pinte, a las que se les obtuvo edades de Ar/Ar en circones de anfíboles dando $163,9 \pm 1,4$ Ma. El estudio concluye que el arco del oeste tiene rocas composicionalmente intermedias, mientras que el arco este es

composicionalmente heterogéneo indicando que algún momento hubo desplazamiento de magmas provenientes del manto.

Ortiz y Merino (2015), realizaron la geología de las áreas Río Chollay-Matancilla y Cajón del Encierro con la finalidad de actualizar la información geológica de esta área. Durante dicho estudio obtuvo la edad por U-Pb, mediante circones, de rocas de la unidad Dioritas de Quebrada Pinte dando una edad por U-Pb en circones de una diorita $324 \pm 4,1$ Ma.

Riveros (2019), investigación cuya finalidad es la caracterización morfológica y geoquímica de paleosuelos en los valles del Huasco para el desarrollo del potencial geoturístico en Quebrada de Pinte.

Cancino (2020), estudio que tiene el objetivo la determinación de la geología del sector Quebrada del Ají, para así determina la influencia de la geología del sector como potenciador turístico del Valle del Tránsito.

Rojas (2021), investigación cuya finalidad es caracterización de la geología y estructural de la Quebrada Pinte para establecer de geositios y rutas patrimoniales para potenciar el turismo en de la localidad.

CAPÍTULO II: Marco Teórico.

2.1. Sistemática, taxonomía y nomenclatura

La sistemática se define como una rama que reconstruye las relaciones filogenéticas a partir de la taxonomía y nomenclatura (Arija, 2012). La taxonomía es la rama que se encarga de identificar, describir y clasificar los organismos en un sistema jerarquizado y exclusivo (Arija, 2012). Dicha jerarquía taxonómica en general es en base a la propuesta por Linnaeus (1758), que considera los siguientes niveles básicos: Dominio, Reino, Filo, Clase, Orden, Familia, Género y Especie (Arija, 2012). Mientras que la nomenclatura se encarga del correcto nombramiento de los organismos de acuerdo a un conjunto de normas que se rigen por diferentes códigos internacionales como Código Internacional de Nomenclatura Zoológico (ICZN) o el Código de Internacional de Nomenclatura Botánico (Ride *et al.*, 2000).

Para la validación de una nueva especie Ride *et al.* (2000), en el ICZN menciona que debe ser por medio de una publicación, siendo que debe cumplirse los siguientes requisitos del artículo 8, “Debe publicarse con la finalidad de proporcionar un registro científico público y permanente, debe poderse obtener, cuando aparezca por primera vez, gratis o mediante compra, y debe haberse producido mediante edición que contenga copias obtenidas simultáneamente por un método que asegure numerosas copias idénticas y duraderas”. Además, dicho documento debe dar nombre a la nueva especie, Ride *et al.* (2000), menciona que “El nombre científico de una especie, y no el de un taxón de cualquier otra categoría, es una combinación de dos nombres (un binomen), siendo el primero el nombre genérico y el segundo el nombre específico. El nombre genérico debe empezar con una letra mayúscula y el nombre específico debe comenzar con una letra minúscula {Art. 28}” y que “El nombre científico debe haberse escrito, en su primera publicación, con solo las 26 letras del alfabeto latino y que un nombre puede ser una palabra en latín, griego o cualquier otra lengua o derivada de estas {Art. 11}. También Ride *et al.* (2000), mencionan que para la validación de la publicación esta debe contener la descripción de características (diagnosis) {Art. 13}, que todo nuevo nombre específico de acompañarse con la fijación explícita del holotipo, espécimen que representa las características que definen a la especie (Ride *et al.*, 2000), o de sintipos, conjunto de

especímenes que representan las características que definen la especie (Ride *et al.*, 2000), y de la serie tipo, todos los ejemplares en el que el autor estableció un taxón nominal a nivel de especie (Ride *et al.*, 2000), y haberlos depositados en una colección seguido por una declaración indicando el nombre y ubicación de la colección {Art. 72}.

En el caso de trabajar con materiales biológicos que necesitan una clasificación Lanteri *et al.* (2006), recomiendan utilizar la metodología de un estudio sistemático, el cual se inicia con la búsqueda bibliográfica, luego la identificación de los especímenes para el estudio, a los cuales se les hace una selección y registro de caracteres para luego hacer una comparación taxonómica con la bibliografía.

En el caso de no poder realizar una identificación precisa del material de estudio se hace uso signos y abreviaturas conocidas como nomenclatura abierta (Lanteri *et al.* 2006). Si bien esta práctica es ampliamente ocupada en diversas áreas de la biología, en especial la paleontología, esta no se encuentra regulada por el código de nomenclatura (Lanteri *et al.* 2006). Ride *et al.* (2000). se señala que se excluyen signos tipográficos y abreviaturas en la nomenclatura cuando se está dando nombre a una nueva especie y solo se usan para calificar la aplicación de un nombre científico, pero no forman parte del nombre de un taxón, incluso aunque se inserten entre los componentes del nombre. Las diversas asociaciones paleontológicas internacionales hacen uso de las siguientes abreviaturas y signos (Lanteri *et al.* 2006):

Affinis (aff.), significa afín o similar, ocupado principalmente para la jerarquía de especie e indica que el espécimen se considera una nueva especie no descrita previamente, pero el estado del material lo hace insuficiente para la formalidad, por lo que el o los especímenes están estrechamente relacionados con la especie que propuso el calificador (Bengtson, 1988).

Confer (cf.), significa compara, se asigna principalmente a nivel de especie e indica que la determinación del espécimen es incierta, las razones son por la mala conservación del material de estudio o que la determinación es provisional (Bengtson, 1988).

Species (sp.), indica que el espécimen no se puede asignar o no está relacionado a ninguna especie establecida (Bengtson, 1988).

Indeterminatus (indet.), se utiliza para indicar que no se ha podido incluir en una categoría taxonómica inferior por falta de información suficiente (López y Truyols, 1994).

Genus et species indeterminatus (gen. et sp. indet.), abreviaturas para indicar que no se tiene información suficiente para incluirlos en un género y especie (López y Truyols, 1994).

Species novus (sp. n.; sp. nov.), indica que el espécimen corresponde a una especie nueva (Bengtson, 1988).

2.2. Ambientes de formación y facies sedimentarias.

Las propiedades físicas, químicas y hasta biológicas que tienen las rocas sedimentarias son generadas en el ciclo geológico sedimentario (erosión, transporte, depositación y diagénesis), por lo que, estos procesos sedimentarios constituyen el ambiente de formación (Boggs, 2006).

El término de facies hace alusión al conjunto de características que poseen un conjunto de estratos (Middleton, 1973). Estas características incluyen dimensión, estructuras sedimentarias, contenido fosilífero, tamaño y tipo de grano, color, entre otras, esta descripción de la facies conlleva a determinar el ambiente de formación (Nichols, 2009). Si las características de un conjunto de estratos se limitan a lo físico y químico, se denomina litofacies. Mientras que, si las características es el contenido fosilífero, se denomina biofacies. Si la clasificación de un conjunto de estratos es definida según su contenido de trazas, se denominará icnofacies (Vera, 1994).

2.2.1. Ambientes continentales

El ambiente continental se subdivide en cinco ambientes: fluvial, aluvial, lacustre, desértico y glacial, cada uno relacionado con el tipo de transporte, por el cual se ven afectados los sedimentos. Las facies de los ambientes continentales son predominantemente siliciclásticas (Boggs, 2006).

Ambiente sedimentario aluvial

Estos presentan tres tipos de facies diferenciados en el tipo de depósitos: La primera es la facies con depósitos aluviales subáreas que se caracterizan por ser litofacies de conglomerados matriz soportado sin estructura interna y en ocasiones con

laminaciones; con clastos de tamaños muy variables, algunos alcanzan un metro de ancho, y con potencias que van desde centímetros a metros (Nichols, 2009). La facies con depósitos aluviales de flujos laminares que consta de estratos con potencias de centímetros hasta un par de metros; con litofacies de conglomerados, areniscas, limos y arcillas, que pueden presentar estructuras de imbricación, laminación, en ocasiones estratificación cruzada y en ocasiones su base puede presentar gradación normal (Nichols, 2009). Por último, la facies con depósitos fluviales en el abanico aluviales, con litofacies de areniscas y/o conglomerados, que estructuras de paleocanales, y estratificación cruzada en areniscas y conglomerados con imbricación (Nichols, 2009).

Ambiente transicional volcánico sedimentario.

Este ambiente se caracteriza por tener facies con depósitos vulcano sedimentario epiclásticos que se caracteriza por litofacies de areniscas con gran cantidad de fragmentos líticos de origen volcánicos. Estos líticos son producto de la meteorización, erosión y rocas de lava o ceniza generando su retrabajo (Nichols, 2009).

2.2.2. Ambiente marino.

El ambiente marino se divide en los siguientes tipos: ambiente carbonático, ambiente siliciclástico y ambiente mixto carbonático – siliciclástico de acuerdo al tipo de depósito (Boggs, 2006; Nichols, 2009; Vera, 1994). Otra forma de dividir el ambiente marino es de acuerdo a la batimetría y a los procesos que ocurren en éste (Nichols, 2009) como se muestra en la siguiente Figura 2.

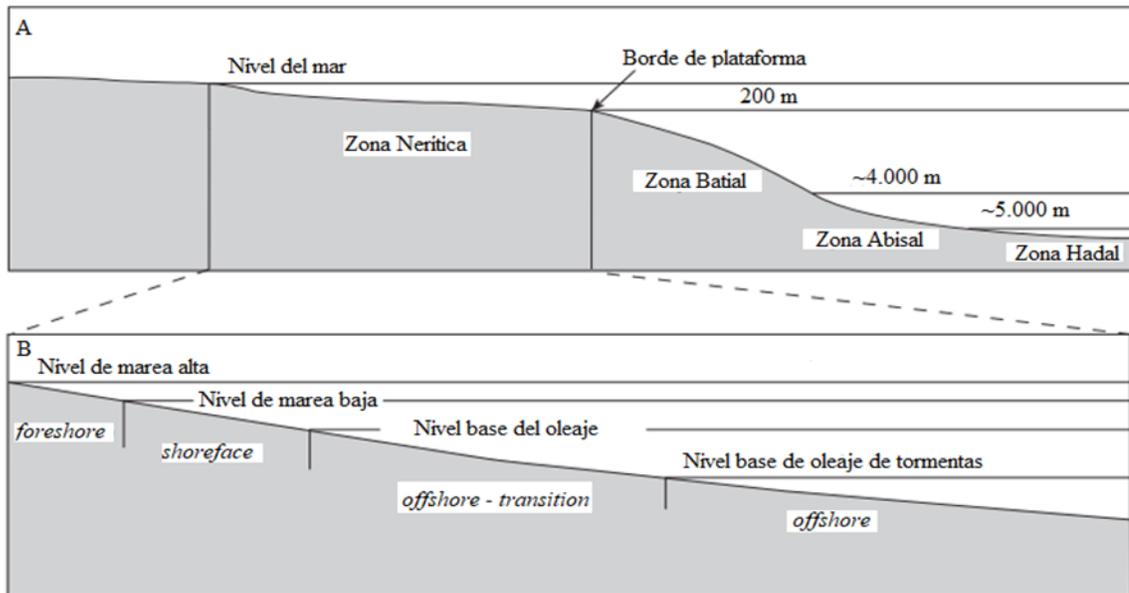


Figura 2. Representación gráfica de la división del ambiente marino según la profundidad. A: Modelo de las zonas del ambiente marino de acuerdo a la batimetría. B: Representación de la división de la zona nerítica de acuerdo a los procesos que ocurren en diversas profundidades. Modificado de Nichols (2009).

Los tipos de ambiente marino también se pueden subdividir por la batimetría, para ello hay que definir parámetros en las facies, que definan la batimetría, se consideran los parámetros ocupados por Aberhan (1993a), Nichols (2009), Boggs (2006), y Vera (1994). Los parámetros que definen la batimetría en las facies están caracterizados por sus componentes, las litofacies y biofacies y son:

En el caso de las litofacies se considerará la granulometría y estructuras como factores que determinan la profundidad. Ej. areniscas finas calcáreas con ondulitas o limos laminados o calizas tipo *wackestone* con estratificación cruzada.

En el caso de las biofacies se considera las alteraciones taxonómicas de las muestras, el estado tafonómico y el modo de vida del taxón como importantes para la profundidad. Ej. biofacies de *Weyla alata* articulados y recristalizados y con taxones que representan un modo de vida epibentónicos vágiles.

Con estos parámetros es que los tipos de ambientes marinos carbonático, siliciclástico y/o mixtos, quedan divididos por la batimetría con facies *foreshore*, *shoreface* y *offshore* como se describe a continuación:

Ambiente marino tipo siliciclástico.

Se caracterizan por depósitos de terrígenos transportados desde la plataforma continental a los océanos por corrientes, mareas y tormentas, depositando extensos cuerpos de areniscas y lutitas. Este tipo de ambiente marino tiene tasas de acumulación de sedimentos lenta y puede ser superada por las tasas de hundimiento de la cuenca, de modo que se irá profundizando la cuenca (Nichols, 2009).

La facies siliciclástica *foreshore* se caracteriza por litofacies de areniscas gruesas a finas con estructuras sedimentarias como ondulitas, estratificaciones cruzadas, o conglomerados polimícticos de matriz o clasto soportado. Estos pueden tener asociados fósiles que constan de fragmentos macerados, desarticulados y con una abrasión intensa; y algunas trazas fósiles y bioturbaciones. El modo de vida de los organismos en este tipo de facies son principalmente epibentónicos vágiles.

La facies siliciclásticas *shoreface* presenta litofacies de areniscas limosas a limos, con estructuras sedimentarias como laminaciones, estratificaciones cruzadas y/u ondulitas. Mientras que los fósiles asociados a esta facies, estarían recristalizados, articulados, con leve a nula abrasión y se encontrarían algunos fragmentos. El modo de vida de los taxones principalmente sería endobentónico y epibentónico tanto vágiles como sésiles. Además, en estas facies se pueden observar varias bioturbaciones.

La facies siliciclástica *offshore* presentan litofacies de lutitas a limos con laminaciones y con abundante materia orgánica. En cuanto los fósiles asociados a la facies estarían con buena conservación, recristalizados o con reemplazamientos, articulados y con nula abrasión. El modo de vida de los organismos sería principalmente neobentónico o planctónico y algunos casos de bentónicos. También se podrían observar trazas como bioturbaciones.

Ambiente marino tipo carbonático.

Este tipo de ambiente se caracteriza por depósitos de carbonatos que se depositan en plataformas relativamente poco profundas (Boggs, 2006). Existen varias características para los carbonatos marinos, según Nichols (2009): el primero, la formación de estos se da in situ, especialmente por procesos biológicos, y su producción se ve afectado por

aumento de detritus. Segundo, el tamaño del grano está determinado solo por la actividad biológica. Tercero, la actividad marina puede modificar el medio ambiente, ejemplo los arrecifes que controlan la distribución de energía de las mareas. El tipo de ambiente carbonático se divide en tres facies con los parámetros mencionados (ver Figura 3):

La facies carbonáticas *foreshore* se observan litofacies de calizas tipo *wackestone* o *mudstone* asociadas a estas se encuentran trazas fósiles, fragmentos de conchas y fósiles y estructuras sedimentarias como ocasiones oolitos u ondulitas. En la zona más profunda del *foreshore* hay caliza *grainstone* que forma una barrera y marca el límite con la siguiente asociación de facies. El modo de vida para los organismos es epibentónico vágil principalmente.

La facies carbonáticas *shoreface* con litofacies de caliza tipo *packstone*, *wackestone* o *bondstone* arrecifal; con estructuras sedimentarias como estratificación cruzada o *hummocky*; con fósiles asociados a esta facies con buena conservación; y bioturbaciones. Los modos de vida de los organismos son endobentónicos y epibentónicos vágiles como sésiles.

La facies carbonáticas *offshore* con litofacies de calcilutitas, calizas *wackestone* o *mudstone* con materia orgánica. La única estructura sedimentaria son las laminaciones. Pueden tener organismos fósiles asociados a esta facies que se encuentran en buena conservación, articulados con nula abrasión, recristalización y/o reemplazamiento; y en ocasiones hay bioturbaciones. Los modos de vida de los organismos son principalmente neotónicos y/o planctónicos.

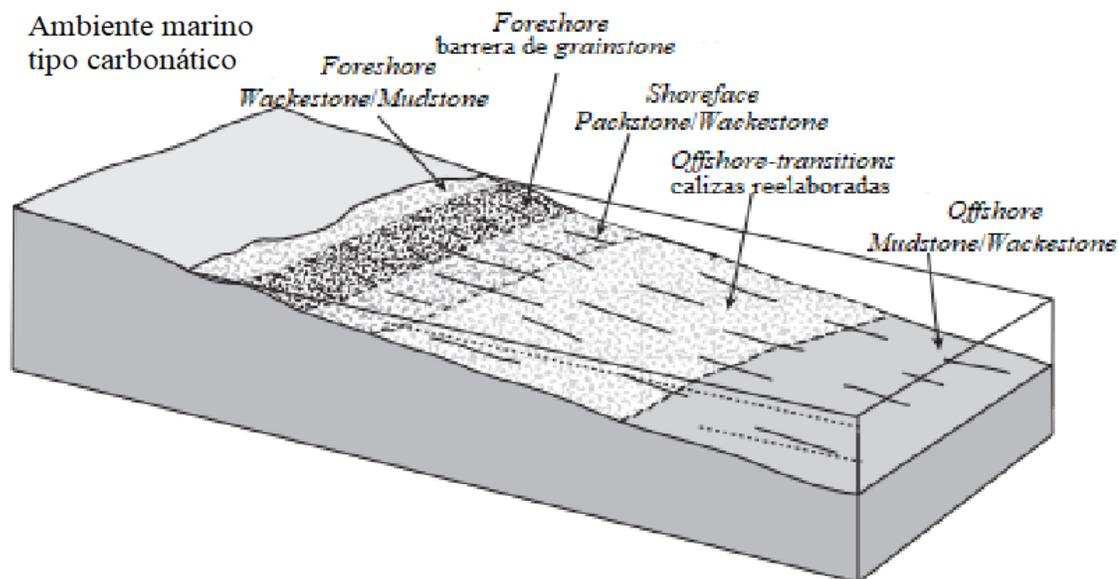


Figura 3. Modelo de un ambiente marino tipo carbonático que señala las diversas facies de acuerdo a la división de los procesos relacionados a la batimetría. Modificado de Nichols (2009).

Ambiente marino mixto carbonático-siliciclástico.

Las facies carbonáticas-siliciclásticas *foreshore* cuentan con litofacies de calcarenitas, intercalaciones de calcarenitas con conglomerados, intercalaciones de calcarenitas con areniscas e intercalación entre areniscas y calizas. Las principales estructuras sedimentarias que presentan estas litofacies son estratificación cruzada, ondulitas y oolitos. Los fósiles asociados a esta facies exhiben desarticulación, abrasión intensa y maceración. El modo de vida de los organismos principalmente epibentónicos vágiles.

La facies carbonáticas-siliciclásticas *shoreface* consta de litofacies de calizas intercalados con limos y calcarenitas intercaladas con calizas tipo *wackestone* o *packstone*, que contendrían estructuras sedimentarias como laminaciones, en ocasiones ondulitas u oolitos. Los fósiles asociados a esta facies presentan recristalización, articulados como desarticulados, abrasión, algunos macerados. Los modos de vida para organismos relacionados a esta facies son epibentónicos, tanto sésiles como vágiles, y endobentónico. Abundan bioturbaciones.

La facies carbonáticas-siliciclásticas *offshore* consiste en litofacies de intercalación entre calizas con lutitas, que presentan estructura sedimentaria de laminación. Los fósiles asociados a esta facies tienen una buena conservación con recristalización y/o reemplazamiento, y articulados. El modo de vida de los organismos es nectónico y /o planctónicos.

2.3. Bioestratigrafía

La bioestratigrafía es método de clasificar un conjunto de rocas estratificadas por medio de su contenido fósil, generando información acerca de la edad relativa y la distribución paleobiogeográfica y estratigráfica (Vera, 1994). La unidad básica de la bioestratigrafía es la biozona o zona, propuesta por Opper (1856). Las biozonas son conjuntos de estratos que están definidos por los rangos de extensión espacial de taxones que los contienen (Nichols, 2009). Para establecer una biozona se debe delinear los límites verticales de un taxón o varios taxones, conocidos como biohorizontes. El biohorizonte base de una biozona estará delimitado por la primera aparición del taxón o conocido como *the first appearance of a datum (FAD)* y la última aparición o *the last appearance of a datum (LAD)* (Boggs, 2006), teniendo biozonas como:

Biozona de rango de taxón: consiste en el *FAD* y *LAD* de un solo taxón (Boggs, 2006).

Biozona de intervalo: delimitado por dos o más biohorizontes de organismos distintos, que no coinciden (Vera, 1994).

Biozona de linaje: se define por la coincidencia de los rangos de los taxones de un mismo nivel jerárquico y que representan un segmento específico de un linaje evolutivo (Boggs, 2006).

Biozona de abundancia: es caracterizado por la abundancia de un taxón en particular (Boggs, 2006).

Biozona de rangos concurrentes: definida por los rangos superpuestos de al menos 3 o más taxones que pueden o no estar relacionadas, cuyos *FAD* y *LAD* se ocupan como intervalo estratigráfico (Nichols, 2009).

Para generar el análisis de biozonas, se debe cerciorar la realización correcta de los siguientes dos puntos. El primero es la calidad de conservación y la correcta determinación taxonómica de la muestra fósil, esto es para tener una información sólida para futuras comparaciones. El segundo es que la historia diagenética de los taxones sea correcta, ya que un taxón con una alteración tafonómica puede generar una cronología inexacta (Nichols, 2009).

Biocronoestratigrafía

Si bien la utilización de los fósiles para determinar edades relativas, es parte del fundamento de la bioestratigrafía, el estudio del significado temporal de las biozonas se denomina biocronología (Vera, 1994).

Blatt *et al.* (1991), propone tres criterios para conocer el valor cronoestratigráfico de las biozonas en una sección estratigráfica. Primero, si en una sección estratigráfica un taxón vuelve aparecer en estratos más recientes, conocido como efecto lázaro, debido a fenómenos de emigración e inmigración, se sugiere el estudio de otras secciones estratigráficas con distribución amplia. Si los biohorizontes (*FAD* y *LAD*) de uno o más taxones coinciden con cambios litológicos la distribución está condicionada por factores ambientales, por lo que es recomendable el estudio de secciones estratigráficas con biohorizontes ubicados dentro de una misma facies. Por último, si los biohorizontes (*FAD* y *LAD*) coinciden con los límites de las unidades litoestratigráficas o con discontinuidades en la estratigrafía, se aconseja estudiar la estratigrafía de otras áreas que no tengan ese intervalo permitiendo conocer mejor la distribución temporal de las especies.

Para la elaboración de la cronocorrelación de los fósiles o biocronología se debe realizar una correlación de biozonas con mayor valor cronoestratigráfico y utilizar la biozona de abundancia (Boggs, 2006). Las unidades definidas son denominadas biocrones, que están delimitadas por biocronohorizontes que están determinados por límites temporales de apariciones y desapariciones de taxones (Vera, 1994).

2.4. Ciclos transgresivos y regresivos

Las variaciones del nivel del mar son conocidas en todos los períodos geológicos y son muy importantes en los procesos sedimentarios marinos. Existen tres factores que

producen estas variaciones y son la tectónica, el eustatismo y el flujo de detritos. Para determinar si ocurrieron variaciones del mar (regresión y transgresión) en una sucesión sedimentaria primero se debe establecer la profundidad y la posición relativa de la costa analizando las facies sedimentarias (Nichols, 2009).

Las transgresiones y regresiones quedan reflejadas en las secciones estratigráficas de manera muy diferente. Una sección estratigráfica con regresión de forma ideal consta de base a techo por facies marinas pelágicas, seguida con asociación de facies marinas someras, sobre ellas las costeras y finalmente facies continentales (Nichols, 2009). En cambio, para una transgresión se esperaría la misma facies, con facies continentales en la base de la columna, sobre ellas estratos costeros, seguida de facies marinas someras y finalmente tener facies marinas pelágicas hacia techo (ver Figura 4 y 5) (Boggs, 2006).

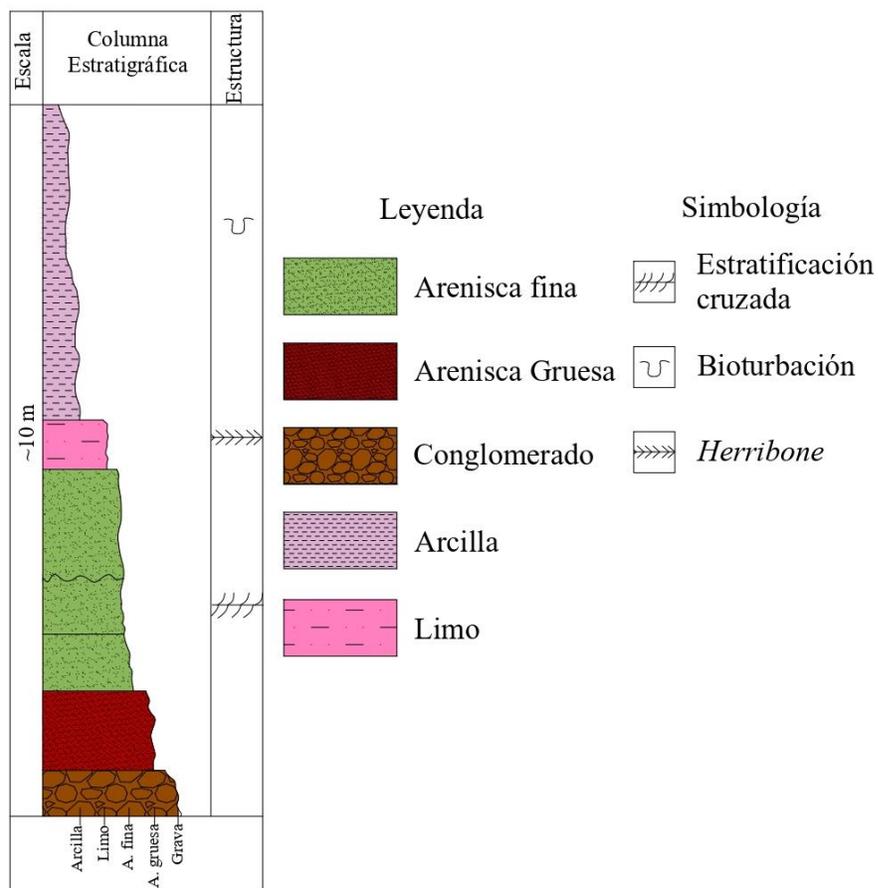


Figura 4. Imagen de modelo de columna estratigráfica que representa un evento transgresivo con el cambio de conglomerados a arcillas. Modificado de Boggs (2006).

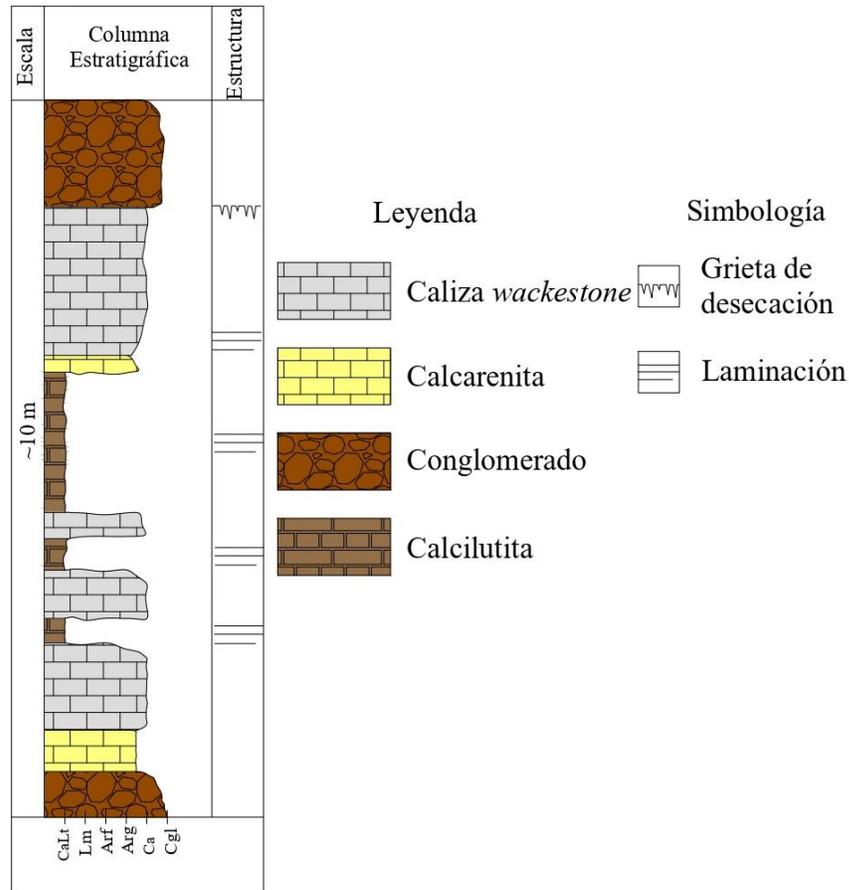


Figura 5. Modelo de columna estratigráfica que indica un evento de transgresión con el cambio de conglomerado, a calcarenita, a una caliza para terminar con calcilititas laminadas. Un evento de regresión en el cambio de calcilitita, calcarenita, caliza y terminar con conglomerados con grietas de desecación. Modificado de Nichols (2009).

Tanto las transgresiones como las regresiones pueden generar erosión, aunque en la regresión es más común (Vera, 1994). Curray (1964), menciona que las transgresiones con erosión se producen por aumento del nivel del mar de manera rápida generando un régimen de corrientes originan una erosión parcial de los materiales anteriores. Esto genera el retrabajo de sedimentos y la resedimentación (Ramajo *et al.*, 2002). Los conceptos de superficie transgresiva o regresiva, corresponde a una superficie reconocida en la sucesión estratigráfica que marca el inicio de la transgresión o regresión (Vera, 1994).

Posamentier *et al.* (1992), diferenciaron la regresión normal de la regresión forzada. La regresión forzada se genera por una bajada brusca del nivel del mar y que implica una

erosión de los materiales anteriores y la progradación de los cuerpos sedimentarios. Un ejemplo de esta ocurre comúnmente en las regiones con levantamiento brusco por factores tectónicos, como las etapas de formación orogénica (Vera, 1994). Mientras que la regresión normal es una bajada del nivel del mar constante en el tiempo o lenta, que puede generar o no una erosión de los materiales anteriores (Posamentier *et al.*, 1992).

2.5. Bioestadística en paleontología

La riqueza de especies se entiende como el número de especies que se detectan durante la recolección de muestras (Carmona-Galindo y Carmona, 2013). Para mejor visualización y entendimiento de este concepto, Sanders (1968), creó el método de rarefacción y que fue perfeccionado por Hulbert (1971). La rarefacción calcula el número de especies encontradas, por el número de especímenes durante la recolección de muestras; considerando que este último sea igual en todas las muestras. El resultado de este cálculo es una curva de rarefacción representados por los valores del índice de diversidad, cuya pendiente disminuye al acercarse a la asíntota, que representa el máximo de especies esperadas en un grupo de muestras recolectadas (Carmona-Galindo y Carmona, 2013) (ver Figura 6). La rarefacción parte de dos asunciones básicas, la primera se asume que las especies se distribuyen al azar y la segunda, es que la recolección de muestras es aleatoria (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

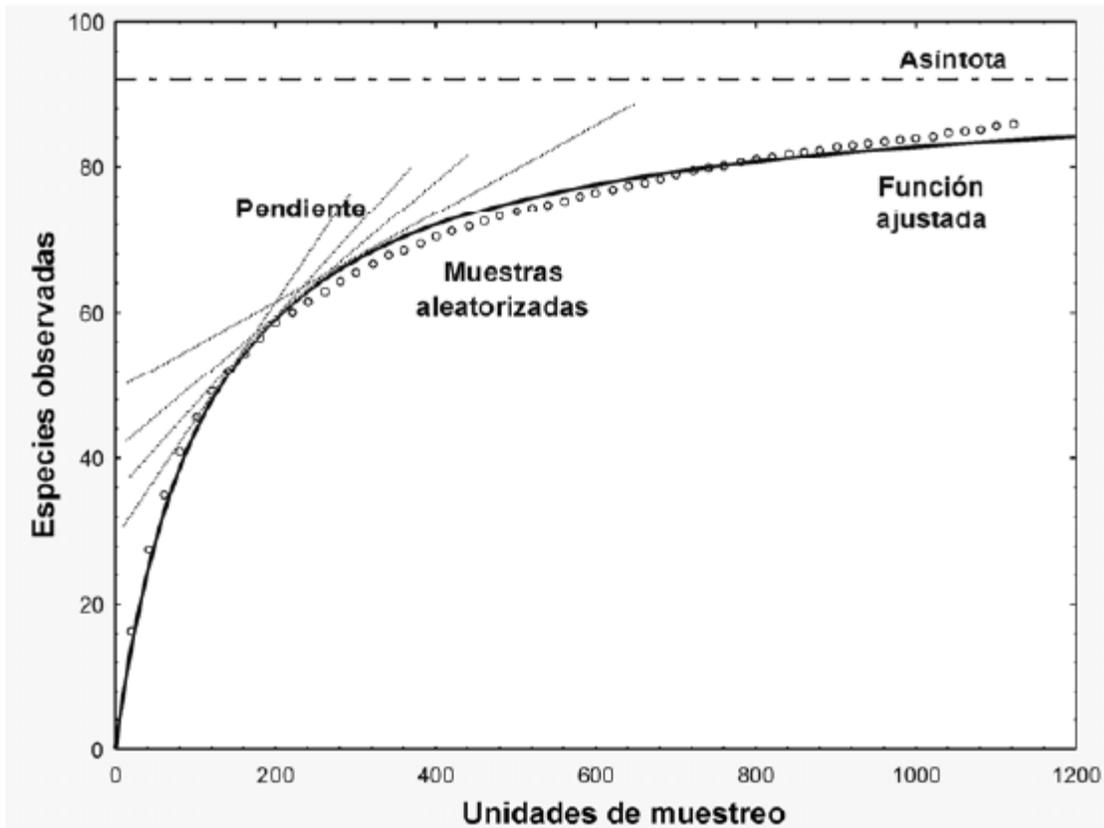


Figura 6. Curva de rarefacción. En el eje X se muestra la cantidad de muestras recolectadas. El eje Y representa el número de especies encontradas para cada nivel de muestreo dado. Los círculos representan la curva aleatoria. Las líneas representan líneas tangentes a esta función según aumenta el muestreo efectuado. Finalmente, la línea segmentada y con puntos, marca la asíntota predicha por la función. Extraído de Jiménez-Valverde y Hortal (2003).

Los índices de diversidad son considerados como medidas de la varianza de la distribución de la abundancia de especies (Espinoza, 2019). Los índices más ocupados son los de Simpson y de Shannon (Espinoza, 2019).

El índice de Simpson (1) tiene la tendencia a ser más pequeño cuando hay más diversidad. D es interpretado como la probabilidad de un encuentro intraespecífico, esto quiere decir, la probabilidad de tomar dos individuos al azar y que correspondan a la misma especie. Para que el índice aumente con la diversidad y no disminuya, se calcula el inverso del índice de Simpson ($InvD= 1- D$) (Espinoza, 2019).

$$(1) \quad D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde: S es el número de especies, N es el número total de organismos presentes y n es el número de ejemplares por especie.

El índice de diversidad de Shannon (2) mide más o menos lo mismo que el índice de Simpson. Sin embargo, su lógica teórica está basada en teoría informática (Espinoza, 2019). H toma valores entre 1 y 4,5; valores por encima de 3 son típicamente interpretados como diversos, mientras que bajo de 2 serían poco diversos (Espinoza, 2019).

$$(2) \quad H = \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde: S es el número de especies, p_i proporción de individuos de la especie respecto al total de individuos (n_i/N), n_i número de individuos de las especies y número de individuos de todas las especies (ver Figura 7).

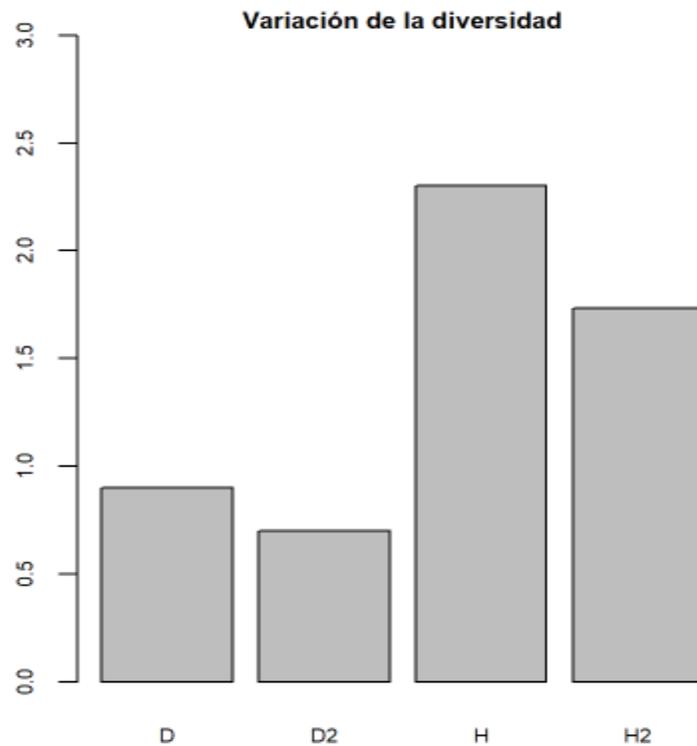


Figura 7. Gráfico que muestra ejemplos de índices de Simpson indicados por D y D2, y de índices de Shannon representados por H y H2. En este se observa la diferencia gráfica entre los valores para el índice de Simpson y los de Shannon. Extraído de Espinoza (2019).

CAPÍTULO III: Metodología de trabajo.

3.1. Etapa pre-terreno

Se realiza la recopilación bibliográfica del sector que consta de, estudios previos, cartas geológicas y publicaciones. Esta bibliografía será utilizada en capítulos posteriores como en resultados para la comparación taxonómica y para el capítulo de discusiones para contrastar los resultados obtenidos con dichos estudios. Luego se solicita el permiso de prospección de fósiles a Consejo de Monumentos Nacionales, de acuerdo con la ley 17.288. También se realiza la planificación de la logística de la siguiente etapa.

3.2. Etapa de investigación de terreno

Esta etapa consta de 10 días, donde para la descripción de unidades e identificación estructuras geológicas y sedimentarias, y cuyas descripciones serán acompañadas de un respaldo fotográfico. La descripción de unidades sedimentarias carbonatadas se rige por las clasificaciones de Dunham (1962), Folk (1962), y Embry y Klovan (1971); mientras que para unidades sedimentarias clásticas se rige por la clasificación de Pettijhon *et al.* (1987) y la clasificación granulométrica de Udden-Wentworth (1922). Las unidades ígneas se clasifican de acuerdo al diagrama de Streckeisen (1976). Las estructuras geológicas y de plano de estratificación, son medidas utilizando brújula del tipo geobrunton presentadas en nomenclatura tipo americano.

En esta etapa se realiza la recolección de muestras fósiles, asociadas a las unidades sedimentarias, para su posterior identificación taxonómica en gabinete. El código relacionado a las muestras está categorizado por siglas MPT que significan Muestra Pinte y van con su número respectivo iniciando en 001 hasta n muestras, ej. MPT-001; MPT-002.... MPT-342, etc. La recolección de las muestras fue de manera aleatoria para cada sector. Además, las muestras se envuelven en papel tipo prensa, para su protección, se etiquetan con cinta adhesiva y luego son almacenados en bolsas plásticas.

3.3. Etapa de gabinete

Determinación taxonómica

Se realiza la determinación taxonómica a nivel de género y/o especie de las 342 muestras, y en conjunto se identifica los procesos tafonómicos. Para la determinación taxonómica se compila las descripciones de las características de cada registro fósil en una planilla estándar tipo Excel y posteriormente se realiza un registro fotográfico tomando las vistas frontales, laterales, planta y de las áreas posteriores, en caso de ser necesarias. Para el caso de características microscópicas se utiliza la lupa electrónica, modelo motic. Esta actividad es realizada en el laboratorio paleontológico ubicado en las dependencias del Departamento de Geología de la Universidad de Atacama. Posteriormente estas características son comparadas con las descritas en la bibliografía recopilada y las muestras fósiles de la universidad; para determinar su taxonomía, los *FAD* y *LAD* para cada taxón y su modo de vida. Cabe destacar que aquellas muestras fósiles que presentan una conservación excepcional fueron almacenadas en cajas plásticas.

Elaboración de las columnas estratigráficas

En un paso posterior se construyen las columnas estratigráficas de acuerdo con la información estratigráfica obtenida en terreno, estas se digitalizan en los softwares con la licencia pagada de AutoCAD 10.5 y el gratuito Inkscape 1.2. De acuerdo a la información litológica y de estructuras sedimentarias se determinan litofacias. Con las litofacias recurrentes en diferentes columnas se crea una columna general de Quebrada Pinte.

Posteriormente, con la taxonomía y las columnas se realiza el análisis de biofacies de acuerdo la mayor abundancia de un taxón y su ubicación estratigráfica. Por último, con la biofacies y litofacias se hace el análisis de facies para obtener el ambiente de formación.

Bioestratigrafía y su análisis biocronoestratigráfico.

Se genera la biozona de extensión de taxón para cada especie obtenida en la determinación taxonómica. Mientras que con la cantidad de especímenes de un taxón y la columna estratigráfica general se confecciona la biozona de abundancia. A partir de la biozona de extensión de taxón se analizan biozonas con la cual se determina biozonas, en

grupos taxonómicos emparentados, de aparición y extinción coincidente, de aparición y extinción sucesiva y de intervalo. Con el análisis de biozonas se efectúa la biocronoestratigrafía con el que se define rango de edades con la mayor información para las facies. Para la representación gráfica de los análisis de biozona y biocronoestratigrafía se utilizó el software AutoCAD 10.5.

Confección de la bioestadística.

En la bioestadística las plantillas de EXCEL de las muestras más su respectivo punto de muestreo, son representadas mediante gráficas tipo histogramas indicando frecuencias absolutas e índices de diversidad en el mismo software EXCEL. Con la misma base de las muestras se utiliza el software gratuito PAST 3 para graficar los índices de diversidad de Simpson y/o Shannon y dominancia. La finalidad de dichos gráficos en ambos softwares es extrapolar la información con la gráfica de curvas de rarefacción que es creada en el software PAST 3, y analizar los patrones y/o tendencias y su relación con los resultados de análisis de facies y bioestratigrafía.

CAPÍTULO IV: Marco Geológico.

4.1. Geología Regional

Se realiza una recopilación de la información de las unidades geológicas aledañas al sitio de estudio, observadas en los Mapas Geológicos del área del Río Chollay-Matancilla y Cajón del Encierro (Ortiz y Merino, 2015) y el área del Tránsito-Lagunillas (Salazar *et al.*, 2013) (ver Figura 8). B65x b

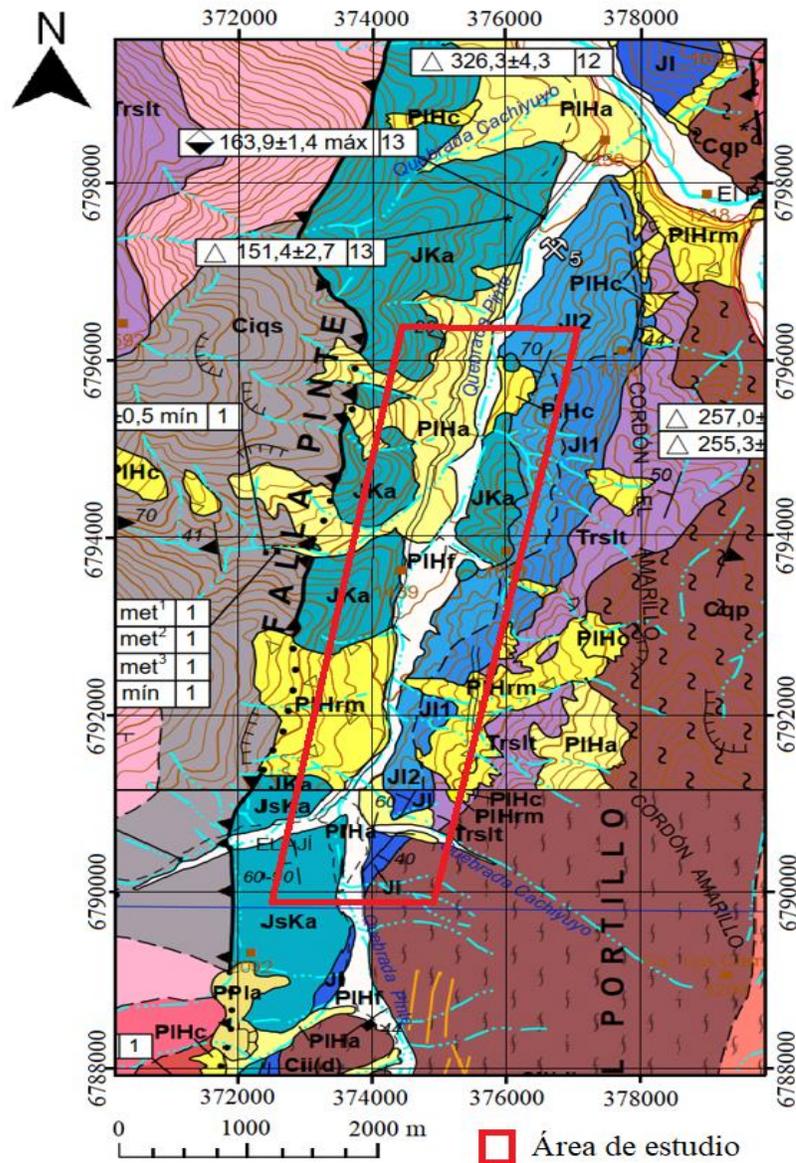


Figura 8. Mapa de la Quebrada Pinte y sus alrededores como referencia del área abarcada para la realización de la geología regional. Modificado de Salazar *et al.* (2013); Ortiz y Merino (2015).

Entre los períodos del Carbonífero al Pérmico se desarrollaron franjas longitudinales de cuerpos intrusivos ubicadas actualmente al Oeste de Vallenar. Estos se encuentran representados, en las cercanías de Quebrada Pinte, por el Complejo Plutónico Chancoquín con tonalitas a monzogranitos, y las Dioritas de Quebrada Pinte. Estas franjas ígneas generan metamorfismo en unidades previas, como los Esquistos de Quebrada Seca (Salazar *et al.*, 2013).

Durante el Triásico se generó un magmatismo y vulcanismo producto de la acumulación de calor y de magmas silíceos bajo la corteza (Mpodosis y Kay, 1990). En este contexto se formaron las dioritas y tonalitas perteneciente al Complejo Plutónico Chollay; las granodioritas del intrusivo plutónico del Triásico superior; y las andesitas pertenecientes a la Formación La Totorá (Salazar *et al.*, 2013; Ortiz y Merino, 2015).

A comienzos del Jurásico, producto a la disgregación del Supercontinente Pangea, se genera subducción en el margen Oeste de Gondwana (Mpodosis y Ramos, 2008). La subducción tendría un *roll back* negativo lo que desarrolló un arco volcánico cercano a la trinchera y un régimen extensivo. Detrás del arco volcánico se desarrollan cuencas epicontinentales controladas por fallas normales, *grabens* y *hemigrabens* (Charrier *et al.*, 2007). Una de estas cuencas desarrolló la Formación Lautaro en el Jurásico inferior, caracterizada por estratos generados en ambientes marinos con facies carbonatadas con abundante fauna fósil y registros en la estratigrafía de varios eventos de regresiones y transgresiones (Jensen, 1976). El primer evento es la transgresión en el Sinemuriense superior que da origen los estratos de la formación (Salazar *et al.*, 2013). También hay un cambio de fauna y litología entre el Toarciense inferior y Toarciense superior, base para la división en los miembros Manflas y Quebrada de la Iglesia de la Formación Lautaro (Salazar *et al.*, 2013). Esta cuenca se cerró en el Bajociense por eventos regresivos asociados a cambios tectónicos (Vicente, 2006). La Formación Lautaro está en discordancia angular con la Formación La Totorá (Salazar *et al.*, 2013). Además, en este período ocurrieron eventos volcánicos que se sobreponen a la Formación Lautaro por continuidad estratigráfica como es el caso de la Formación Algarrobal; conformado por rocas andesíticas, tobas de lapilli, brechas, arcosas rojas y flujos riolíticos en forma de domo (Dediós, 1967).

El Cretácico superior se caracteriza por un evento compresivo denominado Fase Peruana que genera una deformación y basculamiento de las unidades Jurásicas, una migración del arco hacia el Oeste y un régimen extensivo en el antearco (Charrier *et al.*, 2007). La unidad de este arco está representada al Oeste de Quebrada Pinte, por los granitoides del Cerro El Pingo caracterizados por granodioritas a tonalitas leucocráticas (Salazar *et al.*, 2013).

A inicios del Eoceno y posterior a la fase Incaica se produce un abundante magmatismo y vulcanismo (Charrier *et al.*, 2007). En este contexto tectónico es que se forman las andesitas porfídicas que pertenecen a los Intrusivos Hipabisales Andesíticos (Salazar *et al.*, 2013).

4.2. Geología estructural

La Provincia del Huasco está constituida por dos dominios morfoestructurales, la Cordillera de la Costa o conocida como dominio oriental y la Cordillera Frontal o conocida como dominio occidental (Salazar *et al.*, 2013). Estos dominios están delimitados por la Falla San Félix. El área abarcada está ubicada en su totalidad por el dominio occidental (Ortiz y Merino, 2015).

En Quebrada Pinte se encuentra, en la ladera occidental, Falla Pinte, del tipo inversa con un rumbo Norte-Sur y un manteo de entre 70° a 80° O. Su bloque colgante está compuesto por las migmatitas de Quebrada Seca, rocas plutónicas del Pérmico y Triásico, y por la Formación Pastos Blancos. Las unidades mencionadas están en contacto por falla a las Dioritas de Quebrada Pinte, Formación Lautaro y Formación Algarrobal. Se sugiere que la Falla Pinte inició por una componente vertical del tipo normal y que contribuyó a la acumulación de los sedimentos de la Formación Lautaro en el Jurásico medio y que en el Jurásico superior la componente vertical cambio a tipo inversa producto a las fases compresivas posteriores (Ortiz y Merino, 2015).

4.3. Geología Local

El área de estudio cuenta con la determinación de las unidades geológicas que están descritas la Carta Geológica del área El Transito-Lagunillas (Salazar *et al.*, 2013) (ver Figura 9). Las unidades descritas de la localidad son:

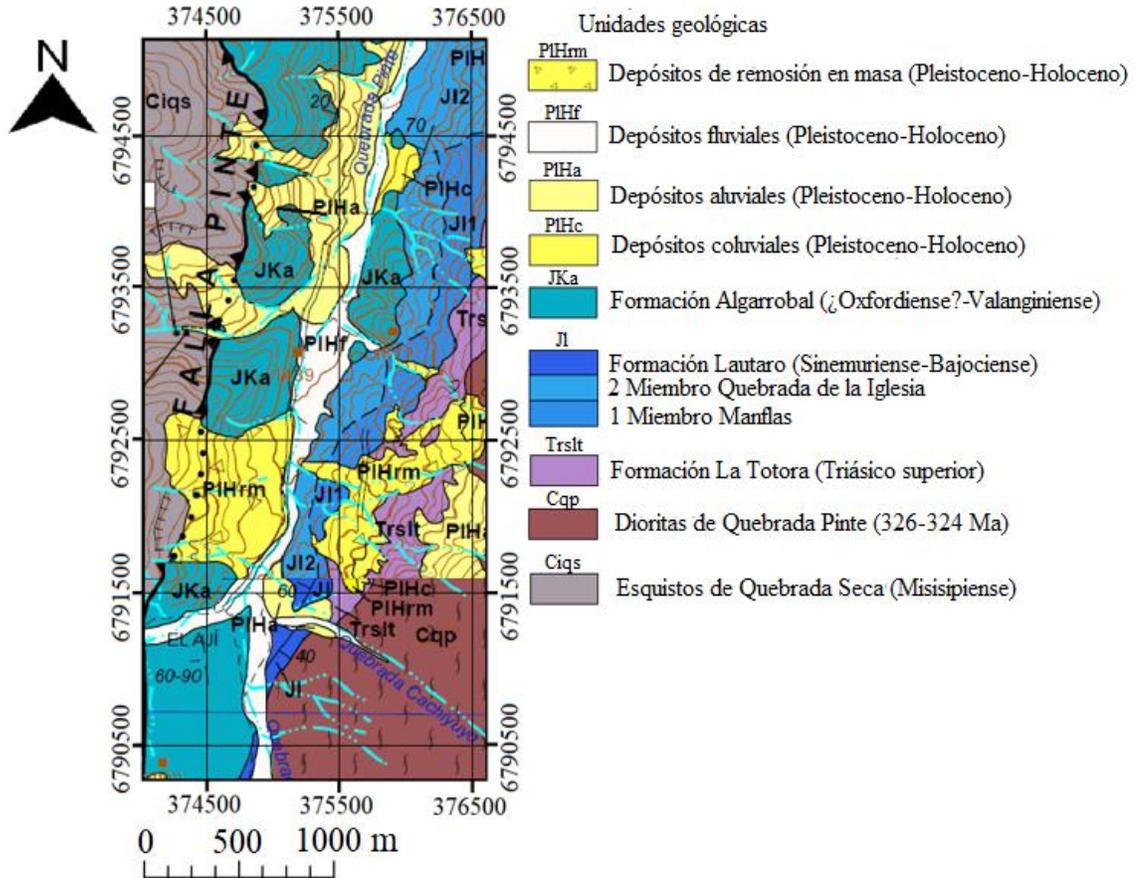


Figura 9. Mapa geológico de la Quebrada Pinte con las unidades geológicas que las componen. Modificado de Salazar *et al.* (2013); Ortiz y Merino (2015).

4.3.1. Esquistos de Quebrada Seca (Ciqs) (Misisipiense) (Ribba, 1985)

Son un conjunto de esquistos micáceos que afloran de Norte a Sur, se encuentran al este de Quebrada Pinte (Ribba, 1985) y están incluidos en el bloque colgante de la Falla Pinte. Por el Oeste tiene un contacto tectónico con la Formación Algarrobal (Salazar *et al.*, 2013).

Litología: Están constituidos por dos componentes; el primero corresponde a esquistos cuarzo-micáceos, de color gris. El segundo consta esquistos de bandas félsicas plegadas corcondantes con la foliación. Ambos son cortados por diques graníticos de muscovita pegmatíticas. Los esquistos cuarzo-micáceos tienen una textura granolepidoblástica con alternancia de bandas ricas en cuarzo y bandas ricas en micas (predominantemente blancas). Las bandas félsicas tienen una textura granoblástica y se

componen de cuarzo policristalino, plagioclasa, estauralita, granate y muscovita (Salazar *et al.*, 2013).

Edad: Álvarez *et al.* (2013), obtuvieron edades de U-Pb en circones en una banda félsica y que distinguieron tres poblaciones. El primero fueron edades obtenidos en circones con sobrecrecimiento que dan una edad de 486 Ma. El segundo consta de 3 circones con edades levemente discordantes entre 282 y 296 Ma. La otra población incluye 5 circones con edades entre 327 y 354 Ma. La Edad de 486 Ma indican la edad del protolito, mientras que las edades de 354 Ma a 327 Ma es la que se daría el metamorfismo principal, y las edades entre 296 y 282 Ma ocurriría el metamorfismo de contacto con la intrusión del Complejo Plutónico Chancoquín.

4.3.2. Dioritas de Quebrada Pinte (Cqp) (326-324 Ma) (Salazar *et al.*, 2013)

Esta unidad aflora en una franja continua de orientación Norte-Sur, en la parte Este de Quebrada Pinte y en el Cordón El Amarillo. Esta unidad se encuentra cubierta en inconformidad por la Formación La Totorá (Salazar *et al.*, 2013).

Litología: En la ladera oriental de Quebrada Pinte, corresponden a dioritas melanocráticas de anfíbola, de grano medio a grueso y de color gris oscuro, con una foliación macroscópica de intensidad variable, con manteo al Este. Presentan plagioclasas levemente sericitizada, escasa muscovita, con abundantes inclusiones de minerales opacos y biotita levemente cloritizada (Salazar *et al.*, 2013).

Edad: Ortiz y Merino (2015) obtienen una edad mediante el método de U-Pb en minerales de circones de 324 ± 4 Ma desde una diorita foliada de Quebrada Pinte.

4.3.3. Formación La Totorá (Trslt) (Triásico superior) (Reutter, 1974)

La Formación La Totorá es una secuencia volcánica, compuesta por lavas, brechas volcánicas y rocas sedimentarias volcanogénicas; que sobreyace al basamento paleozoico. Está en discordancia angular, por la Formación Lautaro (Reutter, 1974). La Formación La Totorá se extiende por el Sur, desde Quebrada Pinte, hasta el Norte en la sierra El Zapallo, se encuentra en discordancia erosiva sobre granitoides, metagranitoides y lavas del

Carbonífero superior al Triásico medio (Dioritas de Quebrada Pinte), está cubierta en discordancia angular por las formaciones Lautaro y Algarrobal (Salazar *et al.*, 2013).

Litología: En Quebrada Pinte comprende 50 m de potencia, con coladas andesíticas y andesita-basálticas; de textura porfídica, ocasionalmente con amígdalas, intercaladas con brechas de bloques, compuesta por clastos de monzogranito (Salazar *et al.*, 2013).

4.3.4. Formación Lautaro (JI) (Sinemuriense-Bajociense) (Segerstrom, 1959)

Corresponde a una secuencia sedimentaria carbonatada, y que afloran como franjas con orientación NE a NS (Jensen, 1976). Los extensos trabajos estratigráficos realizados por Jensen (1976) le permitieron definir 2 miembros dentro de la formación: Miembro Manflas (inferior) constituido por rocas carbonatadas pardo-amarillento, con predominantes calcilitas que abarca del Sinemuriense medio al Toarciense inferior; y el Miembro Quebrada de la Iglesia (superior) compuesto por areniscas carbonáticas de color rojo, y que abarca del Toarciense medio al Bajociense superior.

El Miembro Manflas se apoya en una leve discordancia angular (15°) sobre sucesiones volcánicas del Triásico superior (Formación La Totorá) y está en contacto gradacional bajo el Miembro Quebrada de la Iglesia (Salazar *et al.*, 2013).

El Miembro Quebrada de la Iglesia es cubierto en discordancia angular por la Formación Algarrobal y es intruído por cuerpos hipabisales eocenos (Salazar *et al.*, 2013).

Litología: Miembro Manflas, corresponde a una sucesión carbonatada de color amarillo a pardo que presenta variaciones de espesor en dirección Norte-Sur y Este-Oeste. En la Quebrada Pinte este miembro no supera los 100 m de espesor y presenta mayor abundancia de *grainstones* y *floatstones* e intercalaciones de areniscas calcáreas amarillas (Salazar *et al.*, 2013).

Miembro Quebrada de la Iglesia corresponde a una sucesión clástica carbonatada de color rojo que se apoya en contacto gradacional sobre el Miembro Manflas. Se compone de litarenitas calcáreas y margas rojas con fósiles de invertebrados marinos e intercalaciones con *floatstones* bioclásticos. El techo de este miembro aflora al Sur de las Quebradas La Jarilla y Quebrada Pinte. En ambas localidades su espesor bordea los 100 m (Salazar *et al.*, 2013).

Edad: La fauna fósil reportada asigna un rango de edad desde Pliensbachense superior (*Lobothyris* sp., *Actinostreon* sp., *Liostrea* sp., *Gryphaea* sp.) a Toarciense superior (*Pleydellia* sp., *Belemnopsis* sp.). Sin embargo, estudios paleontológicos previos en las Quebradas Pinte, La Totorá y La Plaza (Hillebrandt, 1971; Hillebrandt, 1973) indican un rango de edad que comprende desde el Sinemuriense superior al Toarciense inferior para el Miembro Manflas, y desde el Toarciense superior al Bajociense para el Miembro Quebrada de la Iglesia (Salazar *et al.*, 2013).

4.3.5. Formación Algarrobal (JKa) (¿Oxfordiense? -Valanginiense) (Dediós, 1967)

Son una secuencia de lavas andesíticas que aflora en 2 franjas paralelas de orientación N-S a NNE. La franja occidental y la franja oriental se extiende desde la Quebrada Pinte por el Sur, hasta Quebrada La Totorá por el Norte (Nasi *et al.* 1990). En Quebrada Pinte se apoya en disconformidad sobre rocas sedimentaria marinas de la Formación Lautaro y se encuentra en contacto por falla con los Esquistos de Quebrada Seca (Salazar *et al.*, 2013).

Litología: En Quebrada Pinte, tiene 1.500 m de andesitas, tobas de lapilli dacíticas, flujos riódacíticos con formas dómicas y brechas asociadas, e intercalaciones de arcosas rojas de grano fino a medio (Salazar *et al.*, 2013).

Edad: En Quebrada Pinte, Rossel *et al.* (2013), informan una datación $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en, anfíbol que indican una edad de $163,9 \pm 1,4$ Ma; en un clasto andesítico de una brecha cerca de la base de la formación. Estratigráficamente 100 m sobre esta brecha, el mismo autor obtiene una edad U-Pb de $151,4 \pm 2,7$ Ma en una toba cristalina.

4.3.6. Depósitos coluviales (PIHc)(Pleistoceno-Holoceno)

En general, estos depósitos se encuentran relacionados y acotados a laderas con pendientes altas a moderadas, y forman principalmente taludes inestables. En Quebrada Pinte no presenta una gran extensión de área y corresponden principalmente a gravas, no consolidada, con clastos de angulosos a muy angulosos, polimícticos, con tamaños centimétricos a decimétricos, regular a mal redondeamiento, de regular a mala esfericidad y mala a muy mala selección, tanto que no se observa estratificación. La matriz en

porcentaje es muy variable y tiene una granulometría que oscila entre areniscas finas a medias (Salazar *et al.*, 2013).

4.3.7. Depósitos aluviales (PIHa) (Pleistoceno-Holoceno)

Se encuentran distribuidos en toda la provincia, asociados principalmente a laderas de baja pendiente y desembocaduras de pequeñas quebradas, como Quebrada Pinte. Corresponden a depósitos no consolidados a moderadamente consolidados, con potencias centimétricas a decimétricas. Están conformados por gravas matriz soportadas o clasto soportadas, con clastos de tamaño entre 5 a 50 cm; angulosos, con regular esfericidad, polimícticos y con una mala selección. Mientras que la matriz es de arenas finas a limo de color marrón. Las gravas se encuentran intercaladas por areniscas finas centimétricas que presentan algunos clastos aislados (Salazar *et al.*, 2013).

4.3.8. Depósitos fluviales (PIHf) (Pleistoceno-Holoceno)

Estos depósitos constituyen predominantemente sedimento que rellenan los valles de los ríos El Tránsito y Alto del Carmen, y de las principales Quebradas de la zona, como La Totorá, Quebrada Pinte, Los Morteros, Corral de Pirca, entre otros. Son depósitos no consolidados, constituidos por bancos de gravas y arenas de buena selección, polimícticos, con clastos milimétrico a centimétricos, de regular a buen redondeamiento y esfericidad. En cuanto a estructura se tiene bases acanaladas e imbricación (Salazar *et al.*, 2013).

4.3.9. Depósitos de remoción en masa (PIHrm) (Pleistoceno-Holoceno)

Son depósitos semiconsolidados sin estructura interna. En Quebrada Pinte su litología consta de tamaños muy variados, desde bloques a areniscas finas, con clastos polimícticos, de muy mala selección, angulosos a muy angulosos y tienen una matriz de arenas finas a limos de color marrón. La mayoría tiene una cobertura vegetal. Algunos de los depósitos conservan estratificaciones poco definidas (Salazar *et al.*, 2013).

CAPÍTULO V: Resultados.

5.1. Taxonomía

De acuerdo al material fosilífero recolectado en el área de estudio y que se encuentran asociados a las columnas estratigráficas realizadas, se describen taxones fósiles acorde a las características taxonómica. Siendo aquellas muestras no identificables taxonómicamente debido a su mala conservación ubicada en el Anexo 1, mientras que las identificables se mencionan a continuación:

Iconógeno *Thalassinoides* Ehrenberg, 1944.

***Thalassinoides* sp.**

Descripción del material: Con estructuras tubiformes ramificadas, en forma de Y y T, de sección axial redondeada a ovalada y con un diámetro de alrededor de 50 mm. Estas estructuras forman un sistema de galerías paralelas al plano de estratificación (ver Imagen 1). El color del relleno de estas galerías es similar a la del estrato, pero la granulometría del relleno es fina en comparación con la capa portadora.

Edad: Ordovícico al presente (Lech *et al.*, 2000).

Muestra: MPT-324 y MPT-337.



Imagen 1. Fotografía de estrato con *Thalassinoides* que tiene las galerías con formas tipo Y y T, además se aprecia el grosor de hasta cinco cm.

Filo Mollusca Linnaeus, 1758
Clase Bivalvia Linnaeus, 1758
Subclase Palaeoheterodonta Newell, 1965
Orden Trigonioida Dall, 1889
Suborden Trigoniina Dall, 1889
Familia Trigoniidae Lamarck, 1819
Subfamilia Trigoniinae Lamarck, 1819
Género *Trigonia* Bruguière, 1789
***Trigonia* cf. *stelzneri* (Gottsche, 1879)**

Descripción del material: La muestra presenta unas dimensiones de 26 mm de alto, 55 mm de largo y 44 mm de ancho. Presentan una carena desarrollada desde el margen dorsal al margen ventral. Tiene dos tipos de costillas; las primeras se encuentran en el área antecardinal o la zona del escudete, son muy finas, densas y radiales, con una mayor, del doble de las anteriores, ubicada en la parte central. Estas costillas comienzan desde el umbo hasta el margen ventral en dirección vertical y son paralelas a la carena. Mientras que las otras costillas se encuentran en el flanco de las valvas, son longitudinales muy gruesas con un ancho muy similar a la carena, crestadas, casi comarginales al margen ventral y perpendiculares a la carena, y los espacios entre costillas cóncavos. (ver Lámina 1).

Modo de vida: Bentónico cavador (Reyes y Pérez, 1979).

Edad: Toarciense al Bajociense (Pérez *et al.*, 1997).

Alteraciones tafonómicas: Recristalización de calcita, abrasión y articulada.

Estado tafonómico: Acumulado.

Muestra: MPT-332.

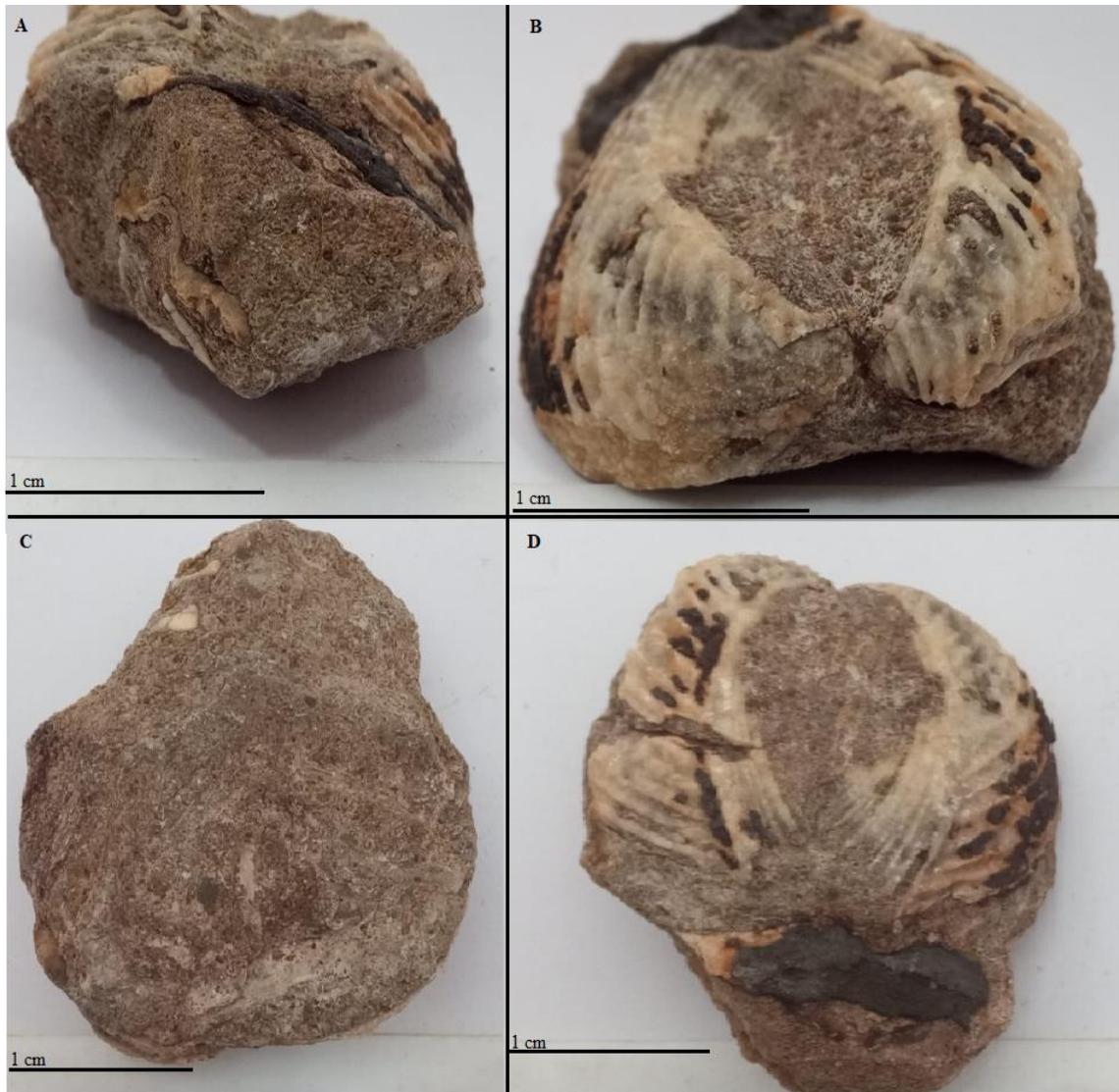


Lámina 1. Ejemplar de la muestra MPT-332, identificado como *Trigonid* cf. *stelzneri*. A: Vista frontal que presenta las valvas abiertas rellenas de calcarenita, a esta última se le observa muy bien el tamaño de los granos. B: Vista posterior, en esta se aprecia los umbones que se adentran con una fuerte curvatura, el escudete con sus costillas finas y la costilla más gruesa al centro, la carena que separa las costillas longitudinales con las del escudete y la recristalización de la concha. C: Vista en planta de la zona inferior que solo se observa el sedimento y algunos fragmentos del mismo fósil. D: Vista en planta, en esta se observa la separación de las costillas mediante la carena y las diferencias de anchura de las diferentes costillas.

Subclase Anomalodesmata Dall, 1889

Orden Pholadomyoidea Newell, 1965

Familia Pholadomyidae Gray, 1847

Género *Pholadomya* Sowerby, 1823

***Pholadomya fidicula* (Sowerby, 1826)**

Descripción del material: Las muestras tienen unas dimensiones de 33 mm de alto, 39 mm de largo y 66 mm de ancho. Las conchas son equivalvia e inequilaterales, con el margen ventral curvado, el margen posterior es ancho y con el ligamento largo. Las conchas son infladas, con umbos prosógiros y se encuentran cercanas al margen dorsal. Presenta costillas desde el margen dorsal hasta el ventral, ausentes en el margen anterodorsal. Además, tiene tipo primarias que son triangulares muy afiladas y anchas, y las secundarias que son angostas y se ubican en los espacios entre las primarias de forma irregular. También tienen líneas de crecimientos finas y espaciadas (ver Lámina 2).

Modo de vida: Endobentónico (Aberhan, 1993a).

Edad: Sinemuriense superior al Aaliense inferior, en Quebrada Pinte (Aberhan, 2004).

Alteración tafonómica: Con abrasión, recristalización de calcita y litoencostamiento.

Estado tafonómico: Acumulados.

Muestras: MPT-217; MPT-218 y MPT-224.

***Pholadomya* sp.**

Descripción del material: Molde con una altura de 41 mm, 55 mm de largo y 78 mm de ancho. La concha es equivalva y fuertemente inequilateral. El margen posterior es redondeado, el margen ventral es recto a subredondeado, el margen dorsal recto y el margen anterior es redondeado. Los umbos son redondeados pareciera ser del tipo prosógiro y su ornamentación consta de unas leves impresiones de costillas radiales gruesas que inician en el umbo y terminan en el margen ventral. Debido la muestra se encuentra débilmente conservado se asigna al género *Pholadomya* (ver Lámina 3).

Alteración tafonómica: Molde externo.

Estado tafonómico: Reelaborado.

Muestra: MPT-137.

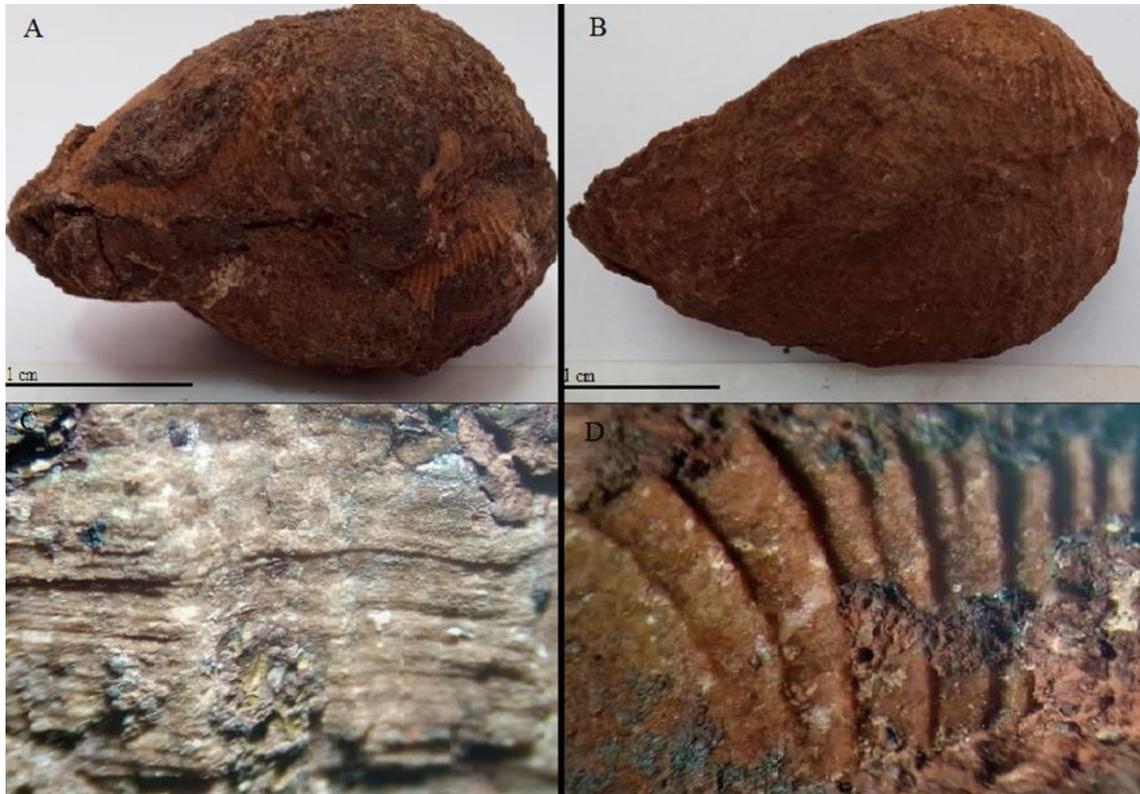


Lámina 2. Conjunto de imágenes de una de las muestras de MPT-217 (A, B y C) y MPT-218, identificadas como *Pholadomya fidicula*. Con C y D obtenidas desde la lupa electrónica Motic con aumento de 40x. A: Vista del margen posterior esta se ve el escudete, la lúnula, los umbos tipo prosógiro y la convexidad de las valvas. B: Vista en planta de la valva izquierda, se observa las costillas de forma radial, la forma subtrapezoidal de la valva y el largo y redondeado del margen ventral, el margen dorsal que termina casi en punta, el margen posterior oblicuo y alargado y el margen anterior redondeadas. C: Se observa las costillas triangulares y las finas líneas de crecimientos que tienen un espaciado irregular. D: Se aprecia las costillas primarias, el nacimiento de las costillas secundarias en el espacio de las primarias y la diferencia de anchura entre los tipos de costillas.



Lámina 3. Fotografías de la muestra MPT-137, identificada a nivel del género *Pholadomya*. A: Vista frontal, se observa que el margen ventral es alargado y subredondeado y el margen posterior redondeado pequeño de forma triangular, las costillas radiales gruesas. B: Vista en planta, se destaca las costillas radiales y lo inequilateral de la concha. C: Vista del margen posterior, se distingue las líneas de crecimiento, la comisura y parte del escudete alargado. D: Vista del margen dorsal, resalta los umbones redondeados y la lúnula con el escudete, que se encuentra cubierto por un segundo sedimento.

Subclase Pteriomorphia Beurlen, 1944

Orden Limoida Rafinesque 1815

Familia Limidae Rafinesque 1815

Género *Plagiostoma* J. Sowerby 1814

***Plagiostoma* sp.**

Descripción del material: Muestra que tiene un ancho de 36 mm, un alto de 59 mm y un largo de 48 mm. La concha es inequilateral y equivalva, con ambas valvas convexas, con el margen posterior ligeramente plano a cóncava, mientras que el margen anterior y ventral son redondeados, en general la concha es ovalada. La ornamentación consta de muchas costillas radiales, rectas y redondeadas, líneas de crecimientos finas en el margen ventral, al interceptarse con las costillas parecieran tener nódulos. Los espacios entre costillas tienen el mismo ancho de las costillas y son cóncavas (ver Lámina 4).

Modo de vida: Endobentónico (Aberhan, 1993a).

Edad: Sinemuriense superior a Toarciense inferior, en Quebrada Pinte (Aberhan, 1994).

Alteración tafonómica: Articulada, recristalización de calcita, abrasión, relleno sedimentario, abrasión, litoencostramiento y disolución.

Estado tafonómico: Acumulado.

Muestras: MPT-180.

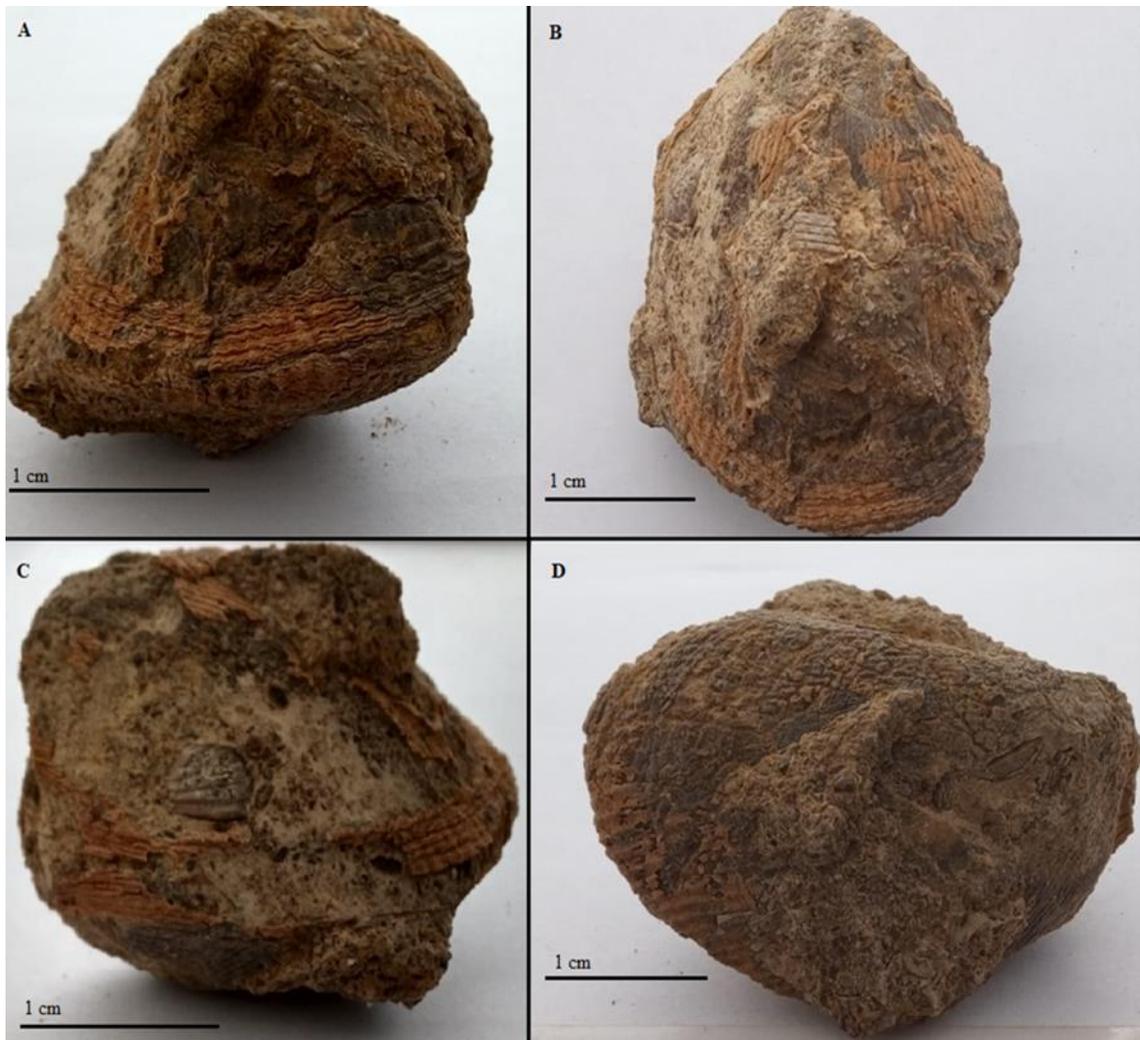


Lámina 4. Fotografías de la muestra MPT-180 reconocida como *Plagiostoma*. A: Vista frontal, se observa las líneas de crecimiento en la comisura y las costillas radiales rectas y redondeadas, y la convexidad de la valva izquierda y de la valva derecha. B: Vista en planta, se destaca las costillas radiales, la forma ovalada que tiene la concha con márgenes ventral, anterior y posterior redondeados y un margen dorsal más reducido que los otros y redondeado. C: Vista lateral derecha, se distinguen ambas valvas convexas, las costillas y las líneas de crecimiento en el margen ventral, también se aprecia los fragmentos de conchas en el sedimento que rellena la concha y fragmento de una terebrátula. D: Vista en planta de la valva inferior, se contempla la forma de la concha, la forma recta a redondeada del margen posterior, la disolución y las costillas radiales.

Suborden Pinnina Waller, 1978

Familia Pinnidae Leach, 1819

Género *Pinna* Linnaeus, 1758

Subgénero *Pinna* Linnaeus, 1758

***Pinna (Pinna) cf. radiata* (Münster, 1837)**

Descripción del material: Muestra que tiene unas dimensiones de 40 mm de alto, 49 mm de largo y 84 mm de ancho. La muestra consta de un fragmento que no posee los márgenes ventrales y dorsales, y tiene una forma triangular. El fragmento presenta una concha equivalva y es inequilateral teniendo uno de los lados aplanado y alargado. La ornamentación consta de costillas radiales gruesas espaciadas de forma irregular ya que se encuentran ausentes en el margen posterior. Además, presenta líneas de crecimientos suaves que son concéntricas y unas “costillas” longitudinales igual de gruesas que las radiales, en la intercepción generan pequeños nódulos, también las costillas dan un aspecto de reticulado muy característico. El margen posterior conserva parte del área ligamentaria y tiene una ornamentación de estrías ligeramente verticales o radiadas (ver Lámina 5).

Modo de vida: Semi endobentónico (Aberhan, 1993a).

Edad: Pliensbachense superior, en Quebrada Pinte (Aberhan, 1994).

Alteración tafonómica: Recristalización de calcita, relleno sedimentario y abrasión.

Estado tafonómico: Acumulado.

Muestra: MPT-214.

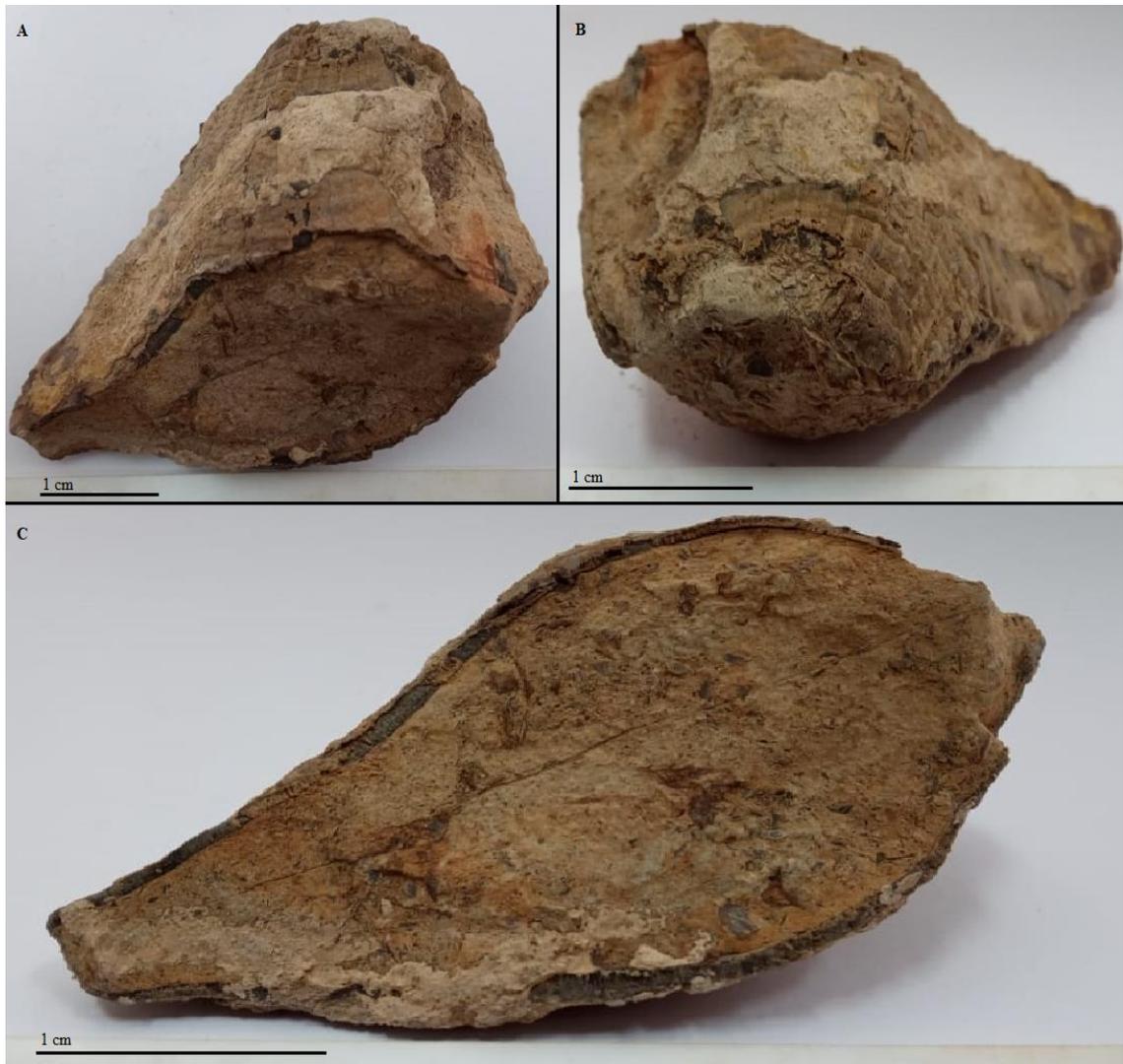


Lámina 5. Conjunto de fotografías de la muestra MPT-214 determinada como *Pinna* cf. *radiata*. A: Vista en planta en la que se observa las costillas radiales y las longitudinales, también se ven algunos nódulos en las intercepciones de las costillas. B: Vista del margen dorsal, se aprecia las costillas radiales y longitudinales, y los nódulos de las intercepciones. C: Vista de la muestra que destaca la concha aplanada inequilateral y equivalvia.

Orden Ostreoida Férussac, 1822
Familia Gryphaeidae Vyalov, 1936
Género *Gryphaea* Lamarck, 1801

***Gryphaea (Gryphaea) darwini* (Forbes, 1846)**

Descripción del material: Muestra con medidas de 33 mm de alto, 72 mm de largo y 43 mm de ancho. Consta de ambas valvas, la valva izquierda fuertemente convexa e inequilateral, con líneas de crecimiento, concéntricas y algo espaciadas. La valva derecha es cóncava a plana con líneas de crecimiento muy densas y gruesas lo que le dan un aspecto de imbricadas. El margen ventral es subovalado y presenta un surco poco pronunciado. En la parte interna de la valva en MPT-179 se observa las líneas de crecimiento imbricadas y los que pareciera ser una impresión del musculo aductor en la zona central (ver Lámina 6).

Modo de vida: Epibentónico vágil (Aberhan, 1993a).

Edad: Sinemuriense superior a Pliensbachiense superior (Aberhan, 1994).

Alteración tafonómica: Desarticuladas, recristalización de calcita, abrasión, bioerosión, bioencostamiento (Briozoo) y disolución.

Estado tafonómico: Acumulados y resedimentado (mayor detalle en el anexo 2).

Muestra: MPT-179; MPT-339 y MPT-340.

***Gryphaea (Gryphaea) cf. domurtieri* (Joly, 1907)**

Descripción del material: Varias muestras fósiles contienen similares características, la medida de la concha aproximada es de 20 mm de alto, 56 mm de largo y 37 mm de ancho en MPT-039. La valva superior es convexa, con líneas de crecimientos concéntricas que se hacen más densas hacia la comisura, el margen ventral es subredondeado, mientras en el margen dorsal, el umbo es pequeño, no supera la zona charnelar y termina en forma puntiaguda, y en el margen posterior hay un surco poco profundo. La valva inferior es levemente cóncava a plana, con líneas de crecimiento concéntricas y densas en la comisura. La forma general de la concha es alargada suboval (ver Lámina 7).

Modo de vida: Epibentónico vágil (Aberhan, 1993a).

Edad: Sinemuriense superior al Pliensbachiense superior, en Chile (Aberhan, 1994).

Alteración tafonómica: Articuladas, recristalización de calcita y con abrasión.

Estado tafonómico: Resedimentado y acumulado (mayor detalle en el anexo 2).

Muestra: MPT-039; MPT-040, MPT-041 y MPT-042.

Gryphaea (Gryphaea) sp. (Aberhan, 1993a)

Descripción del material: Conchas con medidas de 46 mm de alto, 77 mm de largo y 41 mm de ancho. En la muestra MPT-330 presenta ambas valvas, la valva superior que es convexa a poco enrollada, tiene líneas de crecimiento, espaciadas, con un aspecto escamoso. La valva inferior es plana a ligeramente cóncava con líneas de crecimiento concéntricas. El umbo de la valva superior se conserva mejor en MPT-129, es ancho siendo redondeado y no pareciera que superara el margen charnelar. La forma general de la concha es circular a subcircular ligeramente alargada (ver Lámina 8).

Modo de vida: Epibentónico vágil (Aberhan, 1993a).

Edad: Toarciense (Aberhan, 1994).

Alteración tafonómica: Recristalización de calcita, desarticuladas en su mayoría, articulada (en MPT-215 y MPT-331) y con relleno sedimentario.

Estado tafonómico: Acumulado y resedimentado (mayor detalle en el anexo 2).

Muestra: MPT-103; MPT-127; MPT-215; MPT-216 y MPT-331.



Lámina 6. Conjunto de imágenes de *Gryphaea darwini*. A, B son de las muestras MPT-338 y C es de la muestra MPT-179. A: Vista frontal del fósil, se observa las líneas de crecimiento concéntricas y paralelas a la comisura y la globosidad de la valva. B: Vista lateral derecha, destaca la forma convexa de la valva y su moderado enrollamiento. D: Vista en planta de la parte inferior de la valva, se distingue las líneas de crecimiento imbricadas y la posible impresión del musculo aductor.

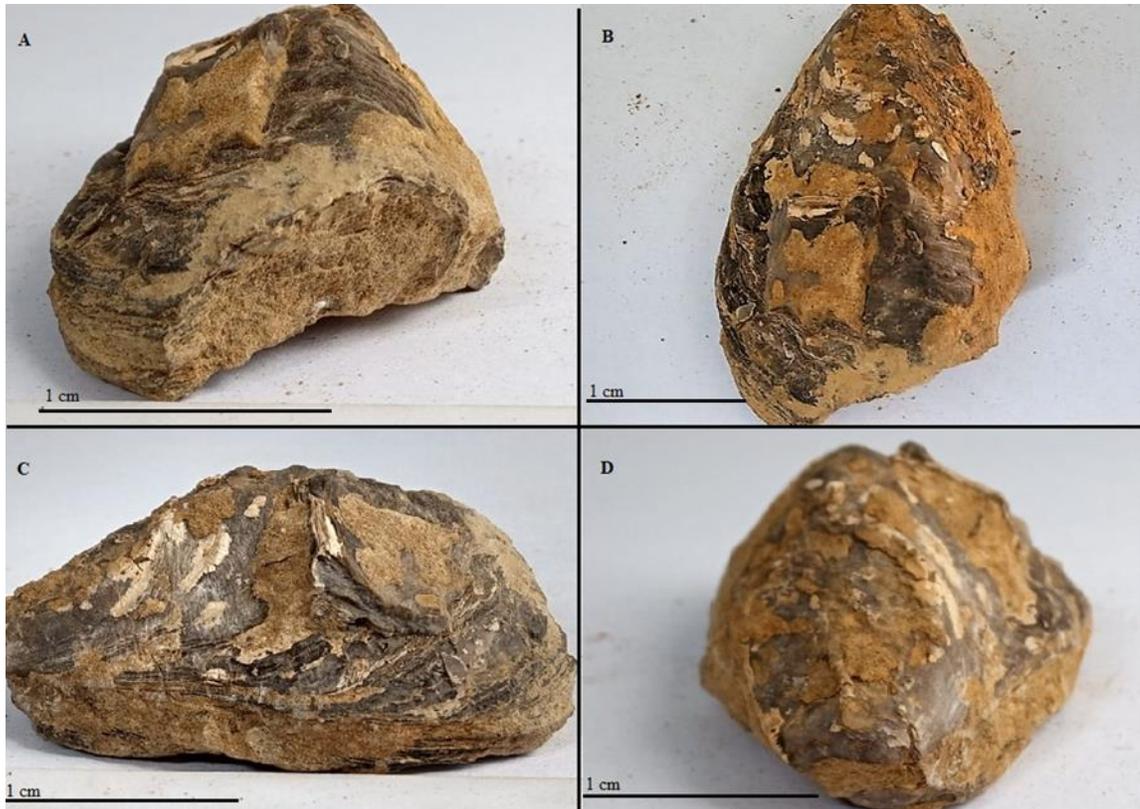


Lámina 7. Fotos de la muestra MPT-039 identificada como *Gryphaea cf. domurtieri*. A: Vista frontal, se observa líneas de crecimiento, valva superior (valva izquierda) convexa y la valva inferior (valva derecha) plana. B: Vista en planta, destaca el margen ventral con forma suboval y el área umbal que termina en punta. C: Vista lateral posterior, resalta las líneas de crecimiento y la diferencia entre la valva izquierda y derecha. D: Vista de la dorsal del fósil, se distingue un pequeño surco en el margen posterior y el umbo de la valva izquierda que se encuentra quebrado, pero con evidente reducción hacia la charnela.



Lámina 8. Fotografías de la muestra MPT-129 (A, B y D) y de la muestra MPT-331(C), todas identificadas como *Gryphaea* sp. A: Vista frontal, se contempla las líneas de crecimiento. B: Vista posterior, al fósil se le observa el enrollamiento y que la valva es muy convexa. C: Vista en planta del inferior de la valva superior (valva izquierda), sobresale la ausencia de la valva inferior (valva derecha), el enrollamiento del umbo y el relleno sedimentario. D: Vista en planta de la valva inferior, resaltan delgadas líneas de crecimiento.

Orden Pectinoidea Rafinesque, 1815

Familia Pectinidae Rafinesque, 1815

Género *Radulonectites* Hayami, 1957

***Radulonectites sosneadoensis* (Weaver, 1931)**

Descripción del material: Pectínido que tiene 17 mm de alto, 48 mm de largo y 47 mm de ancho para la muestra MPT-194. Se conserva una valva correspondiente a la valva derecha. Esta es equilateral con la mitad del largo hacia la comisura con una forma de disco, mientras que desde la mitad hacia el umbo es triangular. La ornamentación consiste en costillas radiales finas altamente densas (aproximadamente 50 costillas) con espacios estrechos y de sección redondeada a algo aplanadas, también presenta finas líneas de crecimiento concéntricas. La muestra MPT-138 presenta parte de una aurícula (ver Lámina 9).

Modo de vida: Epibentónico (Damborenea, 2002).

Edad: Pliensbachiense superior (Aberhan, 1994).

Alteración tafonómica: Desarticuladas, recristalización de calcita y abrasión.

Estado tafonómico: Acumulado y remoción antropológica (mayor detalle en el anexo 2).

Muestra: MPT-138 y MPT-194.

Género *Praechlamys* Allasinaz, 1972

***Praechlamys* cf. *valoniensis* (Defrance, 1825)**

Descripción del material: Fragmento de conchas que tienen una altura de 13 mm, un largo de 31 mm y un ancho de 43 mm. La concha pareciera ser equilateral y es inequivalva debido a que tiene la valva inferior es ligeramente más aplanada y la superior es levemente convexa. En ambas valvas presenta costillas primarias radiales redondas y planas, además, presenta costillas secundarias intercaladas que se encuentran en los espacios entre costillas primarias, estas son un poco más delgadas que las primeras y se presentan de forma regular. Los espacios entre costillas son muy estrechos debido a la presencia de las costillas secundarias. También, tienen líneas de crecimiento concéntricas muy finas y que en 2 sectores son más marcadas. Solo se conserva parte del disco de la concha, no se conserva margen dorsal y solo parte de la ventral (ver Lámina 10).

Modo de vida: Epibentónico (Aberhan, 1994).

Edad: Hettangiense a Sinemuriense superior (Damborenea, 2002).

Alteración tafonómica: Abrasión, recristalización de calcita y relleno sedimentario.

Estado tafonómico: Acumulado y resedimentado (mayor detalle ver anexo 2)

Muestras: MPT-055 y MPT-056.

Género *Weyla* J. Böhm, 1922

***Weyla (Weyla) alata* (Von Buch, 1838)**

Descripción del material: Con medidas de 36-48 mm de altura, 71-88 mm de largo y 58-85 mm de ancho. La concha es inequilateral y ligeramente inequivalva, debido a que la valva derecha es convexa, mientras que la izquierda es plana. Ambas presentan costillas rectas y radiales, en ocasiones se observan líneas de crecimiento suaves y finas. Los umbones parecieran ser ortogiros. Las costillas en la valva derecha son entre 12 a 13, tienen una cresta plana, flancos empinados y unos espacios intermedios cóncavos. Estos espacios intermedios son del mismo o más anchos que las costillas. En la valva izquierda el número de costillas son 12, estas tienen una cresta más empinada y unas costillas poco marcadas adicionales en los flancos o en los espacios intermedios. Los espacios intermedios son cóncavos y siempre son más anchos que las costillas. Se observa las aurículas en algunas muestras (ver Lámina 11).

Modo de vida: Epibentónico vágil (Aberhan, 1993a).

Edad: Sinemuriense superior a Pliensbachiense superior (Damborenea, 1987b).

Alteración tafonómica: Recristalización de calcita en su mayoría, algunas articuladas, ejemplares en general desarticuladas, reemplazamiento por sílice, abrasión, molde externo, relleno sedimentario y bioincrustación (serpúlidos en MPT-121).

Estado tafonómico: Acumulado y resedimentado (mayor detalle en el anexo 2).

Muestras: MPT-001; MPT-091; MPT-115; MPT-119; MPT-120; MPT-121; MPT-124; MPT-190; MPT-191; MPT-195; MPT-196; MPT-198; MPT-199; MPT-240; MPT-241; MPT-242; MPT-252; MPT-276; MPT-277; MPT-294 y MPT-295.

***Weyla (Weyla) cf. bodenbenderi* (Behrendsen, 1891)**

Descripción del material: Muestra que tiene 27 mm de altura, 53 mm de alto y 62 mm de largo. Presenta una valva que es muy convexa y que se encuentra ornamentada por

costillas radiales rectas y con una de las costillas divide igual a la principal y paralela a lo largo de toda la valva. Las costillas son redondeadas a aplanadas. En la comisura se presenta la sección axial y se observa mejor las costillas redondeadas. Los espacios son cóncavos y de ancho similar a las costillas (ver Lámina 12).

Modo de vida: Epibentónico vágil (Damborenea, 1987b).

Edad: Pliensbachiense superior (Damborenea y Manceñido, 1988).

Alteración tafonómica: Recristalización de calcita, con reemplazo parcial de sílice, abrasión, desarticulación, molde interno y erosión.

Estado tafonómico: Resedimentado.

Muestra: MPT-002.

***Weyla titan* (Morricke, 1894)**

Descripción del material: Muestras que tiene un alto de 55 mm, largo de 188 mm y un ancho de 183 mm. Esta tiene una concha ligeramente equilátera e inequivalva ya que presenta la valva derecha convexa y la valva izquierda plana a ligeramente cóncava. El margen ventral es redondeado, mientras que su margen dorsal es pequeño terminando casi en punta y los umbones son ortogiros. La valva derecha tiene costillas radiales rectas que se van haciendo extremadamente anchas hacia la comisura y muy redondeadas. Los espacios entre costillas son cóncavos y muy estrechos a diferencia las costillas. Además, en los flancos de las costillas se puede observar posibles costillas secundarias. La valva izquierda conserva costillas radiales muy delgadas, pero de sección axial triangular y los espacios llegan a hacer hasta 3 veces más anchas que las costillas. En ambas valvas se observan ligeras líneas de crecimiento finas (ver Lámina 13).

Modo de vida: Epibentónico vágil (Aberhan, 1993a).

Edad: Pliensbachiense (Aberhan, 1994).

Alteración tafonómica: Reemplazamiento parcial por sílice, recristalización de calcita, litoencostamiento y bioerosión.

Estado tafonómico: Resedimentado y acumulado (mayor detalle en el anexo 2).

Muestras: MPT-094, MPT-226 y MPT-307.

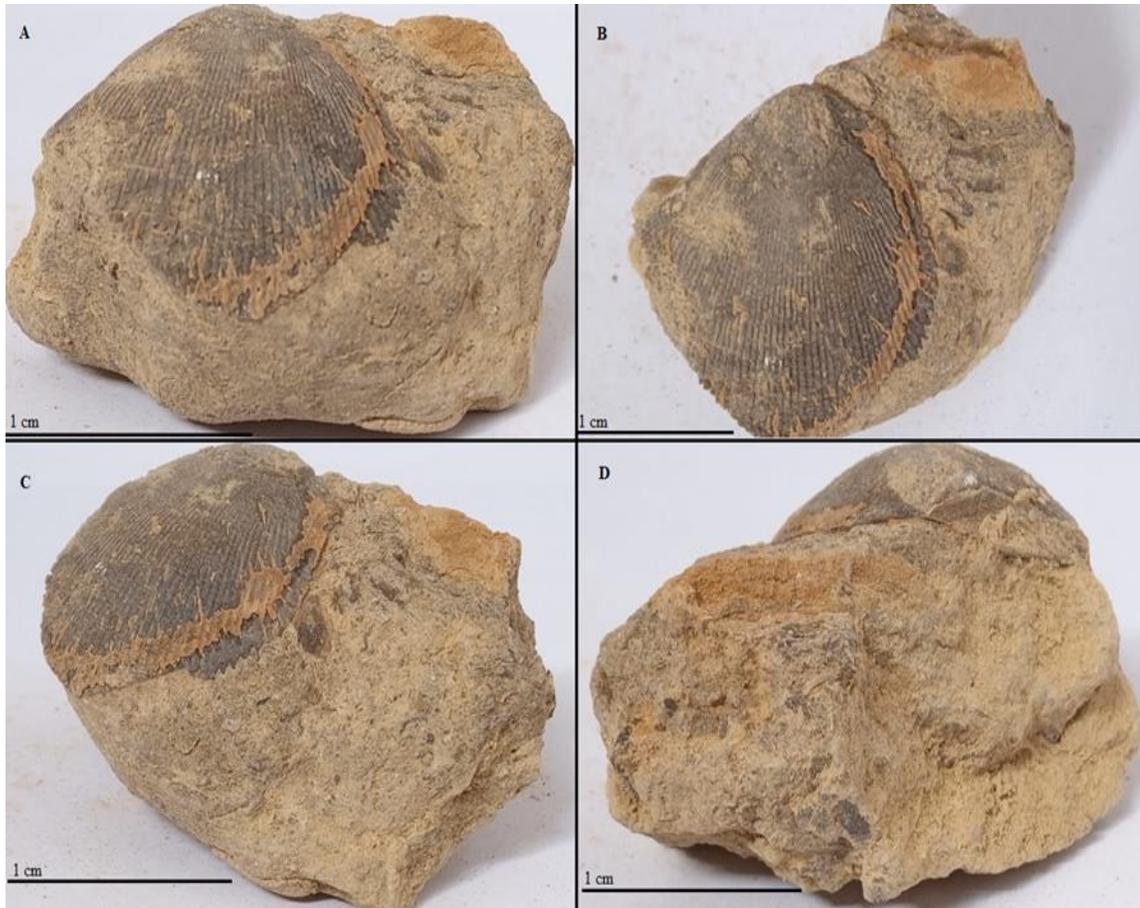


Lámina 9. Imágenes de las muestras identificadas como *Radulonectites sosneadoensis*. A: Vista frontal, se ven las costillas radiales, su cantidad y densidad. B: Vista en planta que destaca la forma de disco desde la comisura a la mitad de la longitud, la forma triangular desde la mitad del largo hasta el umbo, además se ven las costillas. C: Vista lateral izquierda, nuevamente muestra las costillas radiales y la ausencia de la valva izquierda. D: Vista posterior al fósil, se observa hacia la derecha de la imagen probablemente una aurícula levemente fracturada.

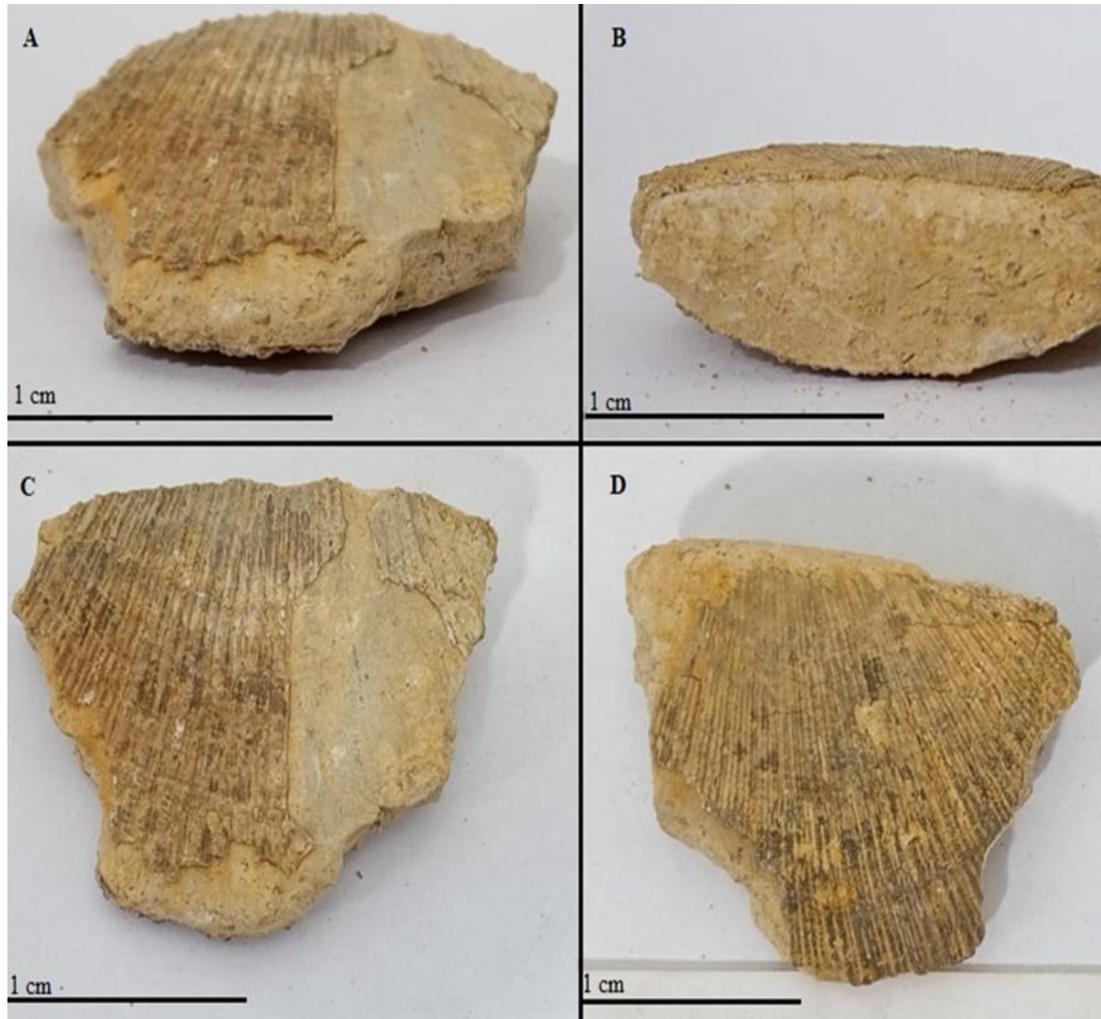


Lámina 10. Fotografías de *Praechlamys* cf. *valoniensis*. A: Vista frontal, se observa el margen ventral y las costillas radiales. B: Vista del margen dorsal, se destaca la valva inferior (valva izquierda) convexa y la valva superior (valva derecha) plana. C: Vista en planta de la valva izquierda, resalta las costillas primarias y algunas secundarias ambas radiales, y los espacios entre costillas estrechos. D: Vista en planta de la valva derecha, se distingue la costillas primarias y secundarias, y las líneas de crecimientos finas.

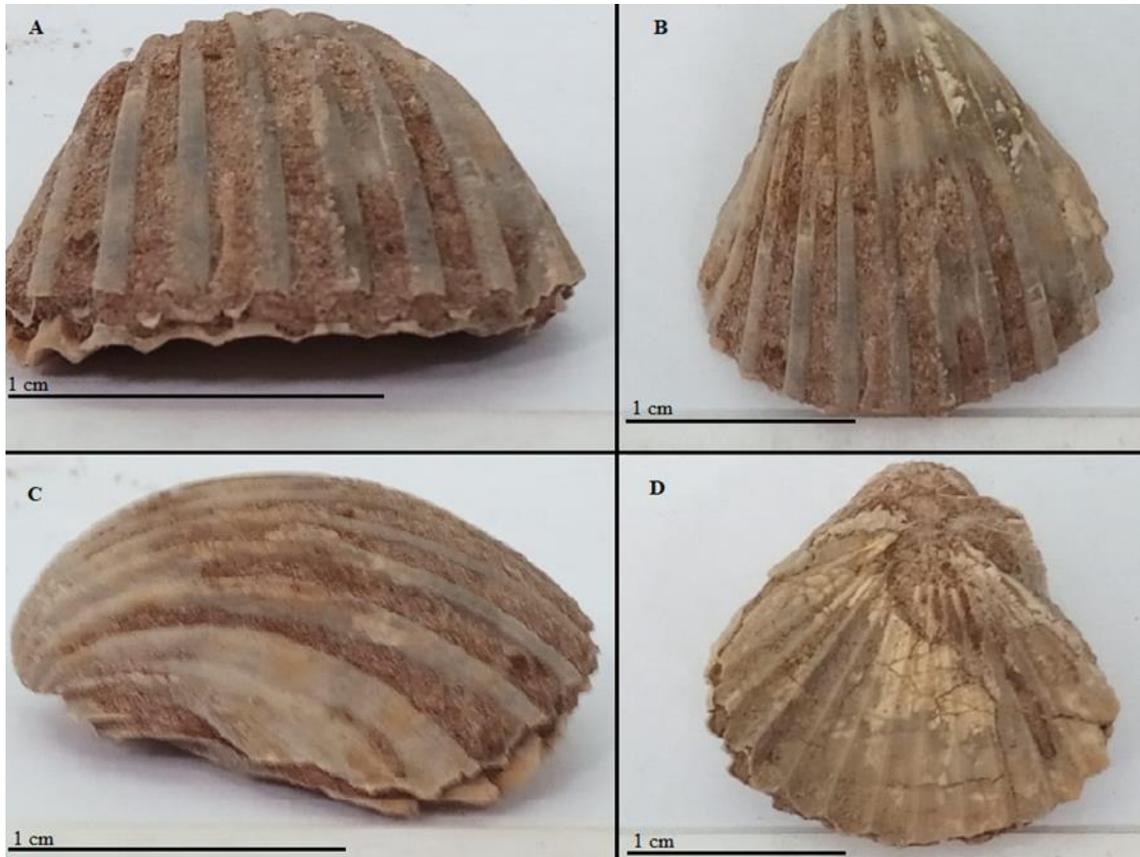


Lámina 11. Imágenes de la muestra MPT-119 identificada como *Weyla alata*. A: Vista frontal del fósil, se observa una sección transversal con forma triangular para la valva inferior (valva izquierda) y con unas costillas plana en la valva superior (valva derecha). B: Vista en planta de la concha en la que se ve que es ligeramente inequilateral. C: Vista de la vista derecha, destaca la diferencia en forma de las valvas, la valva superior convexa y la valva inferior más plana. D: Vista en planta de la valva inferior, se resalta las costillas con crestas empinadas, algunas costillas en los flancos y sus aurículas que se encuentran erosionadas.

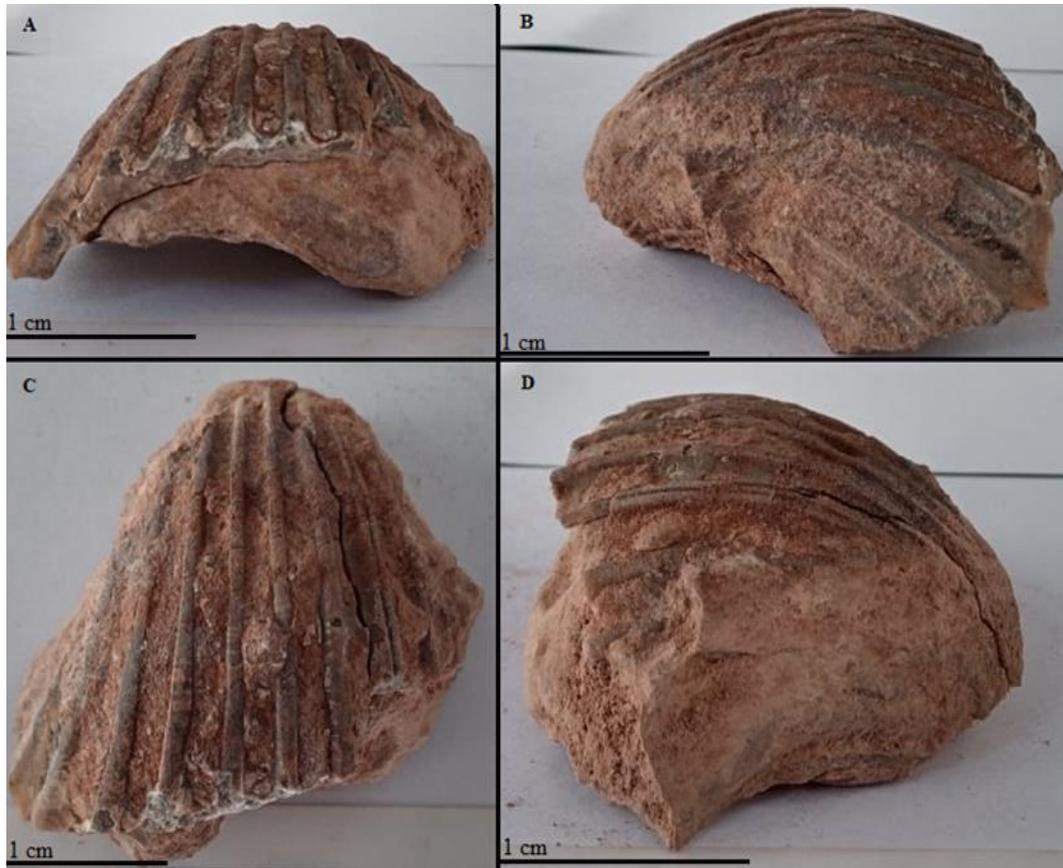


Lámina 12. Fotografías de la muestra identificada como *Weyla* cf. *bodenbenderi*. A: Vista frontal en la que se observa las costillas radiales y redondeadas y la sección axial de estas. B: Vista lateral derecha, se distingue la forma convexa de la valva, las costillas y los espacios intermedios. C: Vista en planta, destaca hacia la derecha de la imagen la costilla dividida. D: Vista lateral izquierda, resalta la costilla dividida.



Lámina 13. Fotografías de *Weyla titan*. A: Vista frontal, destaca las costillas radiales y el sedimento con artejos de crinoideos que lo cubre parcialmente. B: Vista del margen dorsal, se observa las costillas radiales más finas y redeondeadas y los espacios intermedios cóncavos. C: Vista en planta de la valva derecha, resalta el litoencostriamiento hacia el lado izquierdo de la comisura, el ensanchamiento de las costillas hacia el margen ventral y la forma de la concha. D: Vista en planta de la valva izquierda, se distingue las costillas radiales delgadas, con crestas afiladas y los espacios intermedios mucho más anchos que las costillas.

Subclase Isofilibranchia Iredale, 1939

Orden Mytiloida Férussac, 1822

Familia Mytilidae Rafinesque, 1815

Género *Modiolus* Lamarck, 1799

***Modiolus* sp.**

Descripción del material: Molde compuesto que tiene una altura de 20 mm, un largo de 42 mm y un ancho de 120 mm. Este es inequilateral y ligeramente inequivalva. El molde tiene un escudete alargado y recto que es la mitad del largo total, un margen anterior redondeado, el margen ventral el recto y alargado, el margen ventral alargado, redondeado y paralelo al escudete y un borde en punta en el extremo posterior. La valva superior muestra una carena paralela al escudete y que parte desde el umbón y termina con una torsión de 45° aprox. hacia el margen postero-ventral, en la parte posterior se genera un surco poco profundo. Además, conserva líneas de crecimiento ovaladas y concéntricas. La valva inferior es convexa (ver Lámina 14).

Alteración tafonómica: Molde externo.

Estado tafonómico: Reelaborado.

Muestra: MPT-043.

***Modiolus cf. scalprum* (Sowerby, 1821)**

Descripción del material: Muestras en promedio tienen 18 mm de alto, 66 mm de largo y 24 mm de ancho. La concha es inequilateral y equivalva, las valvas son ambas convexas y presentan líneas de crecimiento concéntricas, paralelas a la dorsal y son finas y muy densas. En general, se encuentra con una torsión en el margen anterior. El margen ventral es redondeado y el margen posterior es recto a ligeramente subredondeado y se encuentra el escudete o área del ligamento que es alargada y recta. (ver Lámina 15).

Modo de vida: Semi endobentónico (Damborenea, 1987a)

Edad: Pliensbachense, en Chile (Radulovic, 2013).

Alteración tafonómica: Abrasión, disolución, recristalización de calcita, relleno sedimentario, litoenconstramiento y articuladas.

Estado tafonómico: Acumulados.

Muestra: MPT-122; MPT-123 y MPT-211.



Lámina 14. Imágenes de molde compuesto correspondiente a la muestra MPT-043 identificada como *Modiolus* sp. A: Vista frontal en la que se observa las líneas de crecimiento concéntricas y el levantamiento en la valva superior (valva izquierda) y el margen ventral. B: Vista de la parte dorsal, resalta el surco donde iría el escudete con el área del ligamento. C: Vista en planta, destaca la carena con su torción en 45° y el posterior surco en el margen posterior, también se observa el área del ligamento con un largo de la mitad del ancho total.



Lámina 15. Fotografías de la muestra MPT-122 identificada como *Modiolus cf. scalprum*. A: Vista frontal, se destaca las líneas de crecimiento y la concha inequilateral. B: Vista en la planta, se distingue las líneas de crecimiento concéntricas, el margen ventral redondeado, el margen anterior cóncavo y el margen posterior subredondeado. C: Vista lateral del margen anterior, se observa lo convexo de ambas valvas, la forma alargada de la concha y las líneas de crecimiento concéntricas y finas.

Clase Gastrópoda Cuvier, 1798
Subclase Vetisgastrópoda Salvini-Plawen, 1980
Superfamilia Trochoidea Rafinesque, 1815
Familia Trochidae Rafinesque, 1815
Género *Lithotrochus* Conrad, 1855
***Lithotrochus humboldtii* (von Buch, 1839)**

Descripción del material: Las muestras fósiles presentan aproximadamente 20 a 29 mm de altura y unos 22 a 33 mm de ancho. En general las muestras presentan entre 2 a 3 vueltas. La concha tiene una forma conoespiral del tipo troquiforme y es dextrógira. Además, presenta una ornamentación característica de costillas espirales que van desde el ápice hasta la base de la concha. La cantidad de estas costillas van entre 5 a 7 en cada vuelta y su espesor es variable. También, presenta costillas axiales prosoclinas en las vueltas, son finas y muy densa en toda la concha, estas se interceptan con las costillas espirales, pero no producen nódulos. La sutura entre vueltas está marcada por una carena gruesa y que le cruzan las costillas axiales, además forman una plataforma aterrazada. Presenta un ombligo de tamaño mediano que comúnmente se encuentra cubierto, y en cuanto a la abertura, ésta está cubierta o no se conserva (ver Lámina 16).

Modo de vida: Epibentónico vágil (Damborenea y Ferrari, 2008).

Edad: Sinemuriense inferior a Pliensbachiense superior (Damborenea y Ferrari, 2008).

Alteración tafonómica: Distorsión, recristalización de calcita en la mayoría, reemplazamiento parcial por sílice, relleno sedimentario y abrasión.

Estado tafonómico: Resedimentado y acumulado (mayor detalle en el anexo 2).

Muestra: MPT-057; MPT-058; MPT-062; MPT-136; MPT-163; MPT-164; MPT-165; MPT-166; MPT-167; MPT-168; MPT-169; MPT-170; MPT-171 y MPT-172.

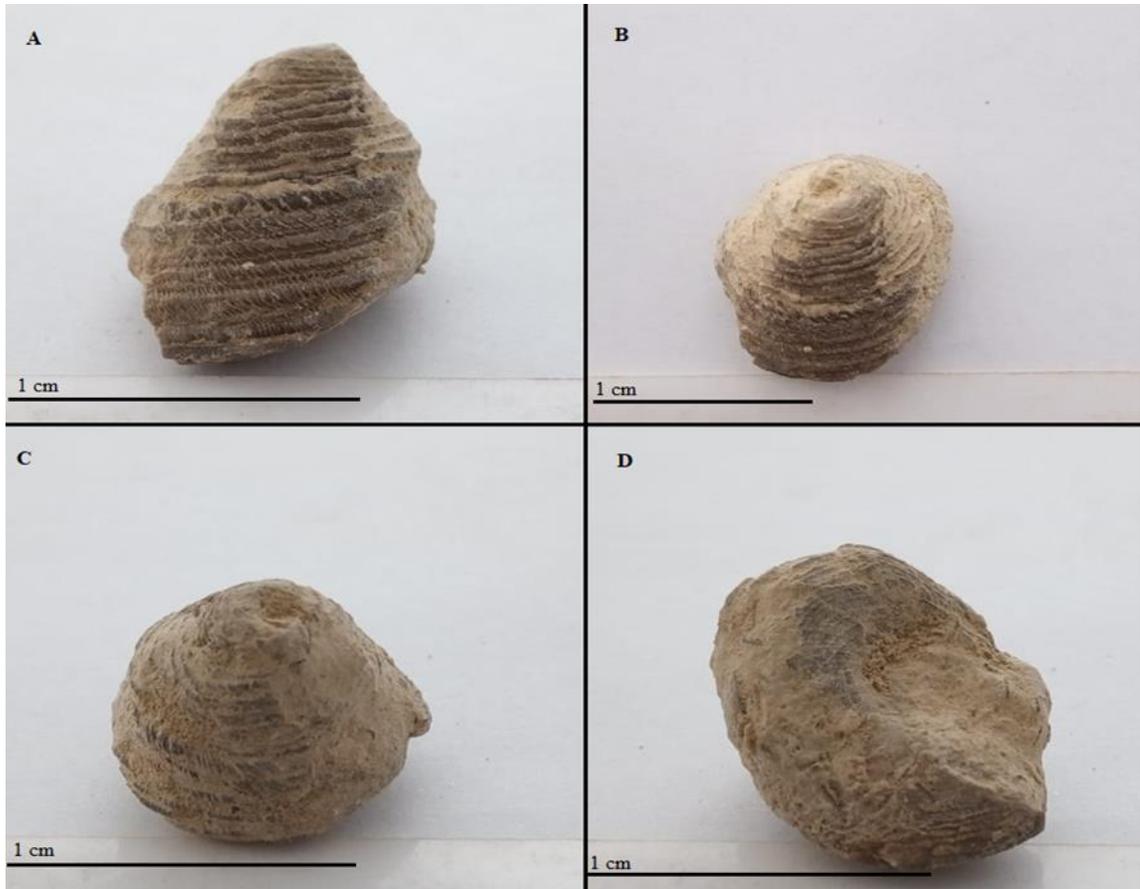


Lámina 16. Fotografías de la muestra MPT-163 identificada como *Lithotrochus humboldtii*. A: Vista frontal en la que se observa las 3 vueltas, sus costillas tanto axiales como espirales y suturas cubiertas por carenas. B: Vista en planta que destaca la ausencia del ápice como la protoconcha y el ancho y largo que son muy similares. C: Vista posterior en la que se aprecia nuevamente la ausencia de la protoconcha y el ápice. D: Vista de la última vuelta que resalta el ombligo redondeado y cubierto por sedimentos y, por último, la posible abertura que ese encuentra cubierta por sedimentos.

Clase Cephalopoda Leach, 1817

Orden Ammonoidea Zittel, 1884

Suborden Ammonitina Hyatt, 1889

Familia Dactyloceratidae Hyatt, 1889

Subfamilia Dactyloceratinae (Hyatt, 1867) indet.

Descripción del material: Muestra que se encuentra alojada en calcilutita. Tiene un enrollamiento serpenticóno con costillas rectirradiadas, son distales y gruesas, se conservan fragmentos de la concha original. El margen ventral es grueso a lo largo de la concha (ver Lámina 17).

Alteración tafonómica: Impresión.

Estado tafonómico: Resedimentado o reelaborado.

Muestra: MPT-213.

Superfamilia Hildocerataceae Hyatt, 1867

Familia Hildoceratidae Hyatt, 1867

Subfamilia Hildoceratinae Hyatt, 1867

Género *Hildaites* Buckman, 1921

***Hildaites* cf. *murleyi* (Moxon, 1841)**

Descripción del material: Los fósiles encontrados tienen dimensiones de 24 mm de alto, 72 mm de longitud y 149 mm de ancho MPT-104, en el caso de MPT-114 es 24 mm de alto, 33 mm de longitud y 61 de ancho mm. La forma de la concha es serpenticóna y discónica o platicónica. La sección de las cámaras es aplanadas lateralmente y redondeadas en el margen ventral, en otro es más subcuadrática. El vientre es unicarenado y puede, o no, estar acompañado de 2 surcos. La ornamentación consta de costillas ligeramente sinuosas, gruesas en las cámaras finales y más delgadas en las vueltas cercanas al ombligo, distales en la última vuelta y más juntas en las primeras vueltas. Las costillas tienen dirección rectirradiales y se marcan desde el margen dorsal y desaparecen o son poco visibles hacia el margen ventral. En MPT-104 se observa que algunas de las costillas cercanas al ombligo se bifurcan. En MPT-114 preserva el ombligo, el cual es pequeño y comprimido (ver Lámina 18).

Modo de vida: Nectónico (Camacho, 2007).

Edad: Toarciense inferior (Riccardi, 2008).

Alteración tafonómica: Moldes compuestos, reemplazamiento por hierro y recristalización de calcita.

Estado tafonómico: Acumulados y resedimentados (mayor detalle ver Anexo 2).

Muestra: MPT-104; MPT-105; MPT-114; MPT-131; MPT-132; MPT-133; MPT-134; MPT-135 y MPT-329.

Subclase Nautiloidea Blainville, 1825

Orden Nautilida Agassiz, 1847

Familia Nautilidae (Blainville, 1825) indet.

Descripción del material: Fósil que tiene 44 mm de alto, 47 mm de largo y 44 mm de ancho. Concha con enrollamiento involuto, ya que presenta una concha del tipo nautilocónica, además la concha es globosa asemejándose a una del tipo esferocono, presenta un sifúnculo ubicado al centro de las cámaras y se encuentra relleno con calcita. Por último, presenta líneas de sutura recristalizadas del tipo ortoceratítica y un ombligo muy reducido (ver Lámina 19).

Alteración tafonómica: Molde interno, distorsión y recristalización de calcita en la sutura.

Estado tafonómico: Acumulado.

Muestra: MPT-113; MPT-220.

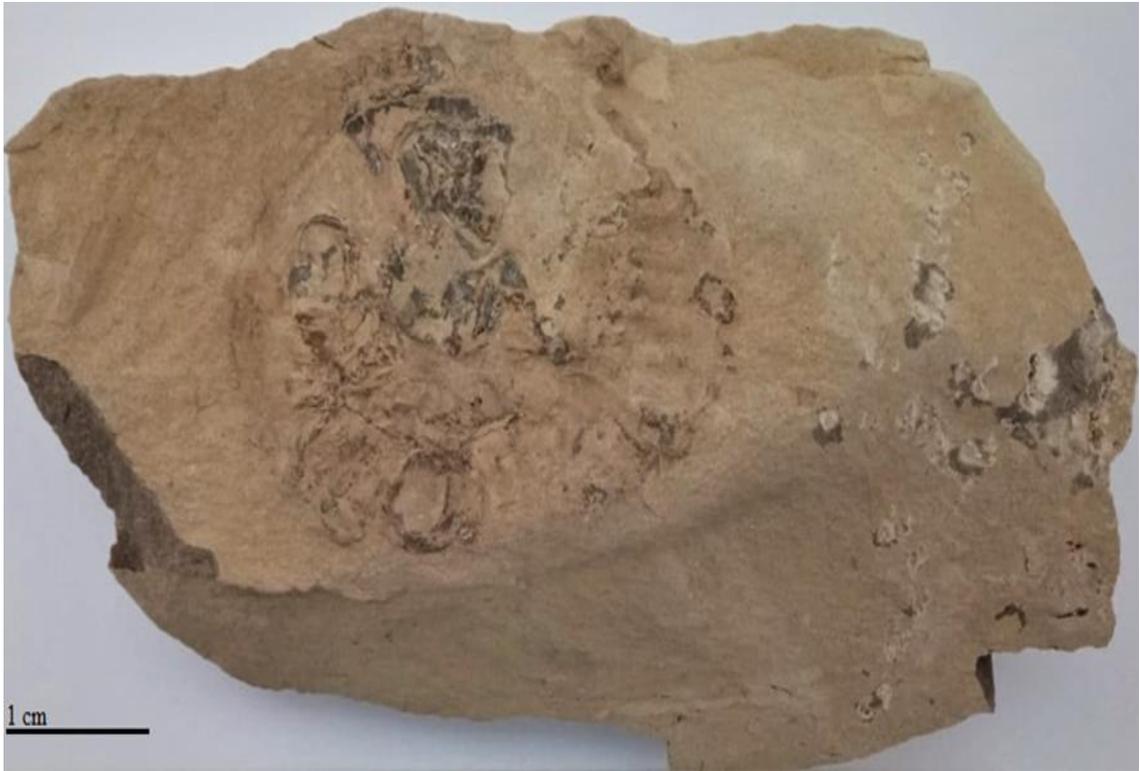


Lámina 17. Imagen de la muestra MPT-213, identificada a nivel de la subfamilia Dactyloceratinae, corresponde a la vista en planta, se observa el enrollamiento serpenticóna del ammonoideo, las costillas gruesas, rectirradiadas y espaciadas, además se destaca el margen ventral grueso.



Lámina 18. Fotografías de la muestra MPT-104 (C), MPT-105 (B) y MPT-114 (A) identificadas como *Hildaites* cf. *murleyi*. A: Vista en planta del enrollamiento serpenticonica, se ven las costillas sinuosas, algo espaciada y el ancho y el ombligo pequeño. B: Vista frontal del margen ventral del molde, se aprecia la carena centralizada y algo gruesa y el grosor de las costillas hacia este margen y como no alcanzan el margen ventral. C: Vista en planta en la destaca el contraste de densidad de las costillas del último enrollamiento con la cercanas del ombligo, estas últimas algunas bifurcan desde la base o desde el centro de una. También son algo sinuosas y delgadas a diferencia a las costillas del último enrollamiento.



Lámina 19. Fotografías en distintos ángulos de la muestra MPT-113 identificada a nivel de la familia Nautilidae. A: Vista frontal, destaca el enrollamiento de la concha y la ligera distorsión que presenta el molde en general. B: Vista lateral en el que se aprecia el enrollamiento involuto, una concha tipo nautilocónica, el ombligo cubierto y la sutura ortoceratítica. C: Vista posterior en la que se observa aún más las líneas ortoceratíticas. D: Vista interna de las cámaras, en esta se aprecia el sifúnculo al centro de la cámara y completamente relleno de sílice.

Filo Brachiopoda Duméril, 1806
Subfilo Rhynchonelliformea Williams *et al.*, 1996
Clase Rhynchonellata Williams *et al.*, 1996
Orden Terebratulida Waagen, 1883
Superfamilia Terebratuloidea Gray, 1840
Familia Terebratulidae Gray, 1840
Género *Lobothyris* Buckman, 1918
***Lobothyris cf. punctata* (Sowerby, 1813)**

Descripción del material: Las muestras presentan unas dimensiones de 7 y 10 mm de altura, 17 a 21 mm de largo y 15 a 19 mm de ancho. Las conchas de estos son algo aplanadas teniendo bordes afilados, de perfil las conchas son biconvexas, mientras que de planta se observa que el contorno en general es redondeado a algo ovalada. La comisura tanto frontal como lateral de estos organismos son rectimarginadas. Tienen un umbo ventral erecto, pero pequeño y estrecho. El foramen es redondo, pequeño y submesotírido. Las líneas de crecimiento por lo general están ausentes y en algunos casos se observan en las cercanías de la comisura (ver Lámina 20).

Modo de vida: Epibentónico sésil (Aberhan, 1993a).

Edad: Sinemuriense superior al Pliensbachiense superior (Alfréd, 2003).

Alteración tafonómica: Articuladas, recristalización de calcita, reemplazamiento parcial por sílice, relleno sedimentario, abrasión y algunos ejemplares con distorsión.

Estado tafonómico: Acumulados.

Muestra: MPT-013; MPT-014; MPT-015; MPT-016; MPT-017; MPT-067; MPT-159; MPT-160; MPT-262 y MPT-323.

***Lobothyris cf. subpunctata* (Davidson, 1851)**

Descripción del material: Muestras con dimensiones que van desde 7 a 10 mm de altura, 19 a 22 mm de largo y 14 a 17 mm de ancho. Las muestras tienen una concha que en perfil son biconvexas siendo la valva ventral ligeramente más convexa que la valva dorsal. La concha vista en planta es ovaladas y alargadas, con contornos redondeados. Presenta líneas de crecimientos concéntricas que se marcan a la mitad de la concha hasta la comisura, de manera algo densa. La comisura lateral siempre es recta, en cambio, la comisura frontal

puede ser recta hasta presentar un sinuosidad poco desarrollado acompañado de un surco poco profundo. El umbo de estos es fuerte e inflado y pueden ser de erectos a incurvados. El foramen es redondeado, grande, labiado, a veces se observan collares pedunculares, y submesotírido (ver Lámina 21).

Modo de vida: Epibentónico sésil (Aberhan, 1993a).

Edad: Pliensbachiense superior al Toarciense inferior (Comas-Rengifo y Goy, 1975).

Alteración tafonómica: Algunas con distorsión, recristalización de calcita, reemplazamiento parcial por sílice, articuladas y abrasión.

Estado tafonómico: acumulados y reelaborado (mayor detalle en el anexo 2).

Muestra: MPT-018; MPT-019; MPT-020; MPT-021; MPT-022; MPT-023; MPT-024; MPT-025; MPT-026; MPT-027; MPT-028; MPT-029; MPT-030; MPT-031; MPT-125; MPT-126; MPT-201; MPT-202; MPT-203; MPT-204; MPT-205; MPT-206; MPT-207; MPT-208; MPT-209; MPT-219; MPT-223; MPT-316 MPT-317; MPT-318; MPT-319; MPT-320; MPT-321; MPT-322 y MPT-330.

***Lobothyris cf. sinemuriensis* (Oppel, 1856)**

Descripción del material: Presentan dimensiones muy variables desde alto de 10 a 27 mm, 19 a 40 mm de longitud y 17 a 32 mm de ancho. En perfil se observa que las conchas son todas biconvexas teniendo principalmente la valva ventral más convexa que la dorsal. En vista de planta las conchas presentan contornos desde ovalados alargados, a circulares o subcirculares y en ocasiones subpentagonales. La comisura lateral siempre es recta, en cambio la comisura frontal generalmente es rectimarginada, pero en ocasiones se presenta una sinuosidad poco desarrollada acompañado de un seno ancho, pero poco profundo y se puede dar en la dorsal o en la ventral. La ornamentación consta de líneas de crecimientos concéntricas muy variables, ya que, pueden ser suaves a marcadas y densas a poco densas. El umbo es fuerte, muy inflado y puede ser erecto a incurvado, incluso tocando el umbo dorsal. El foramen es de mediano a grande, redondeado y en ocasiones ovalados, es grueso dándole un aspecto labiado, además presenta collares pedunculares y es submesotírido (ver Lámina 22).

Modo de vida: Epibentónico sésil (Almerás y Fauré, 2007).

Edad: Sinemuriense superior (Almerás y Fauré, 2007).

Alteración tafonómica: Articuladas, recristalización de calcita, reemplazamiento parcial de algunas muestras por sílice, abrasión, relleno sedimentario y algunas con distorsión.

Estado tafonómico: Acumulados y reelaborado (mayor detalle en el anexo 2).

Muestras: MPT-049; MPT-061; MPT-063; MPT-064; MPT-065; MPT-066; MPT-068; MPT-069; MPT-070; MPT-071; MPT-156; MPT-157; MPT-158; MPT-161; MPT-162; MPT-173; MPT-174; MPT-175; MPT-225; MPT-227; MPT-228; MPT-229; MPT-230; MPT-231; MPT-232; MPT-255; MPT-256; MPT-257; MPT-258; MPT-259; MPT-260; MPT-261; MPT-263; MPT-264; MPT-265; MPT-266; MPT-267; MPT-268; MPT-269; MPT-270; MPT-271; MPT-272; MPT-273; MPT-274; MPT-275 y MPT-303.



Lámina 20. Fotografías de la muestra MPT-159 determinada como *Lobothyris cf. punctata*. A: Vista frontal que destaca la comisura frontal rectimarginada, líneas de crecimiento cercanas a la comisura y una forma aplanada de la concha con bordes afilados. B: Vista en planta, se observa la forma redondeada del contorno, el foramen circular y pequeño y las líneas de crecimiento concéntricas. C: Vista lateral en la que se aprecia la comisura lateral plana, un umbo erecto y estrecho y la convexidad de ambas valvas. D: Vista posterior en la que se distingue aún más el umbo algo estrecho, el foramen, el contorno aplanado y afilado y la forma aplanada de la concha.



Lámina 21. Fotografías de la muestra MPT-223 determinada como *Lobothyris* cf. *subpuctata*. A: Vista frontal en la que se observa las líneas de crecimientos finas, la comisura frontal algo sinuosa y una forma redonda y con el contorno muy redondeado. B: Vista posterior en la que se aprecia un umbo inflado y fuerte, un contorno más o menos afilado y una valva dorsal más aplanada que la ventral. C: Vista en planta se distingue el foramen redondeado, grande y labiado, un umbo ventral grueso, costillas muy finas y concéntricas y la forma general de la concha muy ovalada.



Lámina 22. Fotografías de la muestra MPT-156 identificada como *Lobothis cf. sinemuriensis*. A: Vista frontal en la que se aprecia una forma ovalada y contornos suaves, una comisura frontal algo sinuosa y las líneas de crecimiento concéntricas y levemente marcadas. B: Vista en planta en la que se observa las líneas de crecimiento concéntricas y paralelas a la comisura, una forma redondeada a ovalada y un foramen redondeado, submesotrírido, grande, labiado por un collar peduncular. C: Vista lateral en la que se observa líneas de crecimiento muy marcadas en toda la valva ventral, una comisura lateral recta, concha biconvexa y un umbo erecto a ligeramente incurvado, fuerte e inflado. D: Vista posterior en la que destaca el umbo fuerte e inflado y una forma ovalada de la concha con bordes suaves.

Orden Rhynchonellida Kuhn, 1949
Superfamilia Hemithiridoidea Rzhonsnitskaia, 1956
Familia Tetrarhynchiidae Ager, 1965b
Subfamilia Tetrarhynchiinae Buckman, 1918
Género *Tetrarhynchia* Buckman, 1918
***Tetrarhynchia cf. ranina* (Suess, 1861)**

Descripción del material: Muestras con alto de 26 mm, de 22 mm de longitud y de 24 mm de ancho, en promedio. Presentan costillas del tipo “tetrahedra”, con un total de 18 a 19 costillas en la valva dorsal. Además, presentan un total de cuatro costillas en el pliegue. También, se observan costillas que no alcanzan la comisura frontal. Los flancos laterales del pliegue son convergentes a ligeramente paralelos. La zona anterior esta uniplegada, siendo el pliegue asimétrico, con una altura ligeramente más grande que su ancho y que se eleva por sobre el contorno de la valva dorsal. De perfil se observa que las conchas son geniculado, biconvexo, ovaladas y con comisuras laterales en zigzag. La elevación máxima se está cerca de la comisura frontal y el ancho máximo a la mitad de la longitud. El umbo ventral es pequeño, de erecto a ligeramente incurvado. Por último, el foramen es redondo a ovalado y submesotírido (ver Lámina 23).

Modo de vida: Epibentónico sésil (Sanz, 2011).

Edad: Sinemuriense superior al Pliensbachiense inferior (Sanz, 2011).

Alteración tafonomía: Recristalización de calcita, articuladas y abrasión.

Estado tafonómico: Acumulados.

Muestras: MPT-081 y MPT-189.

***Tetrarhynchia cf. dumbletonensis* (Davidson, 1878)**

Descripción del material: Muestras con dimensiones de 13 mm de alto, 22 mm de longitud y 25 mm de ancho. En vista en planta son de forma pentagonal a subpentagonal, el ancho máximo ubicado en el primer tercio anterior de la longitud total de la concha, mientras que el espesor máximo se ubica a la mitad de la longitud total. Los bordes laterales son redondeados a casi rectos. En perfil se ve que es geniculada y que la valva dorsal es convexa y la ventral es plana. La ornamentación consta de costillas tipo “dumblentonensis” que se caracterizan por que son redondeadas y que van desde el umbo

a la comisura. El total de costillas son de 20 para la valva dorsal. La comisura frontal esta uniplegada, con poca elevación. El pliegue consta de 6 costillas y los flancos son paralelos. El umbo ventral es grueso, globoso y entre erecto a ligeramente incurvado. El foramen es redondo, pequeño y del tipo submesotírido (ver Lámina 24).

Modo de vida: Epibentónico sésil (Sanz, 2011).

Edad: Pliensbachense superior (Sanz, 2011).

Alteración tafonómica: Articulada, recristalización de calcita y litoencostamiento.

Estado tafonómico: Acumulado.

Muestras: MPT-297.

***Tetrarhynchia cf. tetrahedra* (Buckman, 1918)**

Descripción del material: Tienen unas dimensiones de 26 mm de alto, de 21 mm de longitud y 27 mm de ancho, en promedio. De vista de planta tienen una forma trigonal a subpentagonal, mientras que en perfil son planoconvexas, geniculado y con una forma globosa u ovalada. El ancho máximo y altura máxima se encuentra a la mitad de la longitud o cerca de la comisura frontal, respectivamente. La comisura es uniplegada siendo muy marcada, asimétrica y estrecha, debido a esto es que sus flancos laterales son distinguibles y paralelos. La costulación se hacen gruesas hacia la comisura, son del tipo “tetrahedra”, con una cantidad de 16 a 18 costillas en la valva dorsal. En el pliegue cuenta con cuatro o cinco costillas, con casos de hasta con 6 y son irregulares debido que una de las costillas siempre es más alta. El umbo es marcado, globoso y es ligeramente incurvado a incurvado. El foramen es pequeño, redondeado y submesotírido (ver Lámina 25).

Modo de vida: Epibentónico sésil (Sanz, 2011).

Edad: Pliensbachense inferior al superior (Comas-Rengifo *et al.*, 1999).

Alteración tafonómica: Reemplazamiento parcial por sílice, abrasión, algunas con distorsión y recristalización de calcita.

Estado tafonómico: Acumulados.

Muestras: MPT-072; MPT-073; MPT-082; MPT-083; MPT-084; MPT-085; MPT-086; MPT-087; MPT-186; MPT-187; MPT-188; MPT-249; MPT-250; MPT-251; MPT-278; MPT-279; MPT-296; MPT-299; MPT-300; MPT-301 y MPT-314.

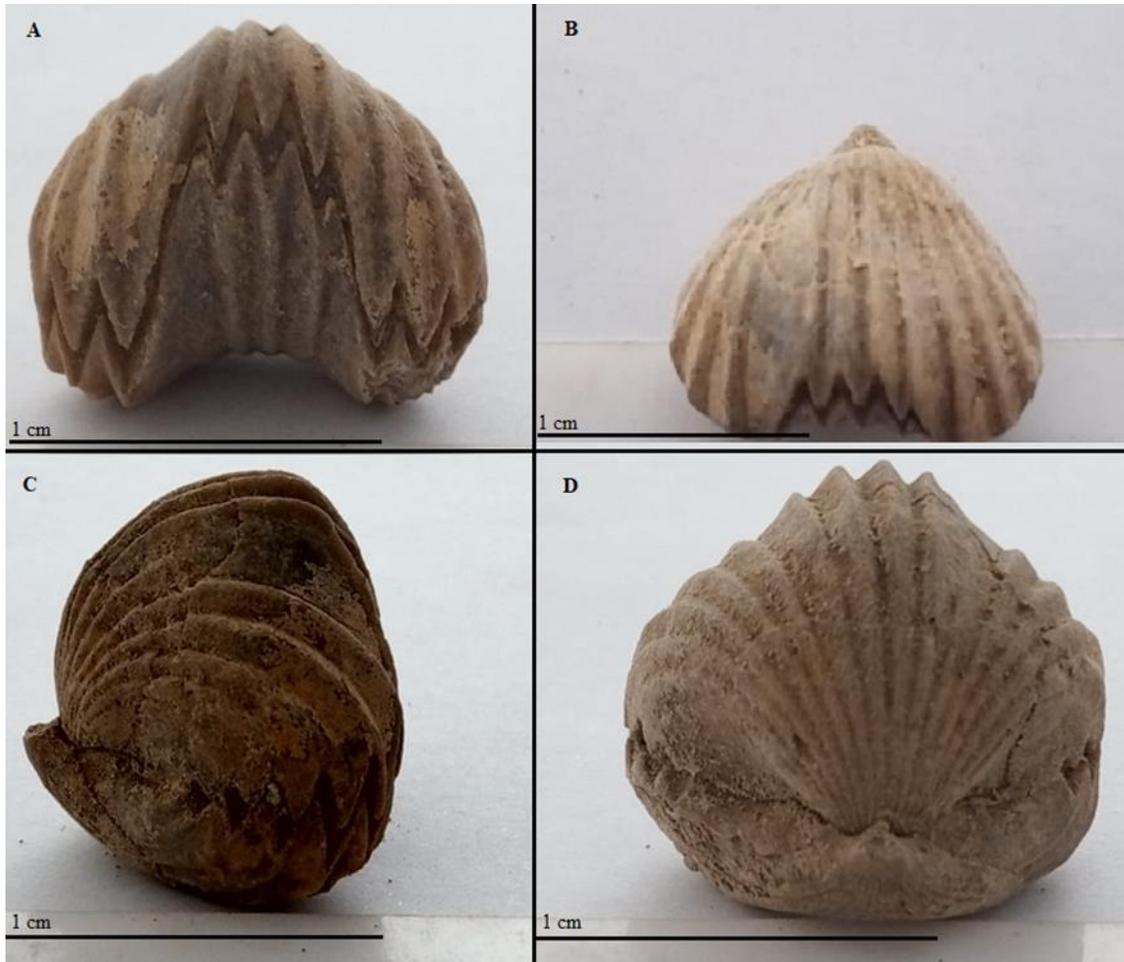


Lámina 23. Fotografías en distintos ángulos de la muestra MPT-189 determinada como *Tetrahynchia* cf. *ranina*. A: Vista frontal en la que se aprecia el uniplegamiento de la comisura frontal con cuatro costillas, la forma triangular del contorno del braquiópodo y las costillas del tipo “tetrahedra” en los flancos laterales y en el pliegue. B: Vista en planta en la que destaca las costillas, sobresaliendo en el flanco lateral izquierdo una costilla que no alcanza la comisura dejando el espacio, además se puede observar el foramen pequeño y redondeado y un contorno triangular. C: Vista lateral en la que se observa aún más las costillas que no alcanza la comisura, el perfil geniculado de la concha, el umbo ventral erecto y algo engrosado y que el pliegue sobresale dándole más convexidad a la valva dorsal y su elevación máxima cerca de la comisura frontal. D: Vista posterior que se percibe el nacimiento de las costillas desde el umbo dorsal, el umbo ventral algo estrecho, las costillas que no se desarrolla hacia la comisura (ubicada al lado derecho de la imagen) y el pliegue sobresaliendo del contorno de la valva dorsal.



Lámina 24. Fotografías de la muestra MPT-297 identificada como *Tetrarhynchia cf. dumbletonensis*. A: Vista frontal, se observa las costillas redondeadas tipo “dumblentonensis”, espacio entre costillas en forma de “v”, el pliegue poco elevado y un margen de la concha aplanado y algo redondeado hacia los bordes. B: Vista en planta, que se aprecia las costillas desde el umbo a la comisura, el foramen circular algo grande con una interárea lisa y una forma del braquiópodo subpentagonal. C: Vista lateral, destaca la convexidad de la valva dorsal, el perfil geniculado, el umbo ventral algo engrosado, el foramen erecto a incurvado y una zona con recristalización. D: Vista posterior, se ve el umbo ventral ancha terminando en punta, el margen subredondeada y aplanado, el inicio de las costillas desde el umbo dorsal y los espacios entre valvas rellenos con sedimentos.



Lámina 25. Fotografías en distintos ángulos de la muestra MPT-084 indicada como *Tetrarhynchia* cf. *tetrahedra*. A: Vista frontal en la que se observa las costillas del tipo “tetrahedra”, también se puede observar el pliegue con distorsión y estrecho y las cuatro costillas que tiene esta. B: Vista en planta en la que se aprecia las costillas desde el umbo a la comisura, la forma trigonal de la concha, una pequeña fractura en la parte izquierda y un foramen circular y pequeño. C: Vista lateral en la que se destaca una concha planoconvexa, el perfil geniculado, la valva dorsal muy convexa, el umbo ventral ligeramente incurvado y estrecho y la comisura lateral en zigzag. D: Vista posterior, se aprecia el nacimiento de las costillas en la valva dorsal, el pliegue sobresaliendo ligeramente del contorno general de la valva dorsal, los espacios entre valvas y el umbo estrecho.

Género *Quadratirhynchia* Buckman, 1918

***Quadratirhynchia* cf. *quadrata* (Buckman, 1917)**

Descripción del material: Este presenta dimensiones de 15 mm de alto, 17 mm de longitud y 22 mm de ancho. La concha en vista en planta tiene un contorno redondeado en los laterales y con forma pentagonal. En perfil son planoconvexas y redondeadas. La anchura máxima se encuentra cercana a la comisura frontal, mientras que la elevación máxima esta al medio de la longitud o cercana al umbo y que disminuye hacia el margen anterior o la zona frontal. La costulación consiste en costillas del tipo “quadrata”, que todas inician en el umbo y terminan en la comisura y con una cantidad de 20 costillas en la valva dorsal y con seis en el pliegue. La comisura esta con un perfil geniculado, esta uniplegada siendo asimétrica por la distorsión, pero si es más ancho que alto y se encuentra por el contorno general de la valva dorsal. El umbo es erecto a ligeramente incurvado y fuerte. El foramen es pequeño circular a ovalado y submesotírido (ver Lámina 26).

Modo de vida: Epibentónico sésil (Sanz, 2011).

Edad: Pliensbachiense inferior al superior (Sanz, 2011).

Alteración tafonómica: Articulado, recristalización de la calcita, con reemplazamiento completa y parcial, en distintas muestras, por sílice y con distorsión continua en algunos ejemplares.

Estado tafonómico: Acumulados y resedimentado (mayor detalle ver anexo 2).

Muestras: MPT-007; MPT-238; MPT-283; MPT-298 y MPT-308.



Lámina 26. Fotografías en distintos ángulos de la muestra MPT-283 designado como *Quadratrirhynchia* cf. *quadrata*. A: Vista frontal en la que se observa unas costillas del tipo “quadrata” en toda la concha, también se observa el pliegue con siete costillas. B: Vista en planta en la que se aprecia el engrosamiento de las costillas hacia la comisura. C: Vista lateral que destaca la comisura lateral en zigzag, la concha planoconvexa, el perfil geniculado, la convexidad de la valva dorsal y el umbo ventral estrecho. D: Vista posterior, se observa el umbo ventral poco ancho y el punto donde inician las costillas.

Subfamilia Gibbirhynchiinae Manceñido y Owen, 2002

Género *Gibbirhynchia* Buckman, 1917

***Gibbirhynchia* cf. *curviceps* (Quenstedt, 1856)**

Descripción del material: Estas tienen dimensiones son de 4 a 9 mm de alto, 9 a 15 mm de longitud y 10 a 17 mm de ancho. De conchas con formas pentagonal a trigonal, en vista de planta. De perfil se observa que son planoconvexas a biconvexas, algo geniculados. De anchos máximos cercana a la mitad de longitud, mientras que su elevación máxima se encuentra cerca de la comisura y en algunas muestras a la mitad de la longitud. Las costulaciones es del tipo “tetrahedra” densas y con una cantidad de costillas de 17 a 22 en la valva dorsal y en el pliegue entre cinco y seis. La comisura esta uniplegada, siendo esta poco marcada y no supera el contorno general de la valva dorsal, el seno de la valva ventral es suave a indistinguible en ocasiones y los flancos laterales no son observables. El umbo es fuerte y globoso y recurvado a ligeramente incurvado en algunas muestras. El foramen es circular, pequeño y submesotírido (ver Lámina 27).

Modo de vida: Epibentónico sésil (Sanz, 2011).

Edad: Sinemuriense al Pliensbachiense inferior (Alfréd, 2003).

Alteración tafonómica: Recristalización de calcita, reemplazamiento parcial o total de algunas muestras por sílice, articulados, algunos ejemplares con distorsión y abrasión.

Estado tafonómico: Acumulados y reelaborados (mayor detalle en el anexo 2).

Muestras: MPT-074; MPT-140; MPT-141; MPT-142; MPT-143; MPT-144; MPT-145; MPT-146; MPT-147; MPT-148; MPT-149; MPT-150; MPT-151; MPT-152; MPT-153; MPT-154; MPT-155; MPT-233; MPT-234; MPT-235; MPT-236; MPT-237; MPT-244; MPT-245; MPT-246; MPT-247; MPT-248; MPT-280; MPT-281; MPT-282; MPT-309; MPT-310.



Lámina 27. Fotografías en varios ángulos de la muestra MPT-309 determinada como *Gibbirhynchia* cf. *curviceps*. A: Vista frontal en la que se destaca la forma redondeada y globosa de la concha, las costillas densas del tipo “tetrahedra” y el poco marcado pliegue en la comisura frontal. B: Vista en planta se observa los contornos redondeados, un umbo ventral grueso, la radiación de las costillas y un foramen redondo y cubierto por sedimentos. C: Vista posterior que distingue el grosor de umbo ventral y la esfericidad general de ambas valvas. D: Vista lateral se aprecia la forma circular de la concha, una concha ligeramente biconvexa, el perfil geniculado y el umbo erecto a incurvado.

Orden Spiriferida Waagen, 1883
Superfamilia Spiriferinacea Davidson, 1884
Familia Spiriferinidae Davidson, 1884
Género *Spiriferina* d'Orbigny, 1849
***Spiriferina* cf. *chilensis* (Forbes, 1846)**

Descripción del material: Muestras con dimensiones de 25 mm de alto, 37 mm de longitud y 39 mm de ancho, en promedio. Las conchas de estos son biconvexas, mientras que de planta se observa que tienen una forma circular con bordes redondeados hacia la comisura mientras que en el umbo ventral es triangular. Presenta un margen charnelar recta y que coincide con el ancho máximo, además este margen es típico de conchas estróficas. Presenta un interárea ventral amplia, cóncava, con líneas delgadas y paralelas al margen charnelar o en ocasiones es lisa. La comisura lateral es rectimarginada, mientras que la comisura frontal es uniplegada. La ornamentación consiste en costillas marginales radiales, delgadas, en forma de “v” y de un total de 17 a 23 en la valva dorsal. También, cuenta con líneas de crecimiento concéntricas que se interceptan con las costillas de forma perpendicular, pero no generan nódulos, además hacia el umbo son delgadas y suaves, y a medida que avanzan hacia la comisura se hacen gruesas y dan un aspecto escamoso. El pliegue cuenta tres costillas y el seno cuenta con dos. El umbo ventral es subrecto a suberecto, es grueso y termina en punta recurvada. El foramen es del tipo anfítirido con placas deltidiales separadas, triangulares y estrechas (ver Lámina 28). La muestra MPT-252 presenta en el umbo ventral conservación el septo medio y/o la crura (ver Lámina 29).

Modo de vida: Epibentónico sésil (Aberhan, 1993a)

Edad: Sinemuriense superior al Pliensbachiense inferior (Manceñido, 1981).

Alteración tafonómica: Distorsión en algunos ejemplares, articulados, recristalización de calcita, algunos ejemplares con abrasión y reemplazamiento parcial de algunas muestras por sílice.

Estado tafonómico: Acumulados.

Muestras: MPT-075; MPT-076; MPT-077; MPT-078; MPT-079; MPT-080; MPT-176; MPT-177; MPT-178; MPT-181; MPT-182; MPT-183; MPT-184; MPT-185; MPT-253; MPT-254; MPT-284; MPT-285; MPT-286 y MPT-287.

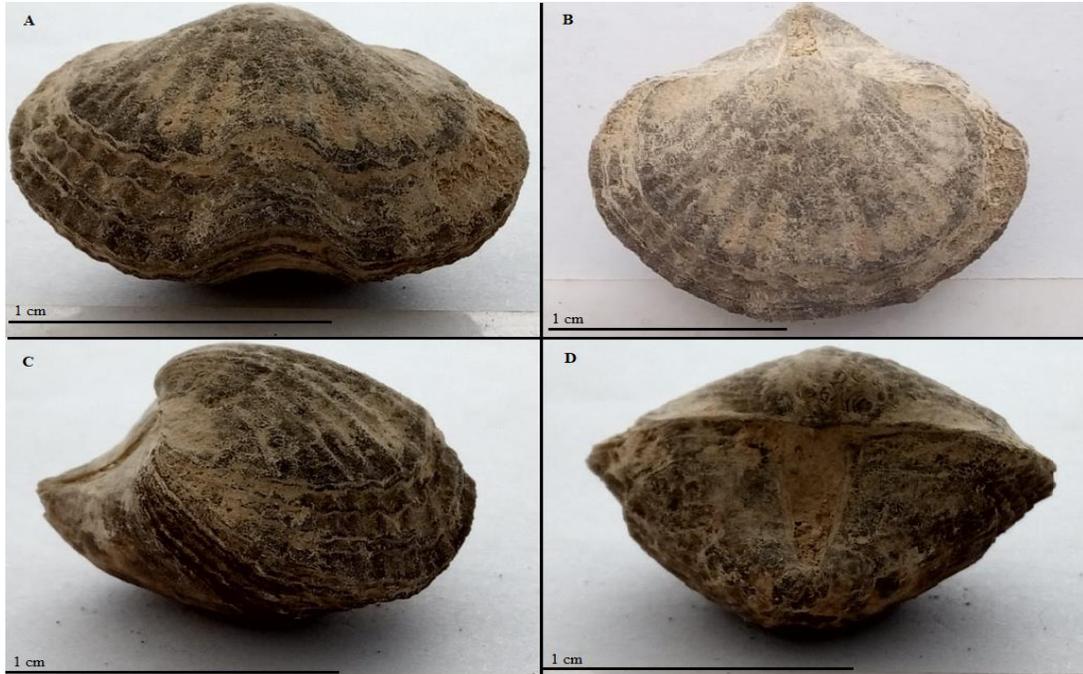


Lámina 28. Fotografías de la muestra MPT-181 indicado como *Spiriferina cf. chilensis*. A: Vista frontal en la que destaca el pliegue en la comisura frontal, las costillas marginales y radiales, las líneas de crecimiento muy marcadas hacia la comisura y la forma alargada de la concha. B: Vista en planta que la que se observa las costillas radiales, las líneas de crecimiento más marcadas hacia la comisura, lo redondeado del contorno de la concha, el interárea que se forma por el umbo ventral, el margen charnelar recto y el foramen triangular del tipo anfotrírido. C: Vista lateral en la que se aprecia las líneas de crecimiento marcadas hacia las comisuras y dando un aspecto escamoso, el umbo fuerte e inflado con dirección recta a subrecta. D: Vista posterior en la que se distingue el foramen grande, el margen charnelar recto y el interárea amplia.

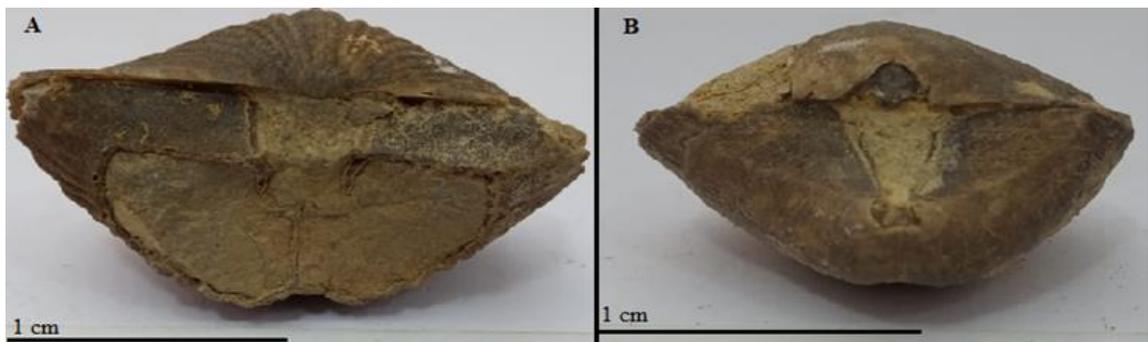


Lámina 29. Conjunto de imágenes de la muestra MPT-253 (A) y MPT-254(B) determinadas como *Spiriferina cf. chilensis*. A: Vista la zona posterior, al centro donde se encuentra el relleno sedimentario se ve septo medio o crura hasta la mitad de la altura total, además se ven las placas deltidiales proyectándose hasta este septo para formas un tipo de “U”. B: Vista posterior que presenta las placas deltidiales estrechas y separadas.

Filo Cnidaria Linnaeus, 1758
Subfilo Anthozoa Ehrenberg, 1834
Clase Hexacorallia Haeckel, 1896
Orden Scleractinia Bourne, 1900
Suborden Fiviina Vaughan y Wells, 1943
Familia Montlivaltidae Dietrich, 1926
Género *Montlivaltia* Lamouroux, 1821

***Montlivaltia* sp.**

Descripción del material: Corales solitarios que tienen dimensiones de 20 mm de alto, 19 mm de largo y 20 mm de ancho. Estos constan de solo los calices en la que se observan una gran cantidad de septos delgados y algunos más gruesos, también conservan lo que es la foseta ubicada más o menos al centro del cáliz y es redonda a ovalada, el borde del cáliz tiene la muralla gruesa y redondeada (ver Lámina 30).

Modo de vida: Epibentónico sésil (Aberhan, 1993a).

Edad: Triásico-Cretácico (Morycowa *et al.*, 2001).

Alteración tafonómica: Recristalización de calcita en MPT-012 y MPT-305, todos rellenos de cavidades y en su mayoría con reemplazamiento por hierro.

Estado tafonómico: Acumulado y resedimentado (mayor detalle en el anexo 2).

Muestra: MPT-009; MPT-010; MPT-011; MPT-012 y MPT-305.

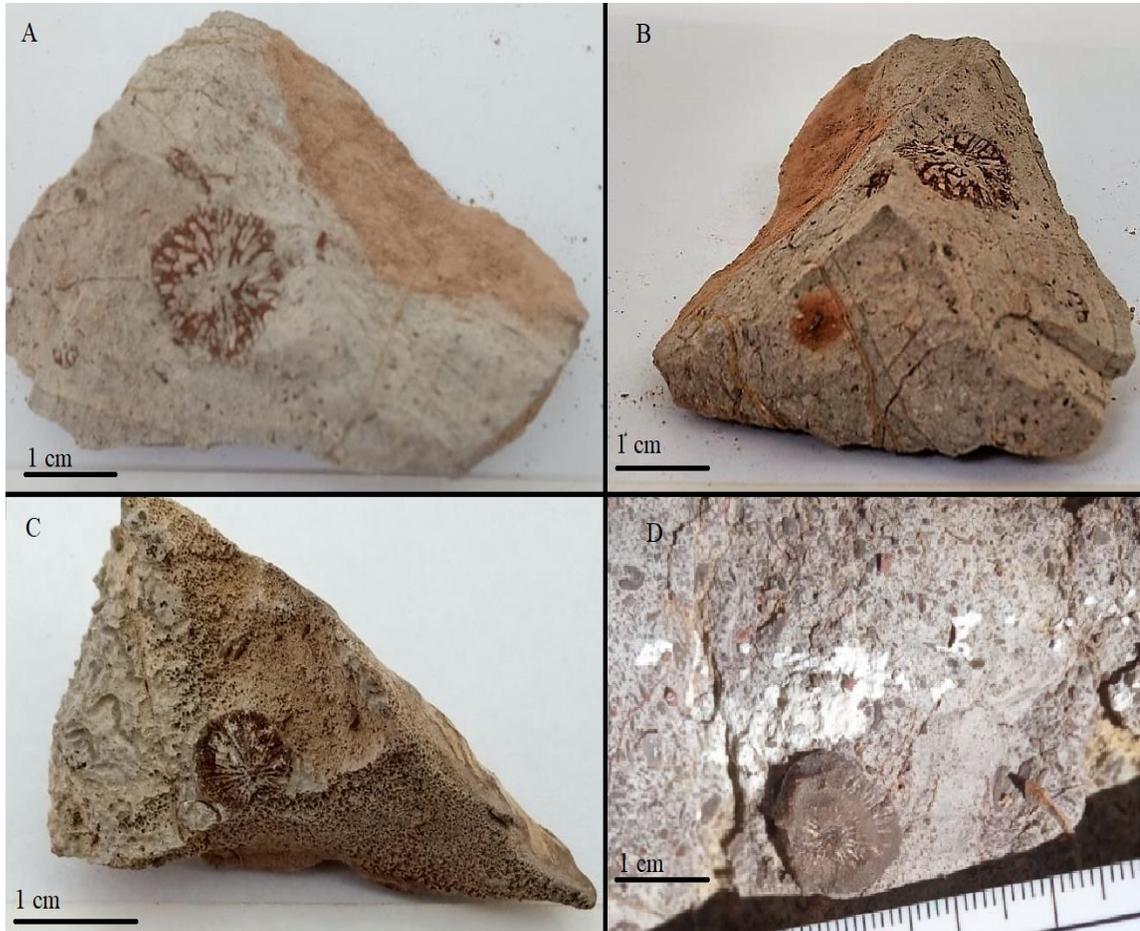


Lámina 30. Fotografías de la muestra MPT-010 (A y B), MPT-012 (C) y MPT-305 (D), indicadas como *Montlivaltia* sp. A: Vista en planta del cáliz con reemplazamiento de óxido de hierro y se ven los septos. B: Vista lateral, se observa el cáliz y algunos septos. C: vista en planta, en este se observa el cáliz y una gran cantidad de septos, ambos recristalizados. D: vista en planta de muestra en terreno, en este se aprecia la epiteca erosionada alcanzándose a ver los septos internos.

Filo Echinodermata Klein, 1778
Subfilo Crinozoa Matsumoto, 1929
Clase Crinoidea Miller, 1821
Orden Isocrinida Sieverts-Doreck, 1952
Familia Pentacrinidae Gray, 1842
Género *Pentacrinus* Blumenbach, 1804

***Pentacrinus* sp.**

Descripción del material: Representado por artejos y fragmentos de la columneta. Estos artejos son de forma pentagonal a forma de estrella, además tienen el lumen central redondo y tienen crénulas que conforman una estrella a los que son más pentagonal. Estas crénulas tienden a ser gruesas espaciadas y a ubicarse en los bordes (ver Lámina 31).

Edad: Jurásico inferior a medio (Klikunshin, 1982).

Alteración tafonómica: Macerados y recristalización de calcita.

Estado tafonómico: Resedimentados.

Muestra: MPT-005; MPT-006; MPT-051; MPT-053; MPT-054; MPT-060; MPT-098; MPT-099; MPT-100; MPT-192; MPT-193; MPT-293 y MPT-315.

Clase Echinoidea Leske, 1778
Subclase Echinoidea Bronn, 1860
Orden Orthopsida Mortensen, 1942
Familia Orthopsidae (Duncan, 1889) indet.

Descripción del material: Registro fotográfico de una placa interambulacral que presenta dos hileras de tubérculos siendo un total de cuatro, dos bien conservados. Estos tubérculos son redondeados, de gran tamaño, perforados y sin crénulas. Además, cuenta con gran cantidad de poros pequeños redondeados e imperforados en el interárea entre tubérculos, también hay poros de un tamaño mayor que rodean la base del tubérculo (ver Lámina 32).

Alteración tafonómica: Abrasión y recristalización de calcita.

Estado tafonómico: Resedimentados.

Muestra: MPT-306.

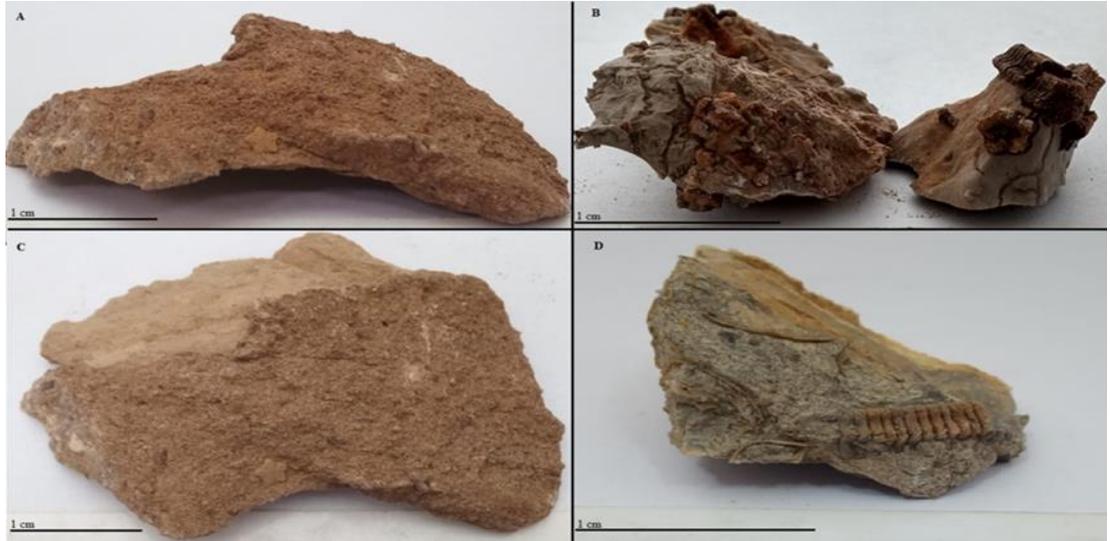


Lámina 31. Conjunto de fotografías de las muestras MPT-098 (A y C), MPT-192 (B) y MPT-315 (D) indicadas como *Pentacrinus* sp. A: Vista frontal que destaca el artejo de crinoideo pentagonal con crénulas con forma de estrella y el lumen central. B: Vista frontal de conjunto de secciones de columneta en forma de estrella al cual se le ven las crénulas. C: Vista en planta en la que se aprecia el artejo pentagonal con crénulas en forma de estrella. D: Vista frontal se sección de columneta con artejos en forma de estrella.

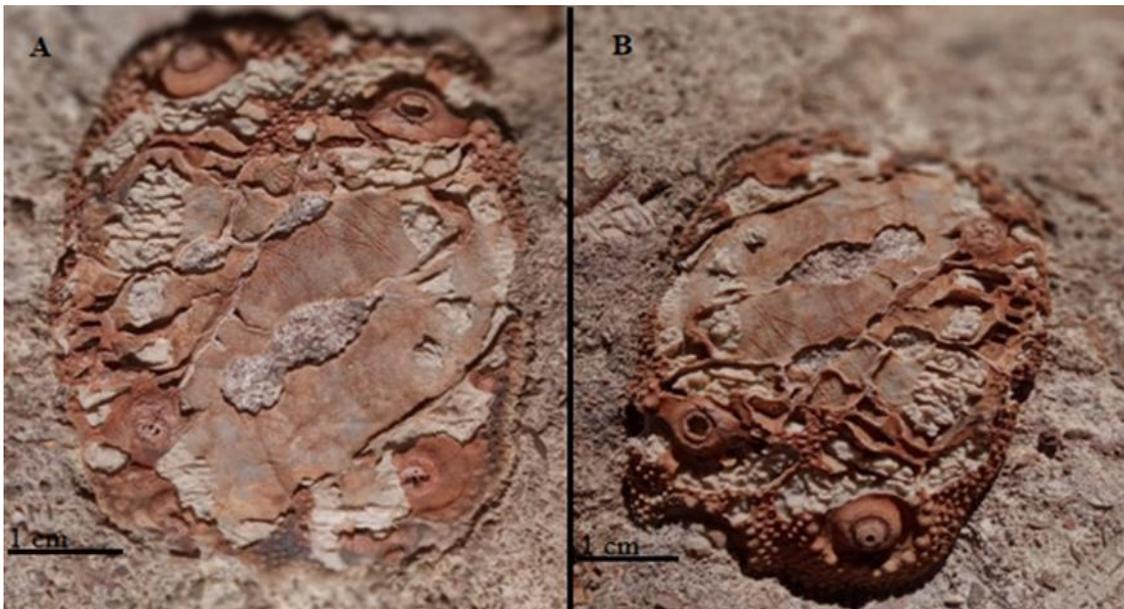


Lámina 32. Conjunto de fotografías de la muestra MPT-306 visto en terreno e identificada a nivel de la familia Orthopsidae. A: Vista en planta, destacan los cuatro tubérculos teniendo dos en la zona inferior y dos en la parte superior, también se observan los poros pequeños en el área entre tubérculos. B: Vista frontal, se observan 2 tubérculos mejor conservados en la parte inferior y se ve su perforación y los poros pequeños entre tubérculos y los poros con mayor tamaño rodeado la base de los tubérculos.

Filo Bryozoa Ehrenberg, 1831

Clase Stenolaemata Borg, 1926

Orden Cyclostomata (Busk, 1852) indet.

Descripción del material: Muestra que se encuentra en una roca con varios fragmentos briozoos. La dimensión de la roca que lo contiene es 57 mm de elevación, 52 mm de largo y 79 mm ancho. Los zoario son de calcita y el mejor conservado es del tipo erecto arborecente con los zocios redondeados con paredes finas y muy abundantes interrumpidos por pseudoporos (ver Lámina 33).

Alteración tafonómica: Abrasión, maceración y recristalización de calcita.

Estado tafonómico: Resedimentados.

Muestra: MPT-032.



Lámina 33. Imagen de la muestra MPT-032, identificado en el orden Cyclostomata, y que corresponde a la vista frontal de la roca, destaca por el fragmento de zoario en forma arborescente y que conserva los zocios redondos a ovalados.

5.2. Estratigrafía

De acuerdo a los puntos de control realizados en la etapa de terreno (ver Figura 10) se confeccionó cinco columnas estratigráficas más una general para la quebrada, de acuerdo a la información de las otras cinco (ver Figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21, y las imágenes 2 y 3). Para mayor detalle en las columnas ver Anexos 11, 12, 13, 14, 15 y 16.

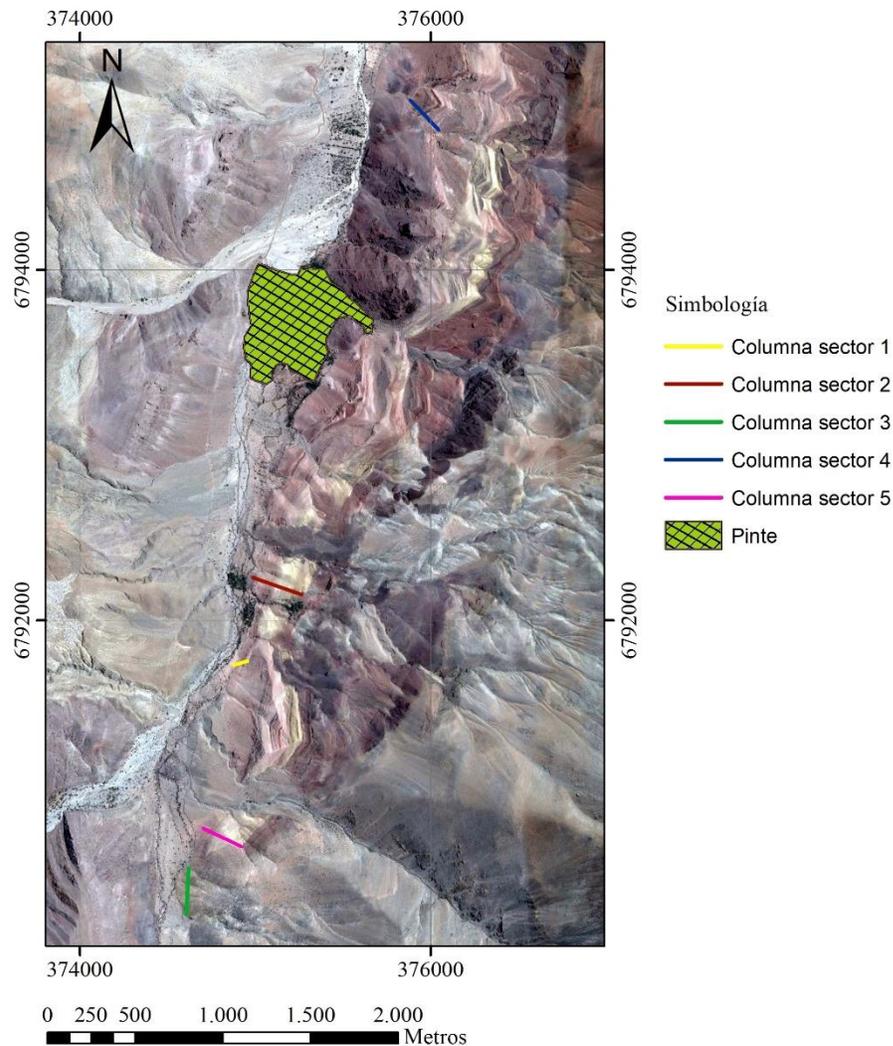


Figura 10. Mapa que muestra los sectores de muestreo que se basó para el levantamiento de las columnas estratigráficas, cabe destacar que todas se encuentran al Este de Quebrada Pinte y al Sureste.

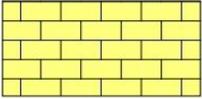
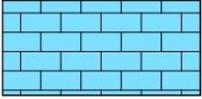
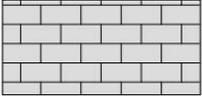
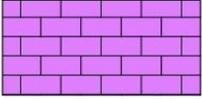
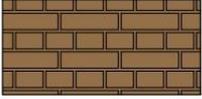
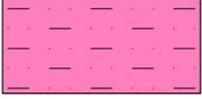
Leyenda	Simbología
 Calcarenita	 Ammonoidea
 Caliza <i>Packstone</i>	 Bivalvia
 Caliza <i>Wackestone</i>	 Braquiópoda
 Caliza <i>Mudstone</i>	 Briozoa
 Calcilutita	 Crinoideo
 Arenisca fina	 Equinoidea
 Arenisca Gruesa	 Gastrópodo
 Conglomerado	 Hexacoralia
 Limolita	 Ignofósiles
 Arenisca volcánica	 Mytiloidea
 Andesita	 Nautiloidea
	 Ostreído
	 Pectinído
	 Rincónelido
	 Spiriferida
	 Terebrátula
	 Laminación
	 Base o Techo desconocido
	 Discordancia erosiva
	 Discordancia angular

Figura 11. Esta muestra la leyenda y simbologías a ocupar para las columnas estratigráficas.

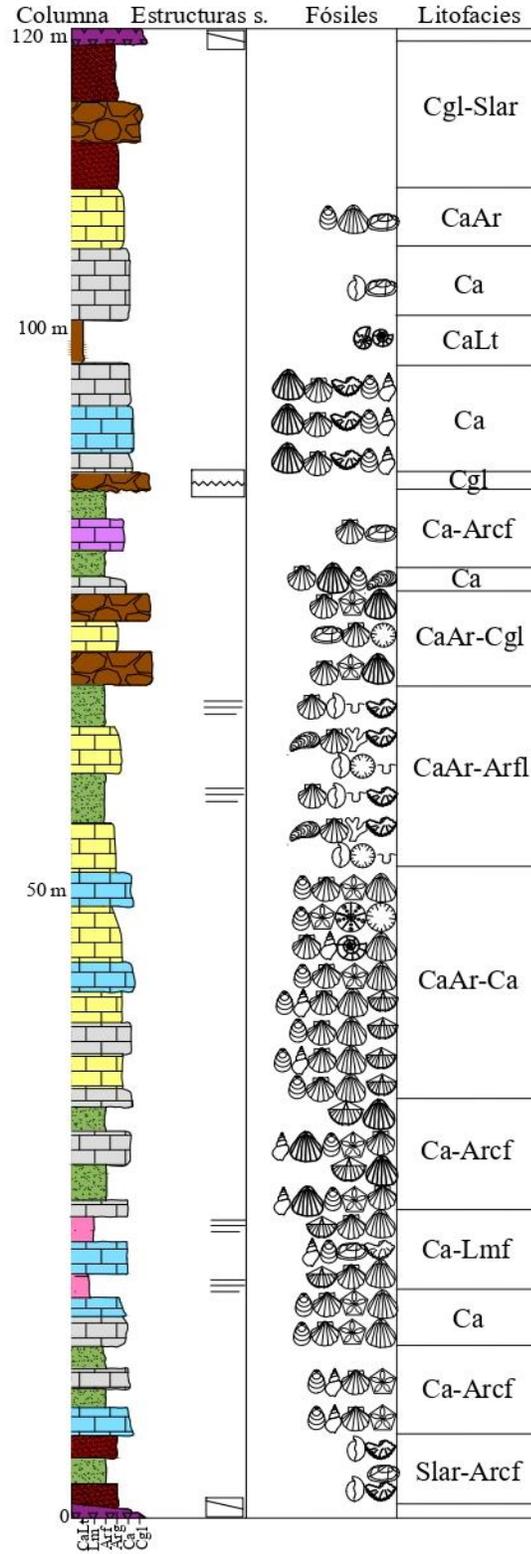


Figura 12. Columna estratigráfica general para la Quebrada Pinte, donde se detallan las siglas para su adecuada lectura Calt= Calcilitas; Lm= Limos; Arf= Areniscas finas; Arg= Areniscas gruesas; Ca= Calizas y Cgl= Conglomerados.

Tabla 1. Presenta las litofacies que se observaron para las columnas estratigráficas.

Litofacies (código)	Características
Calizas bioclásticas (Ca)	Estratos de calizas puras clasificados por el contenido de bioclastos de <i>mudstone</i> , <i>wackestone</i> y <i>packstone</i> .
Calcarenitas (CaAr)	Se caracterizan por granos tamaño areniscas finas, con carbonato de calcio, granos constituidos por cuarzo y en ocasiones hay fragmentos líticos, también presentan bioclastos que componen 35% del estrato y las potencias varían desde centímetros a metros.
Calcilitas (CaLt)	Estratos que se caracterizan por tener materia orgánica hacia techo, algunos presentan oolíticos y/o microfósiles forma ovoide y sin dirección, unas incipientes laminaciones y presentar granos finos posiblemente de calcita.
Conglomerados (Cgl)	Estratos de conglomerados que son polimícticos con clastos de composición andesitas, basaltos, dioritas, tonalitas, granitos, bioclastos y gneiss, tiene cemento calcáreo, clastos redondeados a subredondeados, los tamaños son muy variables, de matriz soportado a clasto soportado y bases erosivas.
Sublitoareniscas (Slar)	Con granos de un tamaño de casi un centímetro, los granos compuestos por fragmentos líticos y cuarzos y a veces presentan cemento calcáreo.
Intercalación de Calcarenitas-Calizas (CaAr-Ca)	Intercalación entre calcarenitas con bioclastos, con granos de cuarzo y algunos fragmentos líticos; y calizas tipo <i>wackestone</i> y <i>packstone</i> .

Litofacies (código)	Características
Intercalación de Cuarzo areniscas-Areniscas líticas (Carg-Arl)	Alternancia arrítmica entre cuarzo areniscas con granos tamaño grueso, constituidos por fragmentos de cuarzos y plagioclasas, base erosiva y potencia métrica a decamétrica; y areniscas de granos con tamaño fino, constituidos por fragmentos líticos y plagioclasas, y potencia de unos metros.
Intercalación de Conglomerados-sublitoarenisca (Cgl-Slar)	<p>A) Alternancia de conglomerados, clastosoportada, polimictico, con clastos principalmente subredondeados y otros subangulosos, con base erosiva; areniscas que tienen granos gruesos, principalmente compuestos por cuarzo y con fragmentos líticos.</p> <p>B) Intercalación arrítmica de conglomerados polimícticos, matrizsoportada, con clastos redondeados a subredondeados, con fragmentos fósiles y de base erosiva; areniscas gruesas de granos de cuarzo y líticos, base erosiva, potencia métrica y fragmentos fósiles.</p>
Intercalación de Calcarenitas-Areniscas finas laminadas (CaAr-Arfl)	La intercalación es arrítmica de areniscas con laminación, con cemento calcáreo y potencias centimétricas. Las calcarenitas se caracterizan por tener entre un 10-35% de clastos compuestos por cuarzo y en menor proporción fragmentos líticos.

Litofacies (código)	Características
Intercalación de Calizas bioclásticas-Areniscas cuarcíferas finas (Ca-Arcf)	Intercalación arrítmica, con areniscas finas con granos de cuarzo, algunos con laminación y cemento calcáreo; Y calizas que varían entre <i>mudstone</i> a <i>packstone</i> con potencia métricas.
Intercalación de Calizas bioclásticas-Limos fosilíferos (Ca-Lmf)	Intercalación arrítmica entre limos que tienen laminaciones, cemento calcáreo y a veces fósiles; y calizas que varían entre <i>mudstone</i> a <i>packstone</i> con potencia métricas.
Intercalación de Sublitoareniscas calcáreas -Areniscas cuarcífera finas (Slar-Arcf)	Intercalación arrítmica entre areniscas gruesas con cemento calcáreo, fragmentos fósiles y potencia métrica. Mientras que las areniscas finas con grano de cuarzo, cemento calcáreo, fragmentos fósiles y potencia métricas.
Intercalación de Calcarenitas-Conglomerados fosilíferos (CaAr-Cgl)	Intercalación arrítmica entre conglomerados con cemento calcáreo, de matrizsoportada cuya matriz es de granos de arenas finas, clastos subredondeados a redondeados y polimícticos (andesitas, diorita, gneiss, calizas y bioclastos); Y las calcarenitas destacan por gran contenido de bioclastos, granos de arena fina compuestas por granos de cuarzo
Intercalación de Conglomerados clastosoportada-Areniscas limosas (Cgl-Arlm)	Intercalación rítmica entre conglomerados clastosoportado, matriz de granos de arenas finas. Los clastos subredondeados a redondeados, de gran tamaño y polimícticos (andesitas, diorita, granito, gneiss y basalto); y areniscas limosas que destacan por estar laminadas y tener una potencia centimétrica.

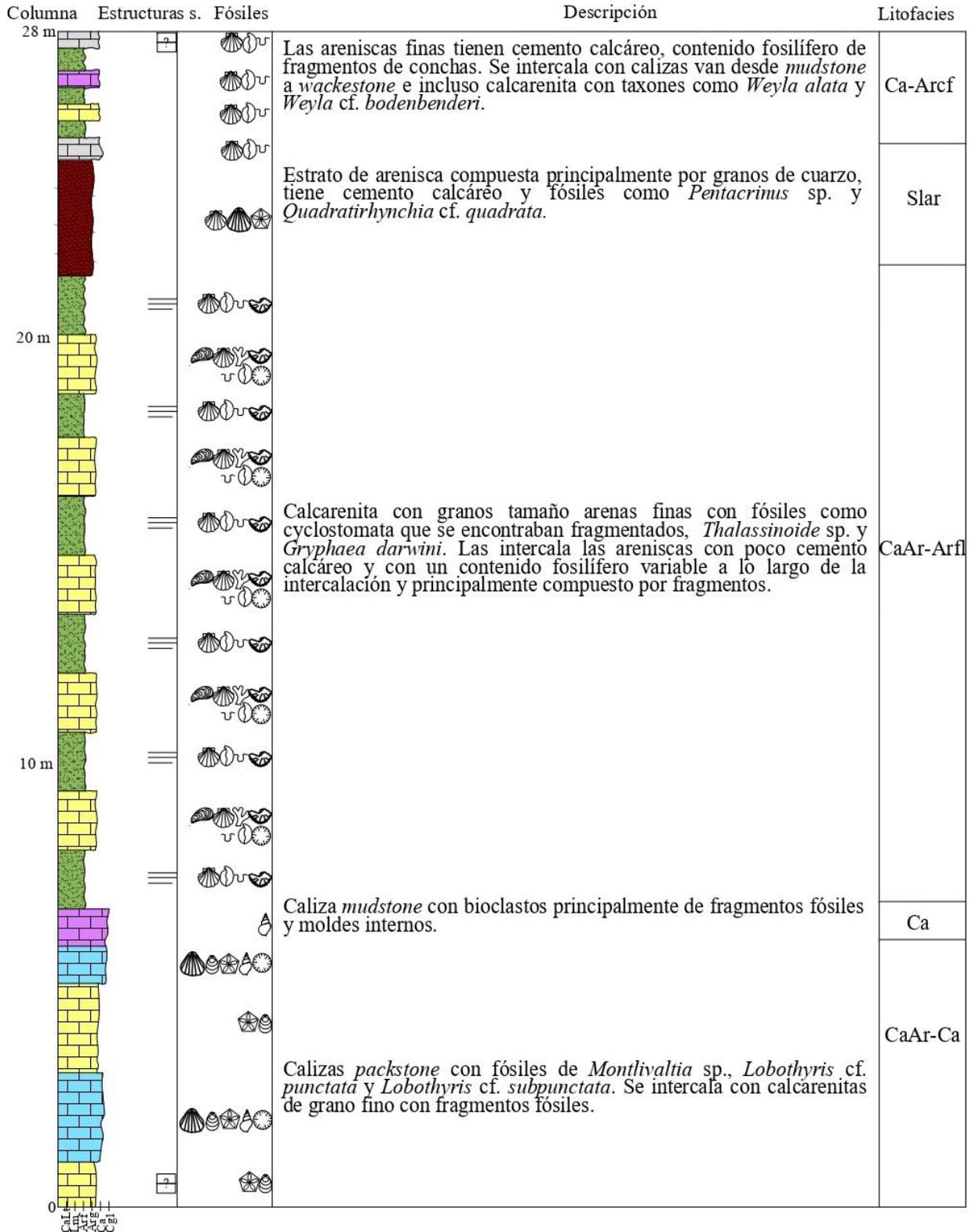


Figura 13. Columna estratigráfica sintética del sector uno. Se destaca la intercalación de las calcarenitas y areniscas finas por su potencia y contenido fosilífero como los *Thalassinoides* sp. y *Gryphaea darwini*.



Imagen 2. Los *Thalassinoides* sp con sus características formas tipo T e Y, estos se encuentran en la litofacies CaAr-Arfl donde se encuentran *Gryphaea darwini*.

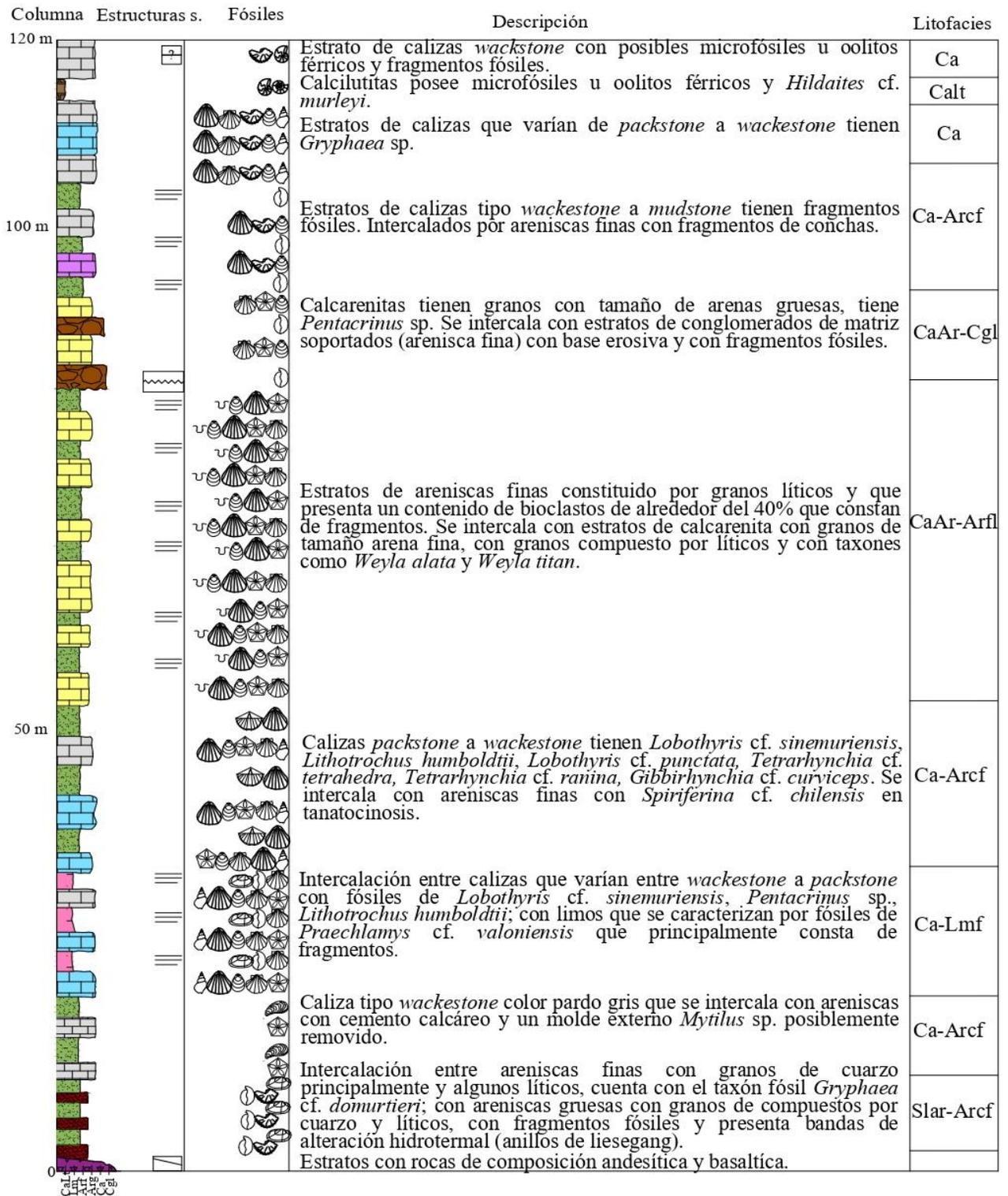


Figura 14. Columna estratigráfica sintética para el sector dos. En este se observa el inicio de la estratificación con la intercalación Slar-Arcf, abundantes taxones en las litofacies Ca-Lmf y Ca-Arcf y destaca la presencia de ammonioideos en estratos de calcilutita y la abundante materia orgánica.



Imagen 3. Muestra la gran cantidad de especímenes de posiblemente de *Tetrarhynchia* cf. *tetrahedra* y/o *Tetrarhynchia* cf. *ranina*, pertenecientes a la litofacies de Ca-Arfl de la columna estratigráfica del sector dos, también se pudo observar algunos *Spiriferina* cf. *chilensis*.

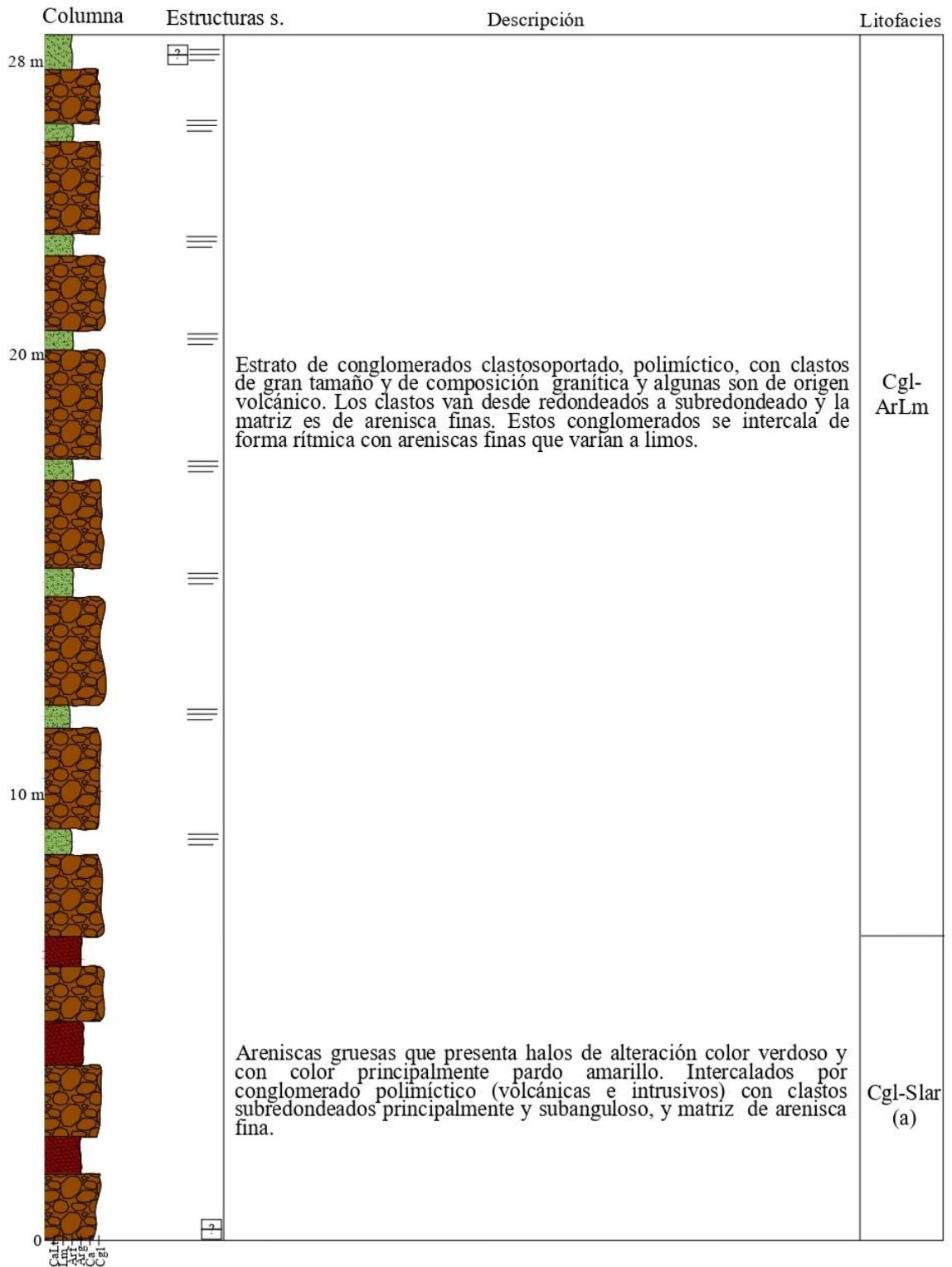


Figura 15. Columna estratigráfica sintética para el sector tres. Esta destaca por la intercalación rítmica entre conglomerados y las areniscas, además esta sección por su litología no se relaciona a las estratificaciones marinas.



Figura 16. Conjunto de imágenes del sector tres donde fue levantada la columna vista anteriormente. A: Imagen de fragmento del conglomerado, se observa lo polimictico de los clastos y con clastos subangulos, pero predominan los clastos subredondeados. B: En la parte superior de la imagen estan las areniscas limosas con leve laminacion y coloración verdosa y oscura . C: A la izquierda se ven los estratos marinos, mientras que a la derecha estan los estratos de conglomerado y areniscas limosas, al medio y con dirección SO se deduce una falla posiblemente de rumbo con algun componente en la vertical.

Columna	Estructuras s.	Fósiles	Descripción	Litofacies
60 m			Estratos de brecha volcánica que presenta clastos de calizas.	Cgl-Slar (b)
			Estratos de areniscas gruesas de color pardo, con gran cantidad de líticos y fragmentos de conchas y con cemento calcáreo. Se le intercalá un estrato de conglomerado clastosoportado, polimíctico, color pardo amarillo, clastos redondeados a subredondeados y matriz de arenisca gruesa.	Ca
			Secuencia de caliza <i>mudstone</i> con fragmentos fósiles aislados. Seguido por una calcarenita con granos de tamaño arena fina y con fragmentos fósiles. y finalmente caliza del tipo <i>wackestone</i> con fragmentos fósiles y <i>Pholadomya fidicula</i> .	CaAr
			Calcilutita que se caracteriza por tener microfósiles u oolitos férricos, con materia orgánica y con un fósiles de <i>Hildaites</i> cf. <i>murleyi</i> .	Ca
			Estratos de caliza que varían de <i>packstone</i> a <i>wackestone</i> con abundante fragmentos fósiles en la <i>packstone</i> y en la <i>wackestone</i> tiene taxones como <i>Lobothyris</i> cf. <i>subpunctata</i> , <i>Pholadomya fidicula</i> y <i>Gryphaea</i> sp.	CaLt
			Estrato de microconglomerado matriz soportado cuya matriz es de arenisca fina, con clastos redondeados y subredondeado, polimícticos, de un diámetro entre 1 a 2 cm.	Ca
40 m			Conjunto de estratos de areniscas cuarcíferas de grano medio a grueso y hacia techo presenta un aumento en abundancia de hematita. Intercaladas por areniscas finas de abundante líticos y plagioclasas.	Cgl
				Carg-Arl
20 m			Estratos de caliza <i>mudstone</i> con concreciones de areniscas de granos gruesos y con fragmentos fósiles. Intercalado por areniscas finas que tiene abundante cemento calcáreo.	
			Secuencia de microparaconglomerado de clastos redondeados y polimícticos; Calcilutitas con materia orgánica y con impresión de <i>Dactyloceras</i> ; caliza <i>wackestone</i> que tiene a <i>Modiolus</i> cf. <i>scalprum</i> , <i>Weyla alata</i> , <i>Pinna</i> cf. <i>radiata</i> y <i>Lobothyris</i> cf. <i>subpunctata</i> .	Ca-Arcf
				Cgl
				CaLt
				Ca
			Calcarenitas compuesto por granos de fragmentos líticos, con <i>Weyla alata</i> y <i>Radulonectites sosneadoensis</i> . Intercaladas por conglomerados de matriz soportada, matriz de arenisca fina, cemento calcáreo y fragmentos fósiles de <i>Weyla alata</i> .	CaAr-Cgl
0				

Figura 17. Columna estratigráfica sintética del sector cuatro, conocido como La Pirámide. De esta columna destaca la litofacies Carg-Arl por la potencia y su contenido de líticos de origen volcánicos, también sobresale los conglomerados que erosionan a las litofacies Carg-Arl, las calcilutitas con abundante ammonoideos y, por último, la litofacies Cgl-Slar que cierra la estratificación marina.

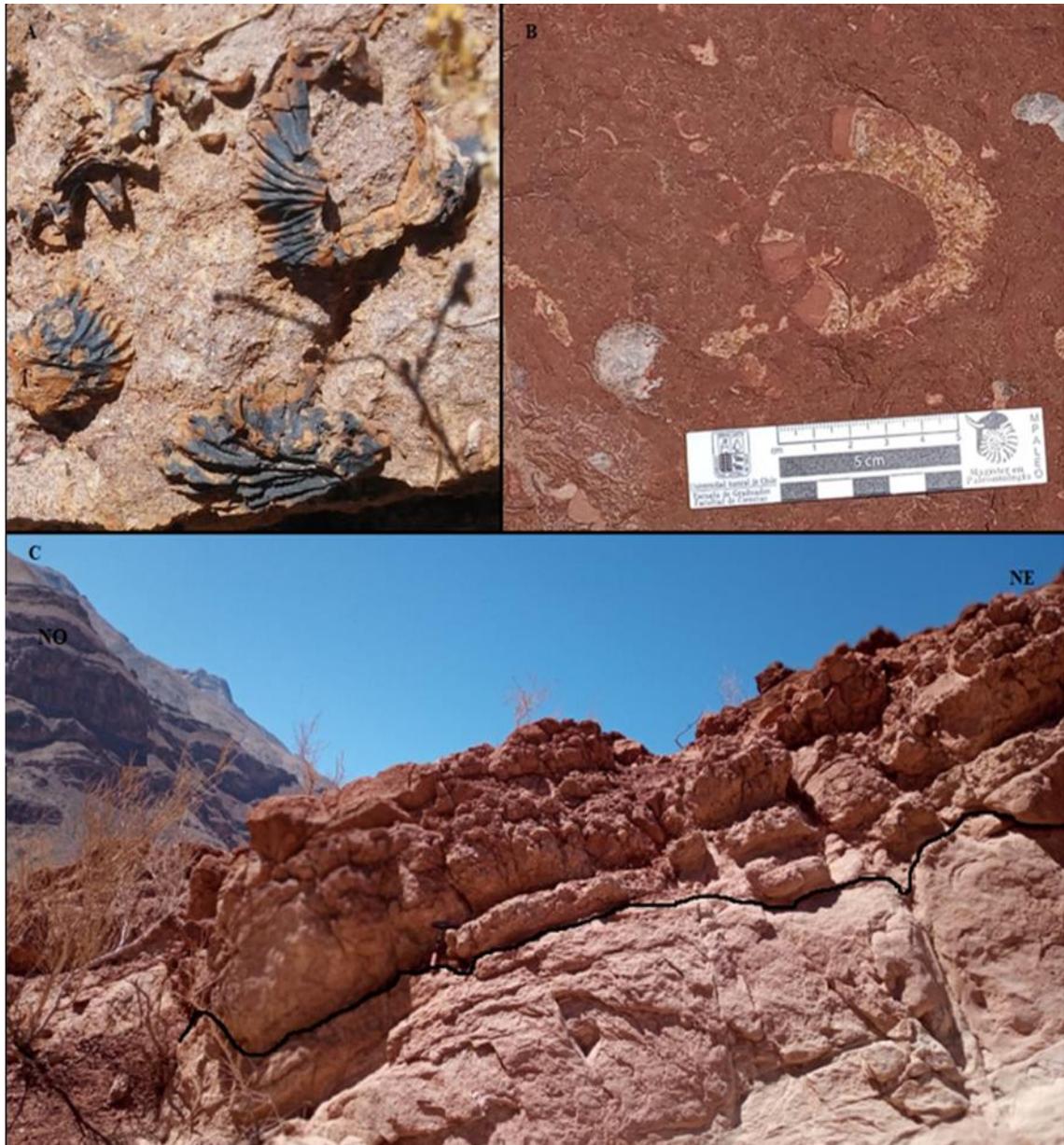


Figura 18. Conjunto de imágenes del sector La Pirámide. A: Imagen de fragmentos fósiles que corresponden a la calcarenita del final de la columna. B: Fotografía de sección de ammonoidea en *wackestones* con algunos fragmentos de *Gryphaea* sp. C: Imagen paronámica de base erosiva de los conglomerados sobre la litofacies Carg-Arl.

Columna	Estructuras s.	Fósiles	Descripción	Litofacies
65 m			Arenisca de granos gruesos, los granos son de fragmentos pequeños de conchas, fragmentos líticos y cuarzo y tiene cemento calcáreo.	Slar
			Calcarenita compuesto por fragmentos líticos y algo de cuarzo, y con fósiles <i>Gryphaea</i> sp. y <i>Trigonia</i> cf. <i>stelzneri</i> .	CaAr
			Calculutita que tiene el taxón <i>Hildaites</i> cf. <i>murleyi</i> .	CaLt
			Calizas que van de <i>wackestone</i> a <i>packstone</i> que se caracteriza por tener taxones de <i>Thalassinoidé</i> sp., <i>Lobothyris</i> cf. <i>punctata</i> , <i>Pentacrinus</i> sp. y <i>Lobothyris</i> cf. <i>subpunctata</i> .	Ca
			Caliza tipo <i>wackestone</i> a <i>packstone</i> con los taxones presentes son <i>Weyla alata</i> , <i>Pentacrinus</i> sp. y <i>Tetrahynchia</i> cf. <i>tetrahedra</i> ; Se intercala con calcarenitas con granos de tamaño arena gruesa, los granos están compuesto principalmente por fragmentos líticos que componen el 30% de la roca y tiene taxones como <i>Tetrahynchia</i> cf. <i>tetrahedra</i> , <i>Weyla titan</i> , <i>Quadratirynchia</i> cf. <i>quadrata</i> , <i>Montlivaltia</i> sp. y <i>Tetrahynchia</i> cf. <i>dumbletonensis</i> .	CaAr-Ca
40 m			Caliza tipo <i>mudstone</i> con fragmentos fósiles.	Ca
			Caliza tipo <i>wackestone</i> que consta de fósiles como <i>Gibbirhynchia</i> cf. <i>curviceps</i> , <i>Tetrahynchia</i> cf. <i>tetrahedra</i> , <i>Weyla alata</i> , <i>Spiriferina</i> cf. <i>chilensis</i> , <i>Lobothyris</i> cf. <i>sinemuriensis</i> y <i>Lobothyris</i> cf. <i>punctata</i> . Se intercalan con calcarenitas con granos de tamaño arena gruesa, los granos están compuesto principalmente por fragmentos líticos y cuarzo y tiene taxones como <i>Lobothyris</i> cf. <i>sinemuriensis</i> , <i>Weyla titan</i> , <i>Weyla alata</i> , <i>Gibbirhynchia</i> cf. <i>curviceps</i> , <i>Quadratirynchia</i> cf. <i>quadrata</i> , <i>Tetrahynchia</i> cf. <i>tetrahedra</i> y <i>Spiriferina</i> cf. <i>chilensis</i> .	CaAr-Ca
20 m			Estratos calizas tipo <i>packstone</i> con taxones como <i>Lithotrochus humboldtii</i> , <i>Lobothyris</i> cf. <i>sinemuriensis</i> , <i>Gryphaea darwini</i> y <i>Plagiostoma</i> sp.; Se intercala con limo con fósiles de <i>Spiriferina</i> cf. <i>chilensis</i> , <i>Tetrahynchia</i> cf. <i>tetrahedra</i> , <i>Weyla alata</i> y <i>Tetrahynchia</i> cf. <i>ranina</i> .	Ca-Lmf
			Calizas tipo <i>wackestone</i> a <i>packstone</i> con abundantes <i>Gibbirhynchia</i> cf. <i>curviceps</i> , <i>Lobothyris</i> cf. <i>sinemuriensis</i> y <i>Lobothyris</i> cf. <i>punctata</i> .	Ca
			Calizas <i>packstone</i> a <i>wackestone</i> con fósiles de <i>Pholadomya</i> sp. (reelaborado) y <i>Lithotrochus humboldtii</i> . Se intercala con areniscas finas.	Ca-Arcf
			Arenisca gruesa con granos de cuarzo, líticos y fragmentos de conchas.	Slar
0			Estrato con rocas de composición andesítica y basáltica.	

Figura 19. Columna estratigráfica sintética para el sector cinco. Se aprecia el inicio de la columna con areniscas gruesas al igual que la columna dos. Resalta la gran variedad de taxones entre las litofacies Ca, Ca-Lmf y CaAr-Ca. Destaca nuevamente las calculutitas con ammonoidea. Y, por último, el cierre de la estratigrafía marina con la litofacies Slar similar a la columna del sector cuatro.



Figura 20. Conjuntos de imágenes que corresponden al sector cinco. A: Estrato de calcarenita con abundantes fósiles posiblemente de *Quadratirhynchia* y del género *Tetrahedra*. B: Límite entre la litofacies Ca-Lmf y Ca-CaAr. C: Estrato de caliza *packstone* con abundantes secciones de terebrátulas. D: Calcarenita que contenía a taxones como *Gryphaea* sp. y *Trigonia* cf. *stelzneri*.

5.1.1. Análisis de biofacies.

De acuerdo a la información de los resultados de taxonomía y estratigrafía se determina las siguientes biofacies de acuerdo a la dominancia de un taxón:

Weyla alata (Wya): Presente en la litofacies Ca-Arcf, CaAr-Arfl y CaAr-Cgl, con calizas tipo *wackestone* a *mudstone*. La biofacies se caracteriza por gran abundancia del taxón *Weyla alata* que se encuentra con taxones como *Radulonectites sosneadoensis*.

Lobothyris sinemuriensis (Lsms): Relacionado a la litofacies CaAr-Ca, con calizas tipo *wackestone*, con abundantes especímenes del taxón *Lobothyris* cf. *sinemuriensis* relacionados con taxones menos abundantes *Gibbirhynchia* cf. *curviceps*, *Lobothyris* cf. *punctata*, *Tetrarhynchia* cf. *tetrahedra*, *Spiriferina* cf. *chilensis*, *Weyla alata*, *Weyla titan* y *Quadratirhynchia* cf. *quadrata*.

Gryphaea darwini (Gphd): Se encuentra presente en la litofacies CaAr-Arfl. *Gryphaea darwini* se encuentra en abundancia, acompañada en menor medida por el icnogénero *Thalassinoide* sp.

Hildaites murleyi (Hdml): Biofacies monoespecífica que solo se encuentran con Nautiloidea indet. y relacionada a la litofacies CaLt.

Lithotrochus humboldtii (Lthd): Se relaciona a la litofacies Ca-Arcf y Ca-Lmf con caliza tipo *wackestone*. Además, la biofacies de *lithotrochus* se relaciona con *Praeclamys* cf. *valoniensis* y *Lobothyris* cf. *sinemuriensis*.

Gryphaea sp. (Gph): Presente en litofacies CaAr y Ca con calizas de *wackestone* a *packstone*. Esta biofacies tiene como representativo el taxón de *Gryphaea* sp. que en sectores se encuentra en conjunto a *Lobothyris* cf. *subpunctata* y *Pholadomya fidicula*, en otros está con *Trigonia* cf. *stelzneri*.

Lobothyris subpunctata (Lsp): Se encuentra en las litofacies CaAr-Ca y Ca con calizas de *wackestone* a *packstone*. La biofacies se caracteriza por gran cantidad de fósiles de la especie *Lobothyris* cf. *subpunctata* acompañado en ocasiones con taxones como *Montlivaltia* sp. y *Lobothyris* cf. *punctata*, en otras ocasiones con *Modiolus* cf. *scalprum*, *Pinna* cf. *radiata* y *Weyla alata*, a veces se encuentra con el icnogénero *Thalassinoide* sp. y con *Lobothyris* cf. *punctata*.

Gryphaea dumortieri (Gphdt): Esta biofacies se registra en parte de la columna del sector dos y está asociada a la litofacies Slar-Arcf. La biofacies es monoespecífica ya que aparece solo *Gryphaea* cf. *domurtieri* en conjunto con varios fragmentos de conchas fósiles.

Gibbirhynchia curviceps (Gbcv): Se encuentra asociada a litofacies Ca en especial la del tipo *wackestone* a *packstone*. La biofacies se compone en gran parte de especímenes de *Gibbirhynchia* cf. *curviceps* y en menores cantidades se encuentran *Lobothyris* cf. *sinemuriensis* y *Lobothyris* cf. *punctata*.

Lithotrochus humboldtii-Spiriferina chilensis (Lthd-Sfch): Presente en la litofacies Ca-Lmf con caliza exclusivamente *packstone*. *Lithotrochus humboldtii* es el principal en las calizas y relacionado a este están los taxones *Plagiostoma* sp., *Lobothyris* cf. *sinemuriensis*, *Spiriferina* cf. *chilensis* y *Gryphaea darwini*. Mientras que *Spiriferina* cf. *chilensis* es el más abundante en los limos relacionado a especímenes de *Tetrahynchia tetrahedra*, *Tetrahynchia* cf. *ranina* y *Weyla alata*.

Weyla alata-Tetrahynchia tetrahedra (Wya-TrTh): Relacionado con la litofacies CaAr-Ca con calizas tipo *wackestone* a *packstone*. La biofacies domina los especímenes de *Weyla alata* en las calizas y relacionada con el taxón *Tetrahynchia* cf. *tetrahedra*. Mientras que en las calcarenitas domina *Tetrahynchia* cf. *tetrahedra* y se relaciona con *Weyla titan*, *Montlivaltia* sp., *Quadratirhynchia* cf. *quadrata* y *Quadratirhynchia* cf. *dumbletonensis*.

Lobothyris sinemuriensis-Spiriferina chilensis (Lsms-Sfch): Se presenta en la litofacies Ca-Arcf con calizas que van desde *wackestone* a *packstone*. La biofacies está dominada por *Spiriferina* cf. *chilensis* en las areniscas finas y *Lobothyris* cf. *sinemuriensis* domina en las calizas. La *Spiriferina* está con *Tetrahynchia* cf. *tetrahedra* y *Tetrahynchia* cf. *ranina*, mientras que *Lobothyris* está acompañada en menor proporción por especímenes de *Lobothyris* cf. *punctata*, *lithotrochus* cf. *humboldtii*, *Tetrahynchia* cf. *tetrahedra*, y *Gibbirhynchia* cf. *curviceps*.

Con las biofacies mencionadas las columnas estratigráficas de cada sector quedan como se muestran en las figuras 21, 22 y 23:

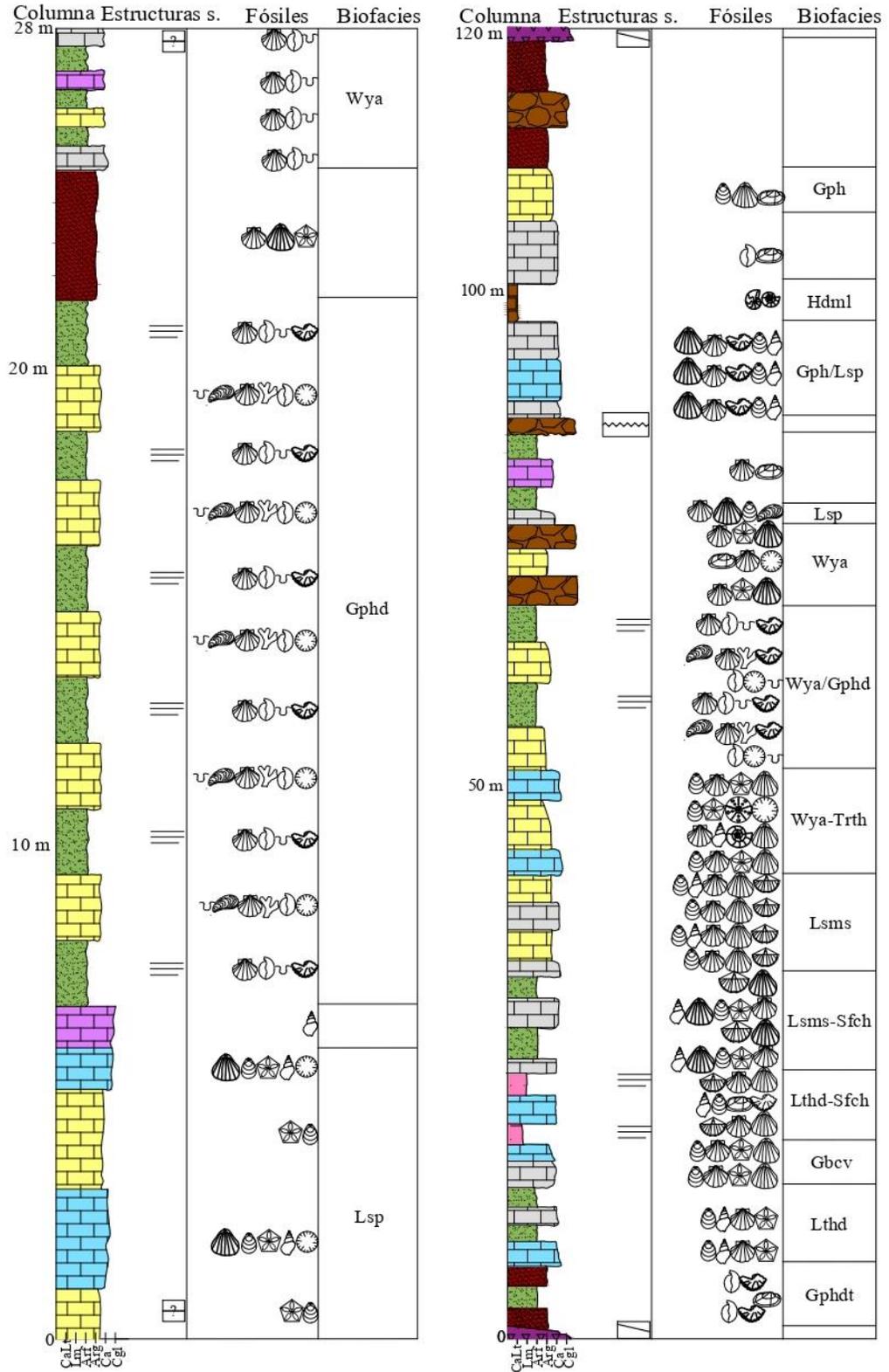


Figura 21. Muestra las biofacies para la columna del sector uno (izquierda) donde destaca la biofacies de *Gryphaea darwini*. A la derecha la columna general para la quebrada con todas las biofacies.

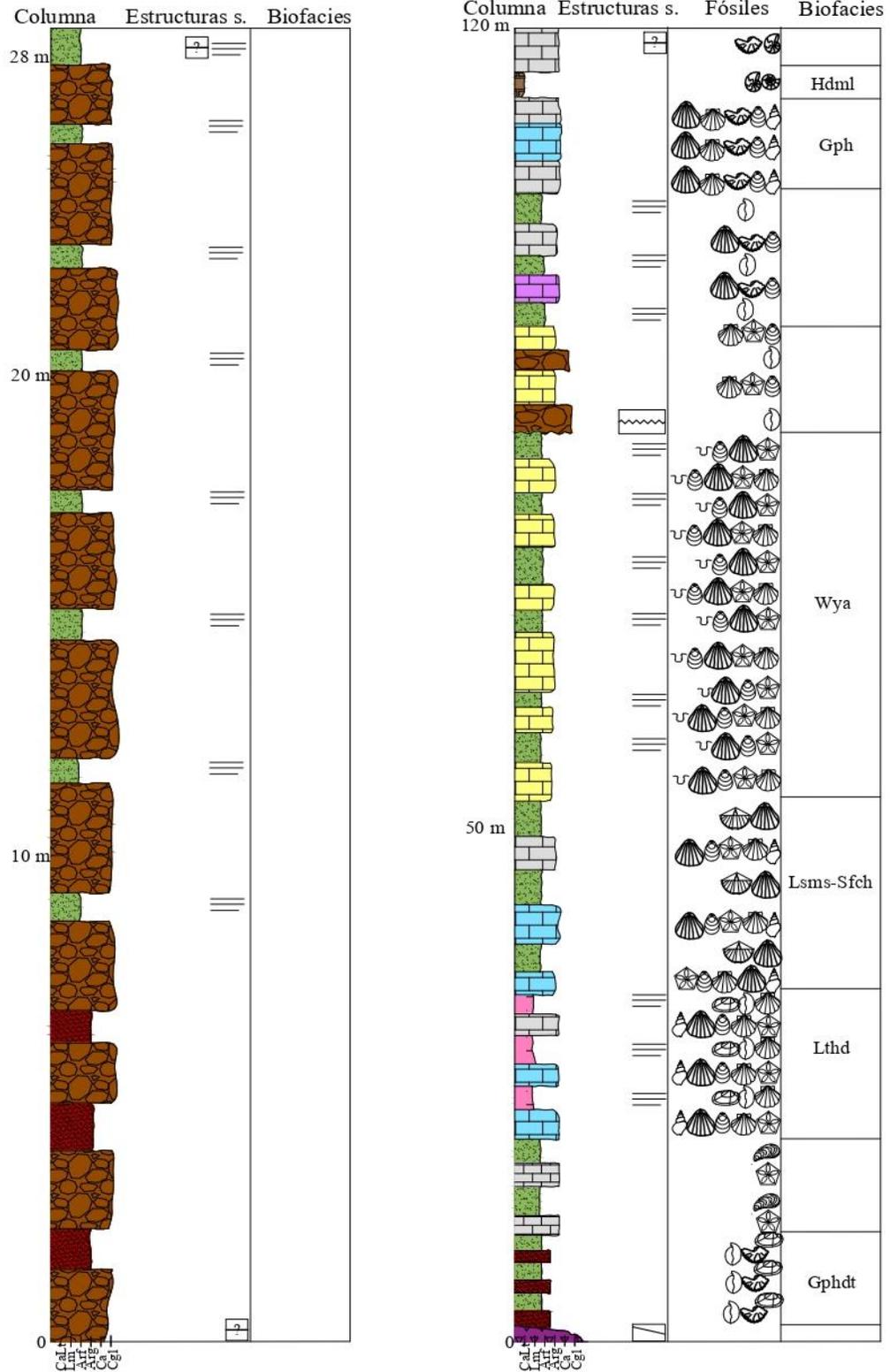


Figura 22. Muestra la biofacies correspondiente para las columnas del sector tres (izquierda), que no tiene, y para el sector dos (derecha) que destaca la biofacies Lthd y Hdml por la cantidad de especímenes.

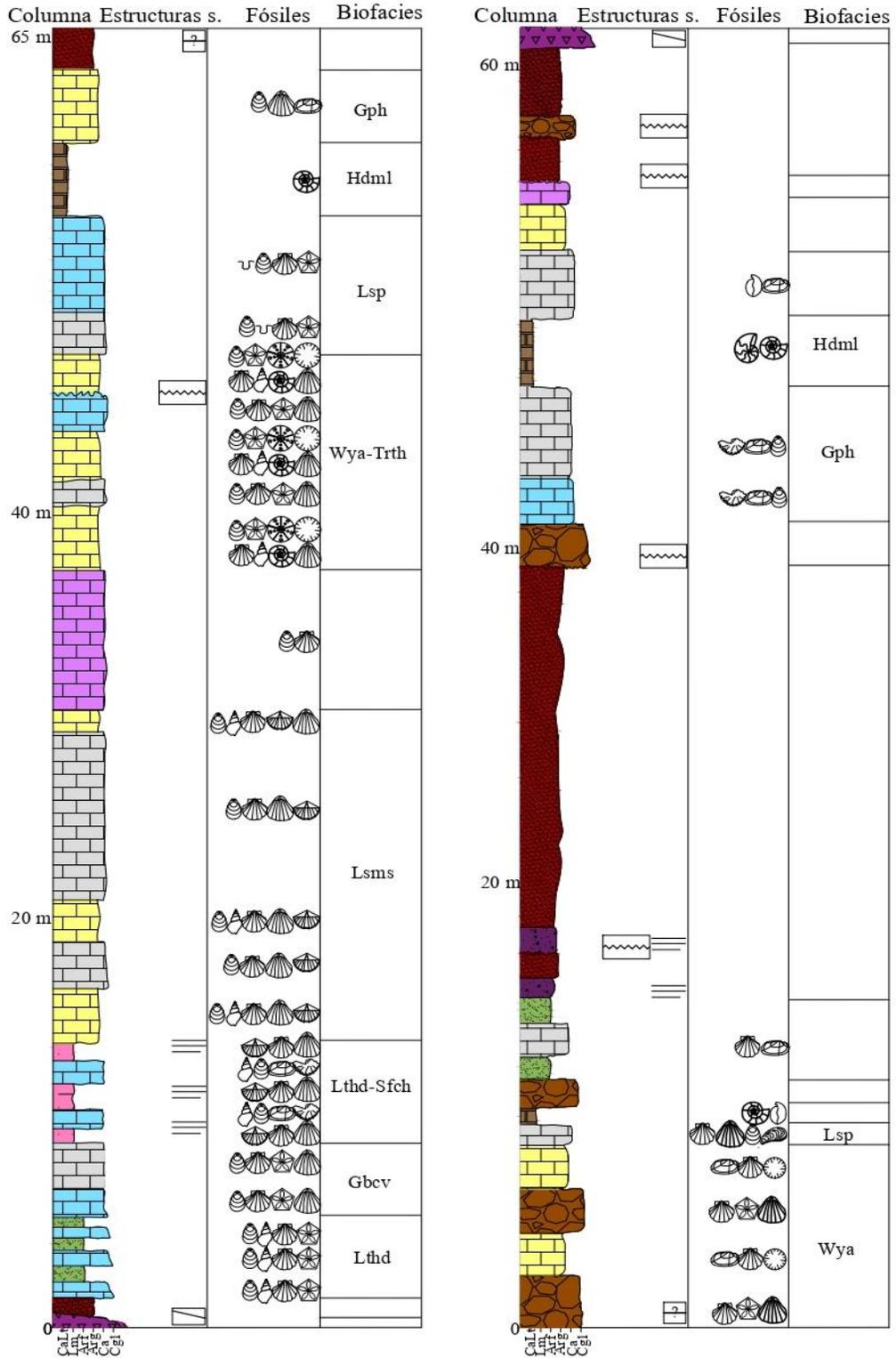


Figura 23. Muestra las biofacies correspondientes para las columnas del sector cinco (izquierda), destaca la biofacies Gbcv ya que solo aparece en esta sección, y para el sector cuatro (derecha) que destaca Wya por la cantidad de especímenes.

5.1.2. Análisis de facies.

De acuerdo a las litofacies determinadas en la estratigrafía y las biofacies se tienen los siguientes ambientes con sus respectivas facies:

Ambiente marino siliciclástico.

Facies siliciclástica *foreshore* (sfs): Compuesta por la litofacies de sublitoarenisca y areniscas cuarcíferas finas asociadas a la biofacies Gphdt que destacan por tener un modo de vida epibentónico vágil, con estados tafonómicos resedimentados y algunos acumulados. La litofacies de sublitoarenisca compuesta por fragmentos fósiles resedimentados. También se asocia la litofacies Cgl-Slar (b) que cuentan con algunos fragmentos de conchas fósiles; Y la litofacies de conglomerados con fragmentos de diversos organismos.

Ambiente marino mixto carbonáticos–siliciclásticos.

Facies carbonáticas–siliciclásticas *foreshore* (csfs): Constituida por la litofacies de Ca-Arcf, con las calizas tipo *mudstone* a *wackestone*, unas con concreciones y con fragmentos fósiles, e incluye la biofacies Wya con taxones en estado tafonómico resedimentados y algunos acumulados, y con modo de vida principalmente epibentónicos vágiles; La litofacies CaAr-Arfl con abundantes fragmentos fósiles y con las biofacies Gphd y Wya con especies que son epibentónicos vágiles y que se encuentran en estado tafonómico principalmente resedimentados y algunos acumulados; La litofacies CaAr caracterizada por abundantes fragmentos de concha fósiles, pero destacando la biofacies Gph, de modo de vida epibentónico vágiles, los taxones se encuentran en estado tafonómico acumulado; Y la litofacies de CaAr-Cgl con abundantes fragmentos de conchas fósiles, donde la biofacies de Wya presenta especímenes en estado tafonómico tanto resedimentados como acumulados y con modo de vida epibentónico vágil.

Facies carbonáticas-siliciclásticas *shoreface* (cssf): Presenta la litofacies de Ca-Arcf, con las calizas tipo *wackestone* a *packstone*, donde las biofacies de Lthd y Lsms-Sfch, con taxones con modo de vida epibentónico sésil y vágil, y con estado tafonómico principalmente acumulado; La litofacies de Ca-Lmf, con las calizas tipo *wackestone* a

packstone, con biofacies como Lhtd y Lthd-Sfch que se caracterizan por encontrarse en estado tafonómico acumulado y sus especies son epibentónicos sésiles y otros son vágiles; Y la litofacies Ca-CaAr, las calizas son tipo *wackestone* a *packstone*, con fragmentos de conchas fósiles y las biofacies Lsp, Wya-Trth y Lsms, donde sus taxones se caracterizan por estados tafonómicos acumulado y ser epibentónicos vágiles y otros sésiles.

Ambiente marino carbonático.

Facies carbonáticas *foreshore* (cfs): Presenta la litofacies Ca tipo *mudstone* o *wackestone* con abundantes fragmentos de conchas, en caso de la *wackestone*, que destaca por presentar moldes externos.

Facies carbonáticas *shoreface* (csf): Con la litofacies Ca tipo *wackestone* y *packstone*, asociadas a biofacies como Gph, Gbcv y Lsp que se caracterizan especies por presentar modos de vida epibentónicos vágiles como sésiles y algunos endobentónico; se encuentran articulados, con leves distorsión y abrasión.

Facies carbonática *offshore* (cos): Caracterizado por la litofacies CaLt que tienen oolitos férricos y/o microfósiles de forma ovoide y sin dirección, y con abundante materia orgánica. Además, presenta la biofacies Hdml con alteraciones como moldes externos e interno, fragmentos de conchas o parcialmente completas, recristalizadas o con reemplazamiento por Fe y con modo de vida nectónicos.

En las litofacies determinadas para las columnas estratigráficas hay facies que corresponderían a un ambiente continental y transicional siendo las siguientes:

Ambiente aluvial.

Facies con depósitos de flujos laminares: Esta es caracterizada la litofacies Cgl-Slar (a) y la litofacies con Cgl-ArLm con areniscas finas a limos caracterizadas por laminaciones.

Ambiente transicional.

Facies vulcano sedimentaria epiclástica: Presenta solo a la litofacies Carg-Arl que tiene estructuras como bases erosivas y laminaciones.

Las columnas estratigráficas con las facies definidas como se muestran en las siguientes figuras 24, 25 y 26:

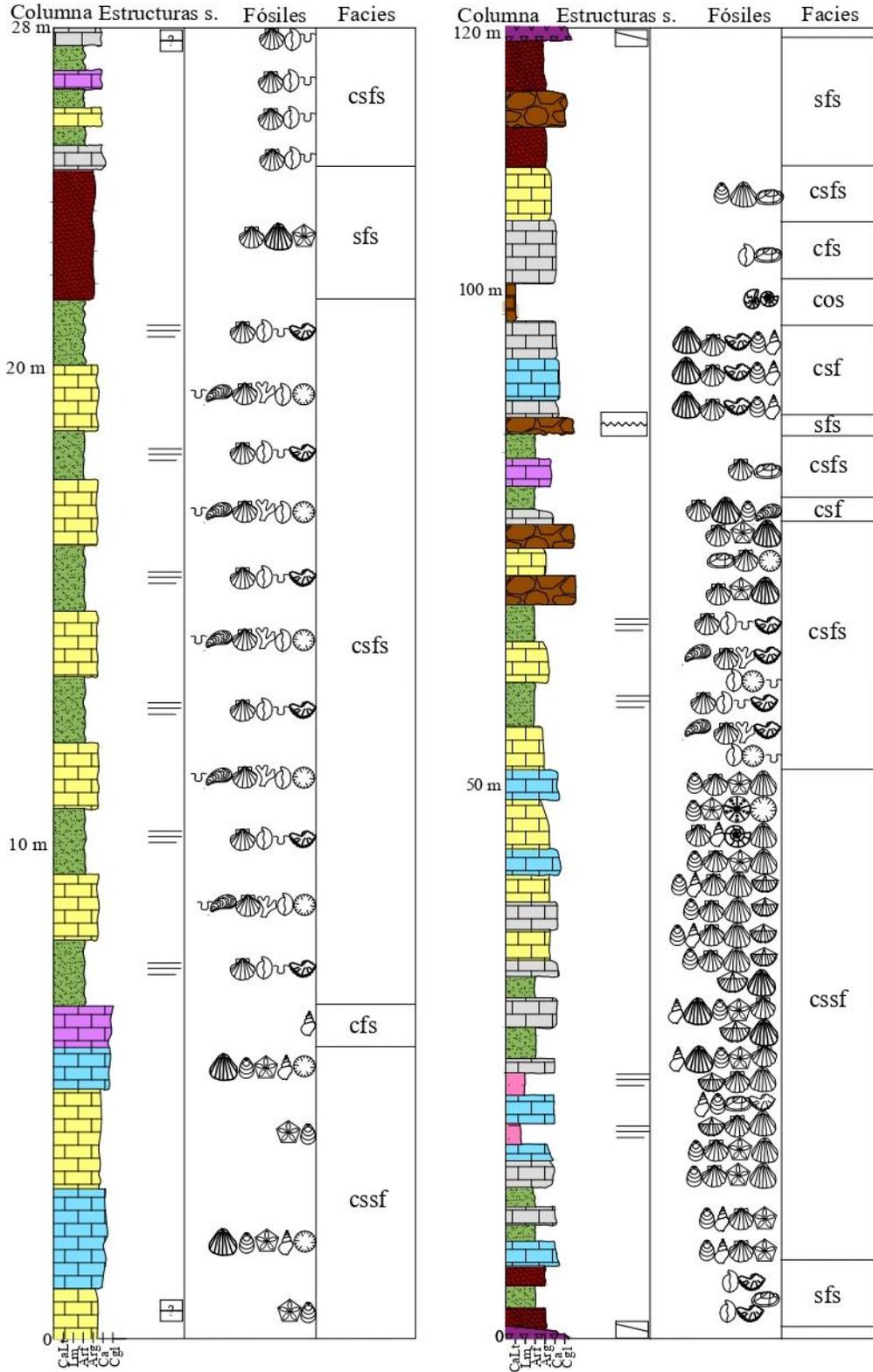


Figura 24. Muestra las columnas del sector uno (izquierda) con las de facies remarcando una zona principalmente costera y poco profunda. A la derecha las facies de la columna general para la localidad.

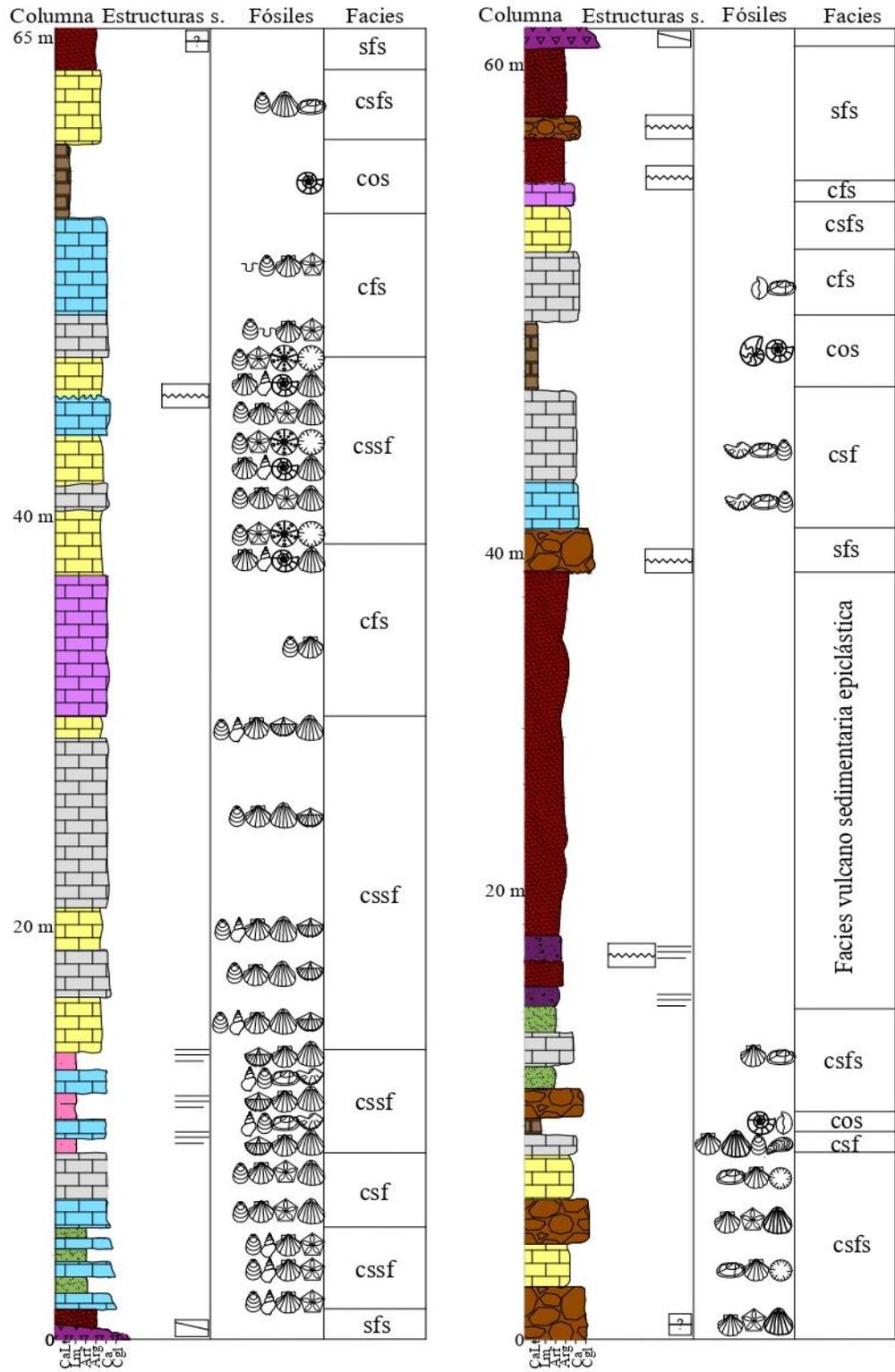


Figura 26. Figura que muestra las facies de las columnas del sector cuatro (derecha) y sector cinco (izquierda). En cuatro y cinco destaca los cambios de plataforma y cambios en la batimetría como en el techo de la columna que cambia a algo somero.

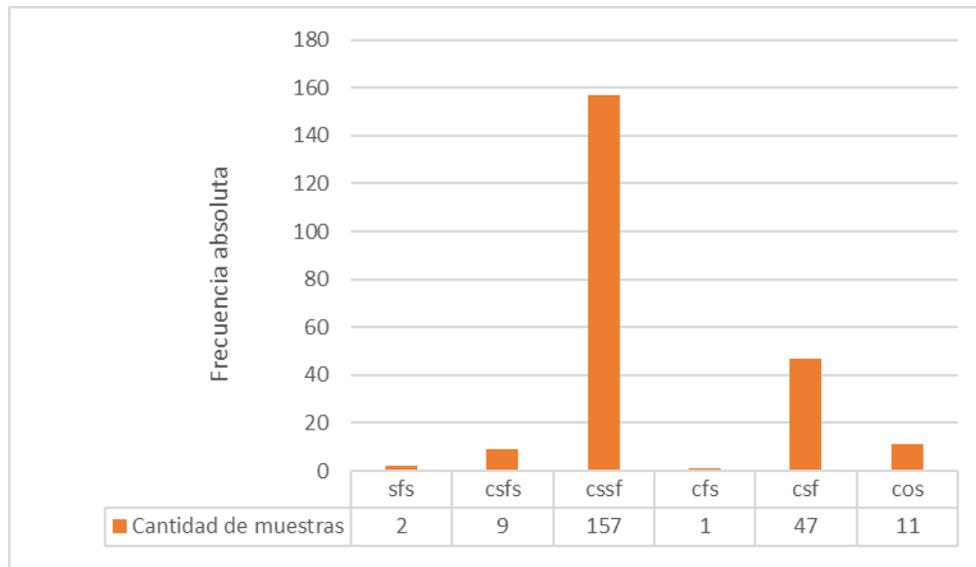


Figura 28. Gráfico tipo histograma, en este se observa que las muestras para las facies son bastante heterogéneas, destacando las facies cssf y cfs con gran cantidad debido a que la muestran están en un buen estado de conservación, su gran cantidad y variedad.

De la misma manera que fue realizado con las facies y los puntos de control, ahora se forma con las biofacies, excluye muestras reelaboradas y/o resedimentadas y las sin taxón identificable (observa la siguiente figura 29).

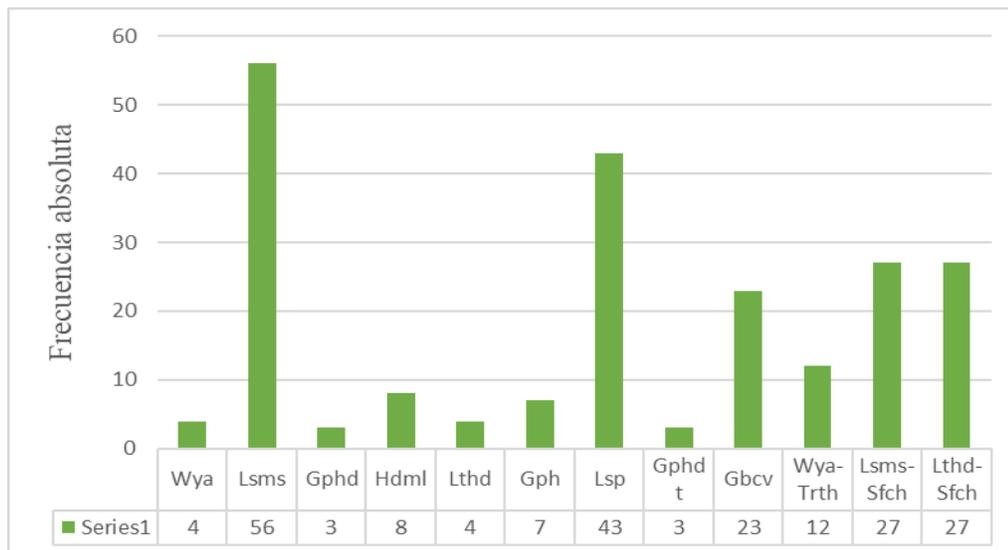


Figura 29. Gráfico tipo histograma en la destaca la heterogeneidad de las muestras para las biofacies, donde destaca la baja cantidad de muestras para las biofacies Gphd y Gphdt , por el contrario, la alta cantidad de muestras para las biofacies Lsms y Lsp. Además, la biofacies Lsms es donde se encuentra la facies cssf que está en el punto 23.

Se realizaron los índices de diversidad y la riqueza para cada facies y biofacies (ver Anexos 8 y 9) obteniendo las siguientes Figuras 30, 31, 32, 33, 34 y 35:

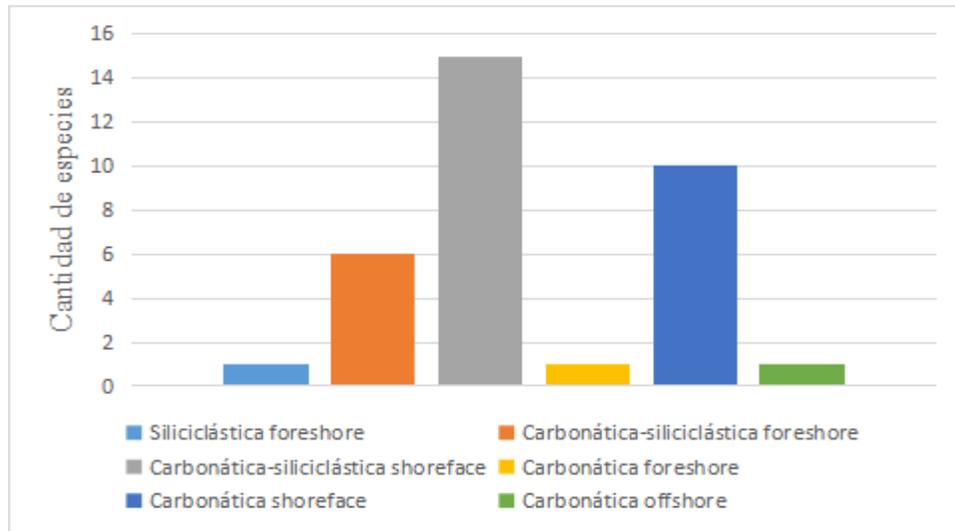


Figura 30. Gráfico que representa la cantidad de especies encontradas para cada facies. Destaca la gran cantidad de especies para la facies csf y cssf. En cambio, las facies como sfs y cfs tiene pocas especies debido a que a la mayoría de muestras corresponden a fragmentos. También se observa la heterogeneidad en la cantidad de especies para las facies.

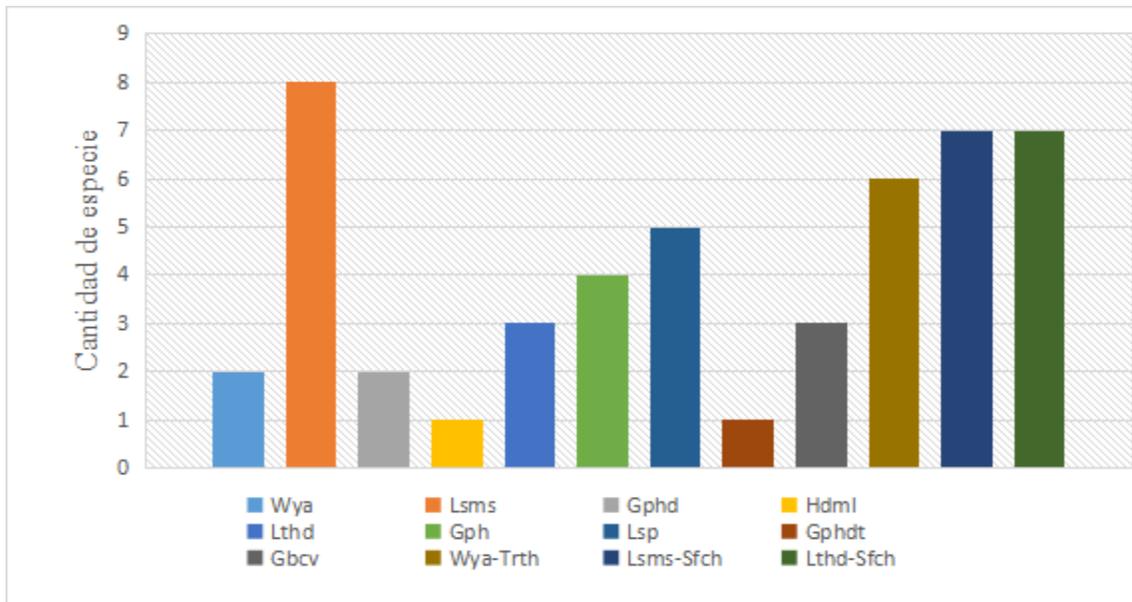


Figura 31. Gráfico que representa las cantidades de especies para cada biofacies. Sobresalen las biofacies Lsms, Lthd-Sfch, Wya-Trth y Lsms Sfch, todas perteneciendo a la facies cssf que en el gráfico anterior también destaca. Además, se enfatiza en la heterogeneidad de la cantidad de especies para cada biofacies.

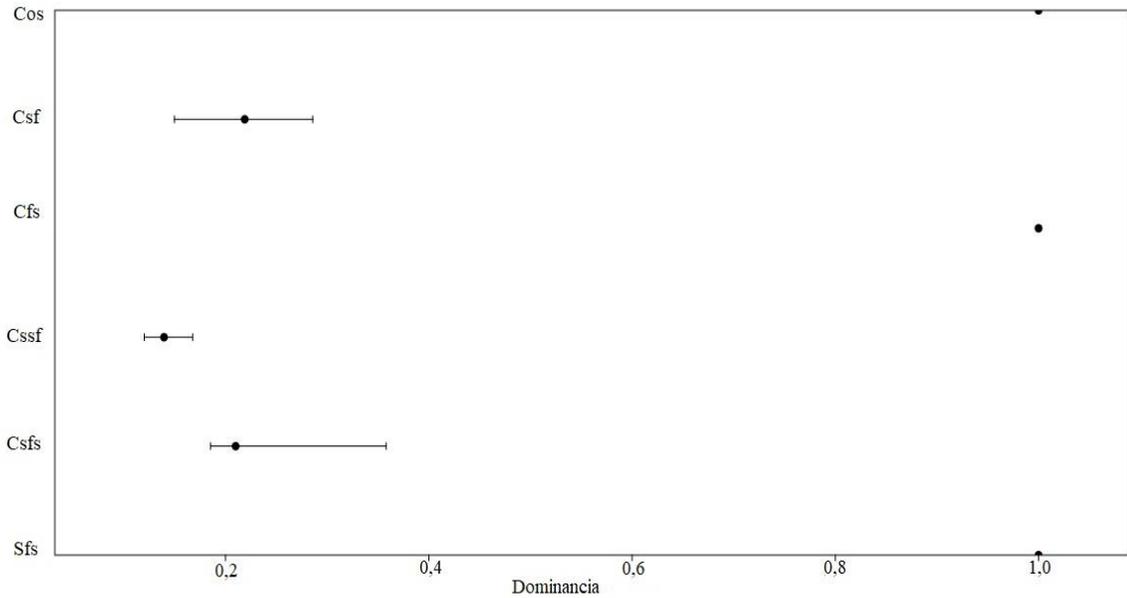


Figura 32. Gráfico que representa la dominancia de una especie en las facies de acuerdo a la cantidad de especímenes del taxón. El caso de las facies cos, cfs y sfs presentan un taxón dominante ya solo presentan una sola especie, *Hildaites cf. murleyi*, en el caso de cos, *Gryphaea cf. dumortieri*, en el caso de sfs y *Pholadomya fidicula*, para cfs. En el caso las facies de cssf, csf y csfs no hay un taxón dominante producto a la diversidad es especies.

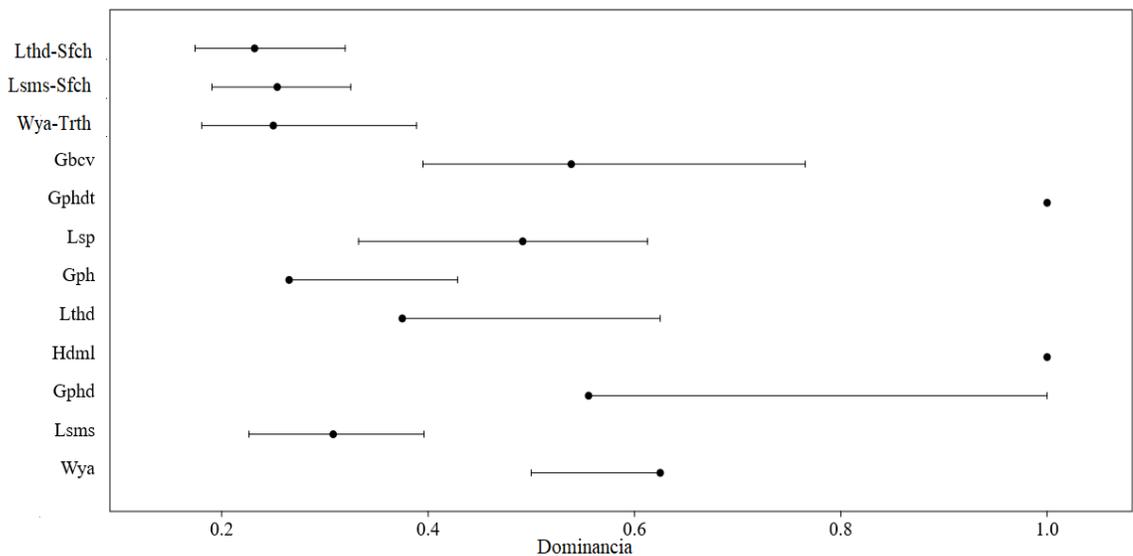


Figura 33. Gráfico que representa la dominancia de un taxón en las biofacies. Resalta la biofacies Hdml y Gphdt que coinciden con lo mencionado en el gráfico de dominancia para las facies. Por el contrario, las menos dominante como Wya-Trth, Lsms-Sfch, Wya-Trth y Lsms que justamente pertenecen a las facies con menos dominancia.

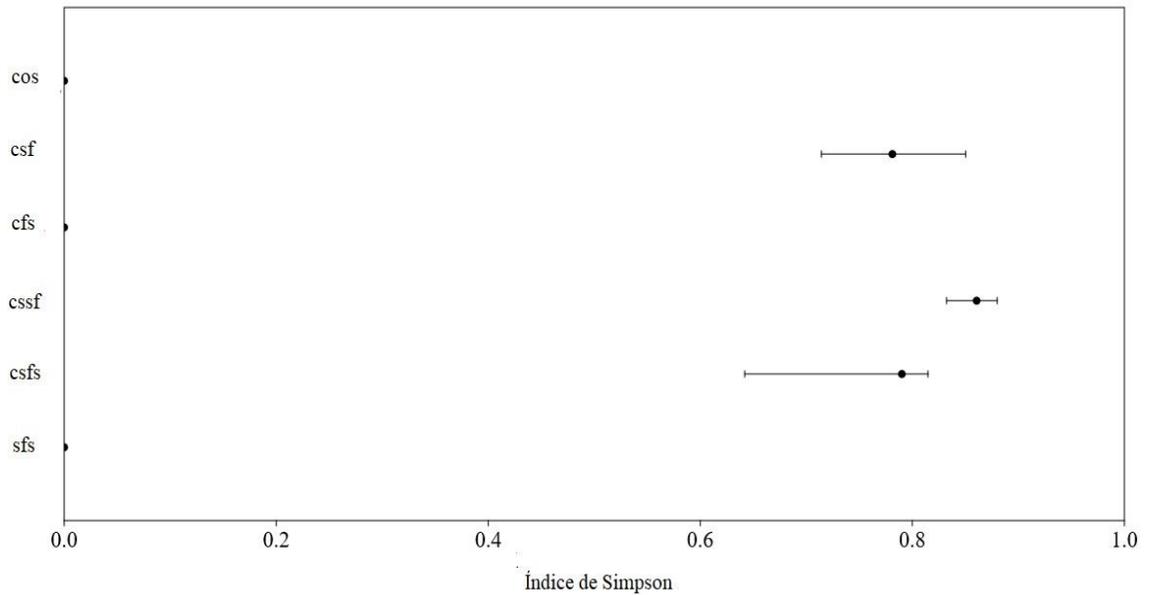


Figura 34. Gráfico que representa la diversidad para cada facies. El caso de las facies cos, sfs y cfs al tener un taxón y al ser dominante tienen diversidad 0. Las facies cssf, csfs y csf tienen mayor diversidad a tener mayor cantidad de especies.

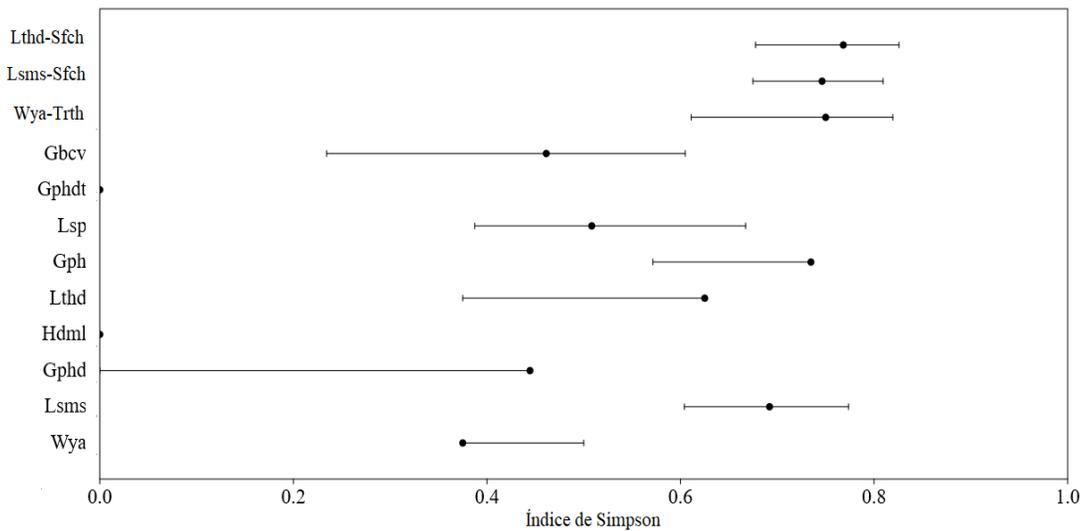


Figura 35. Gráfico de índice de diversidad para las biofacies. Se observa nula diversidad para las biofacies Hdml y Gphdt consistente con los índices para las facies cos y sfs a las que relacionadas estas biofacies. Para el resto de biofacies se observa una alta diversidad donde resaltan las biofacies Wya-Trth, Lsms-Sfch, Wya-Trth y Lsms.

Otra forma de observar la diversidad y riqueza de especies es por medio de las curvas de rarefacción (ver figuras 36 y 37):

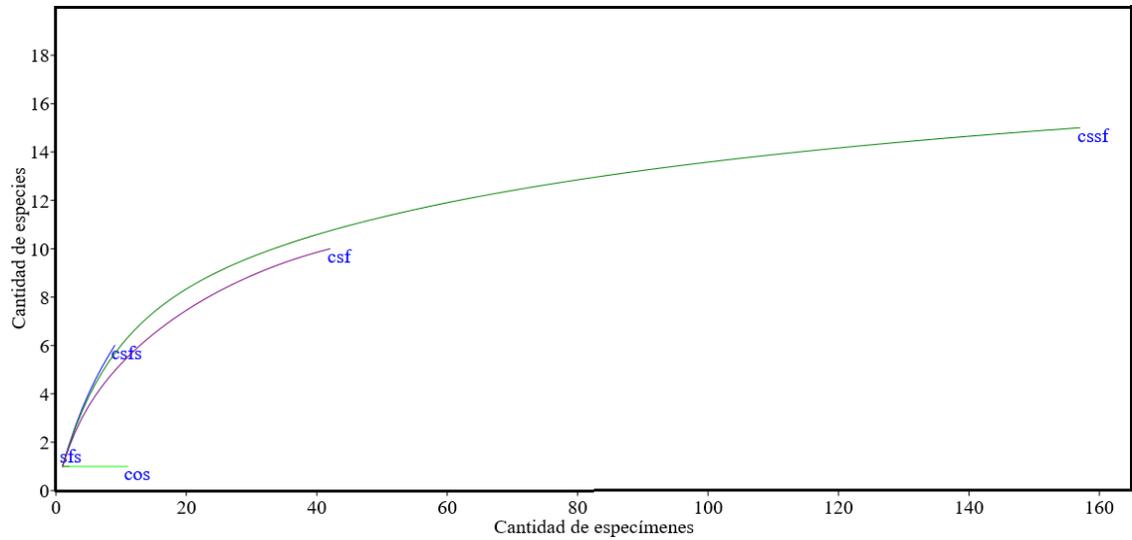


Figura 36. Gráfica de las curvas de rarefacción de las facies. El caso de las facies csf y cssf presenta una meseta cercana a su asíntota. Por el contrario, la facies csfs con curva pronunciada indicando que podrían encontrar más taxones. Y, por último, están los casos de las facies cfs, sfs y cos que son líneas rectas por presentar solo una especie.

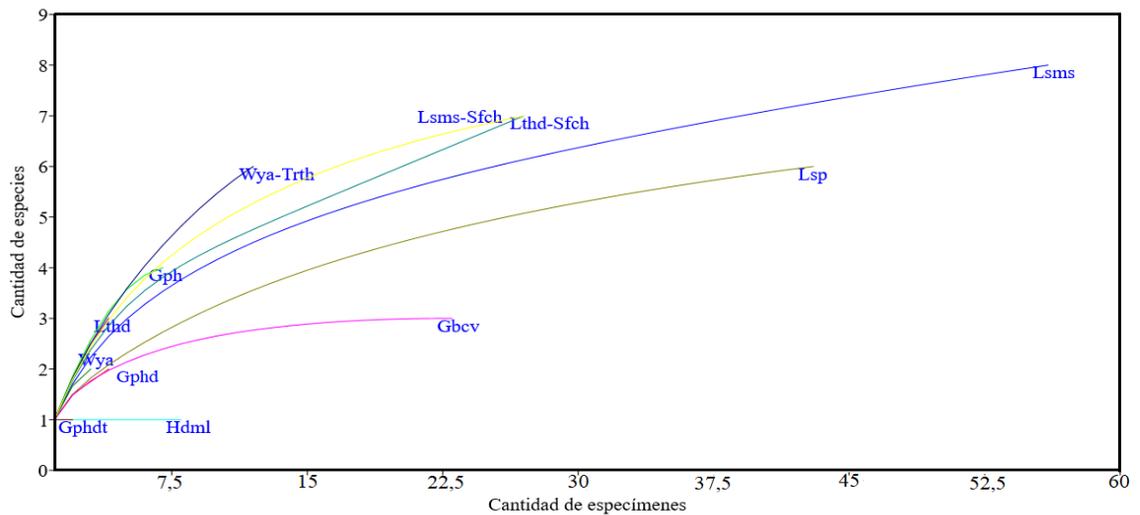


Figura 37. Gráfica de las curvas de rarefacción de acuerdo a las biofacies. Destaca las biofacies Lsms-Sfch, Lthd-Sfch, Lsms Lsp y Gbcv con curvas llegando a sus asíntotas. En cambio, las biofacies Lthd, Wya, Gphd, Gph y Wya-Trth, con curvas muy pronunciadas por lo que con un mayor muestreo podrían llegar a sus asíntotas. Y, por último, se tiene el caso de las biofacies Gphdt y Hdml que al tener solo una especie se representa como una línea recta.

De acuerdo de los *FAD* y *LAD* de los taxones determinados en resultado de Taxonomía (descritos como edad), se genera las biozonas de extensión de taxón, acotados al Jurásico inferior (ver Figura 39). Se excluyeron los fósiles de *Montlivaltia* sp., *Pentracrinus* sp., equinodermo de la familia Orthopsidae, *Thalassinoide* sp. y el briozoo del orden Cyclostomata por tener un rango de edad amplio. Mientras que los taxones *Pholadomya* sp., *Weyla* cf. *bodenbenderi*, *Modiolus* sp., el cefalópodo de la subfamilia Dactyloceratinae y el de la familia Nautilidae fueron excluidos por estar reelaborados o resedimentado.

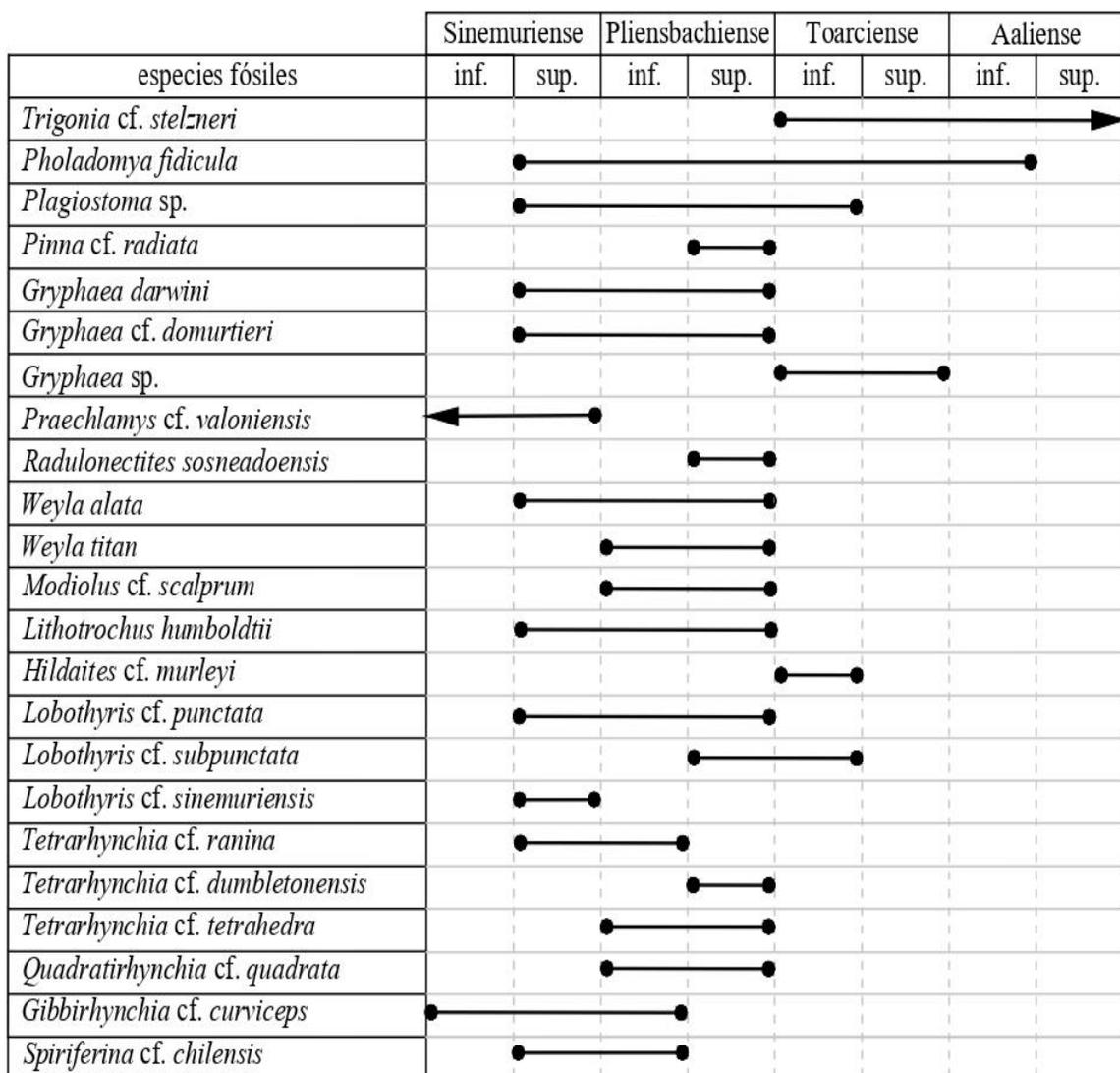


Figura 39. Esta presenta la extensión cronológica que tiene cada especie encontrada en la Quebrada Pinte. Los círculos rellenos indican inicio y final, mientras que las flechas indican continuidad en la extensión.

5.1.1. Análisis de biozonas

De la tabla anterior que reúne las biozonas de extensión de taxón se pueden observar diversos tipos de biozonas (ver Figuras 40, 41, 42, 43 y 44).

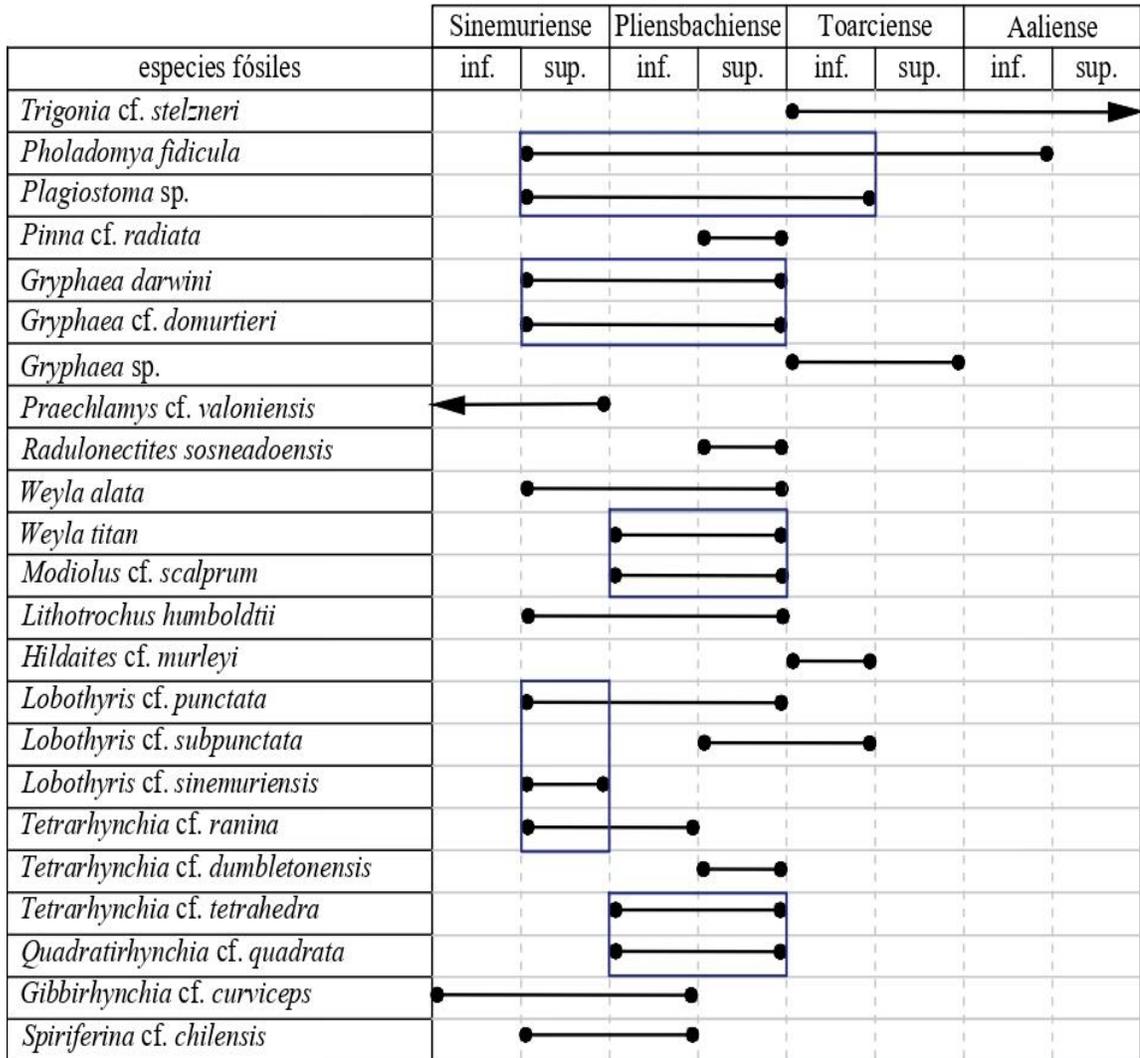


Figura 40. Análisis de biozona por apariciones coincidentes. En los cuadrados azul se abarcan aquellos grupos que presentan una biozona de apariciones coincidentes en base de las especies, divididas en bivalvos, gastrópodos, y braquiópodos.

especies fósiles	Sinemuriense		Pliensbachiense		Toarciense		Aaliense	
	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.
<i>Trigonia</i> cf. <i>stelzneri</i>					●	→		→
<i>Pholadomya</i> <i>fidicula</i>	●	→					●	
<i>Plagiostoma</i> sp.	●	→			●			
<i>Pinna</i> cf. <i>radiata</i>			●	●				
<i>Gryphaea</i> <i>darwini</i>	●	→		●				
<i>Gryphaea</i> cf. <i>domurtieri</i>	●	→		●				
<i>Gryphaea</i> sp.					●	→	●	
<i>Praechlamys</i> cf. <i>valoniensis</i>	←	●						
<i>Radulonectites</i> <i>sosneadoensis</i>				●	●			
<i>Weyla</i> <i>alata</i>	●	→		●	●			
<i>Weyla</i> <i>titan</i>			●	→	●			
<i>Modiolus</i> cf. <i>scalprum</i>			●	→	●			
<i>Lithotrochus</i> <i>humboldtii</i>	●	→			●			
<i>Hildaites</i> cf. <i>murleyi</i>					●	→	●	
<i>Lobothyris</i> cf. <i>punctata</i>	●	→			●			
<i>Lobothyris</i> cf. <i>subpunctata</i>				●	→	●		
<i>Lobothyris</i> cf. <i>sinemuriensis</i>	●	→	●					
<i>Tetrahynchia</i> cf. <i>ranina</i>	●	→		●				
<i>Tetrahynchia</i> cf. <i>dumbletonensis</i>				●	→	●		
<i>Tetrahynchia</i> cf. <i>tetrahedra</i>			●	→	●			
<i>Quadratirynchia</i> cf. <i>quadrata</i>			●	→	●			
<i>Gibbirynchia</i> cf. <i>curviceps</i>	●	→	●					
<i>Spiriferina</i> cf. <i>chilensis</i>		●	→	●				

Figura 41. Análisis de biozonas por apariciones sucesivas. Los rectángulos rojos representan aquellos taxones relacionados y con biozona de apariciones sucesivas, como son el caso de los géneros *Tetrahynchia* y *Weyla*.

especies fósiles	Sinemuriense		Pliensbachiense		Toarciense		Aaliense	
	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.
<i>Trigonia cf. stelzneri</i>					●	→		
<i>Pholadomya fidicula</i>		●			→			●
<i>Plagiostoma sp.</i>		●			→	●		
<i>Pinna cf. radiata</i>				●	→	●		
<i>Gryphaea darwini</i>		●			→	●		
<i>Gryphaea cf. domurtieri</i>		●			→	●		
<i>Gryphaea sp.</i>					●	→		●
<i>Praechlamys cf. valoniensis</i>	←		●					
<i>Radulonectites sosneadoensis</i>				●	→	●		
<i>Weyla alata</i>		●			→	●		
<i>Weyla titan</i>			●		→	●		
<i>Modiolus cf. scalprum</i>			●		→	●		
<i>Lithotrochus humboldtii</i>		●			→	●		
<i>Hildaites cf. murleyi</i>						●	→	●
<i>Lobothyris cf. punctata</i>		●			→	●		
<i>Lobothyris cf. subpunctata</i>				●	→	●		
<i>Lobothyris cf. sinemuriensis</i>		●	●					
<i>Tetrahynchia cf. ranina</i>		●		●				
<i>Tetrahynchia cf. dumbletonensis</i>				●	→	●		
<i>Tetrahynchia cf. tetrahedra</i>			●		→	●		
<i>Quadratirhynchia cf. quadrata</i>			●		→	●		
<i>Gibbirhynchia cf. curviceps</i>	●	→	●					
<i>Spiriferina cf. chilensis</i>		●		●				

Figura 42. Análisis de biozonas con extinciones coincidentes. Los rectángulos de color verde abarcan las biozonas con extinciones coincidentes de acuerdo a la última aparición de los taxones, destacando el gran número de especies con última aparición en Pliensbachiense superior.

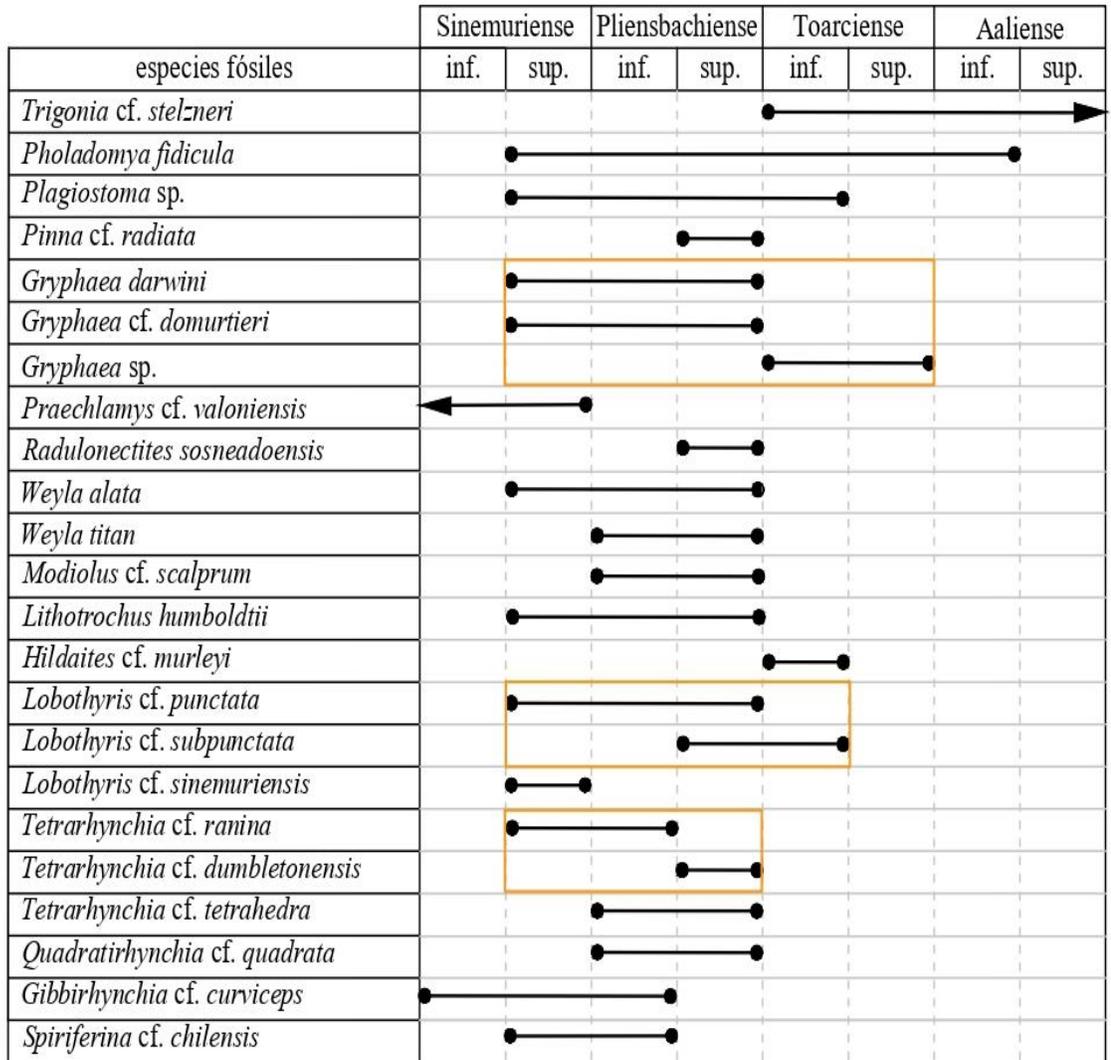


Figura 43. Análisis de biozonas con extinciones sucesivas. Los rectángulos de color anaranjados representan las biozonas de extinciones sucesivas destacando solo los bivalvos del género *Gryphaea* y braquiópodos de los géneros *Lobothyris* y *Tetrarhynchia*.

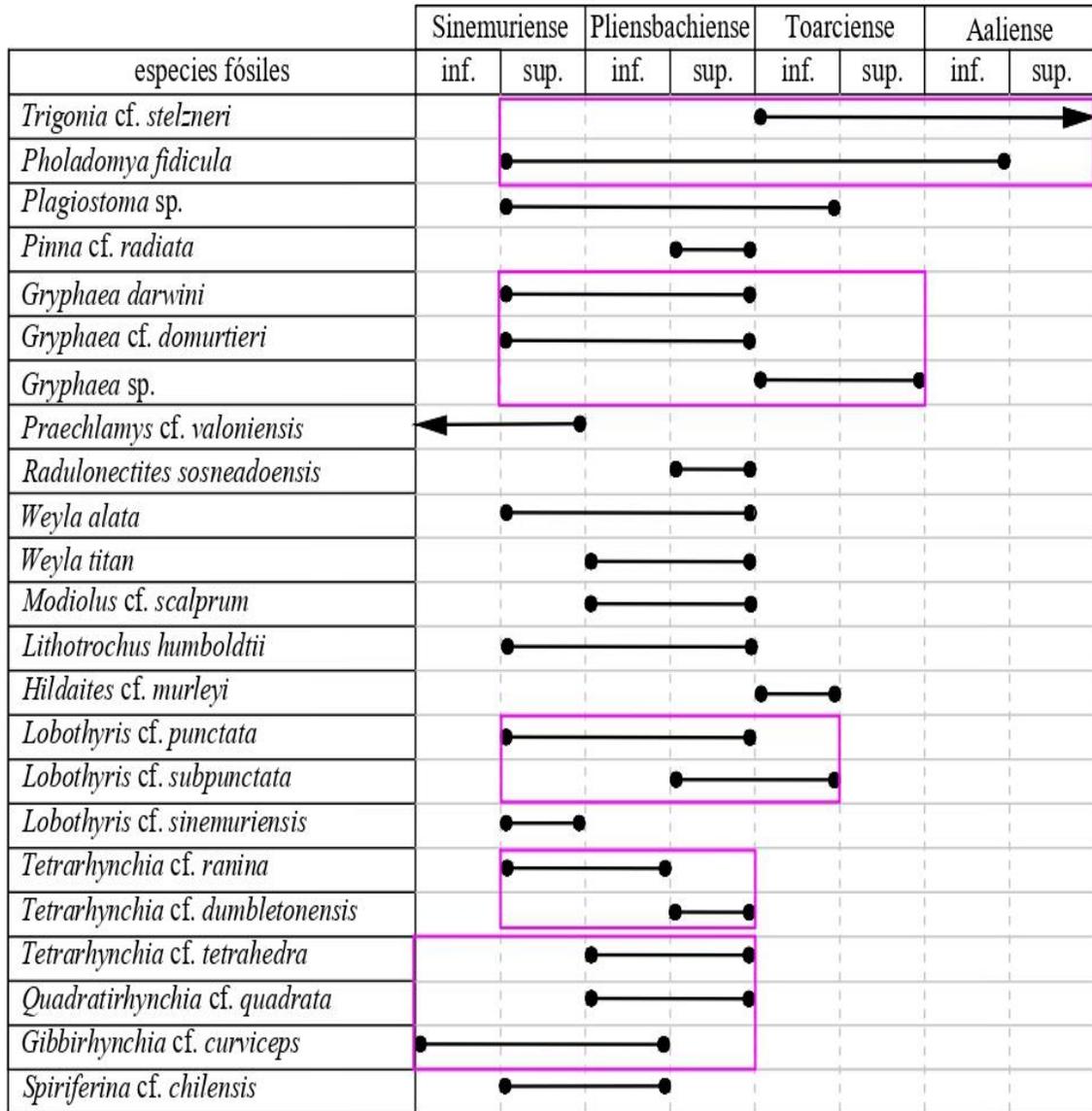


Figura 44. Análisis de biozona de intervalo. Los rectángulos de color rosado representan las biozonas de extensión corcondante para taxones no relacionados.

5.1.2. Biocronoestratigrafía

Con la información de la biozona de abundancia, las biocorrelaciones más importantes como biozonas apariciones y extinciones coincidentes y de intervalo, se tiene los siguientes biocrones en la siguiente Figura 45.

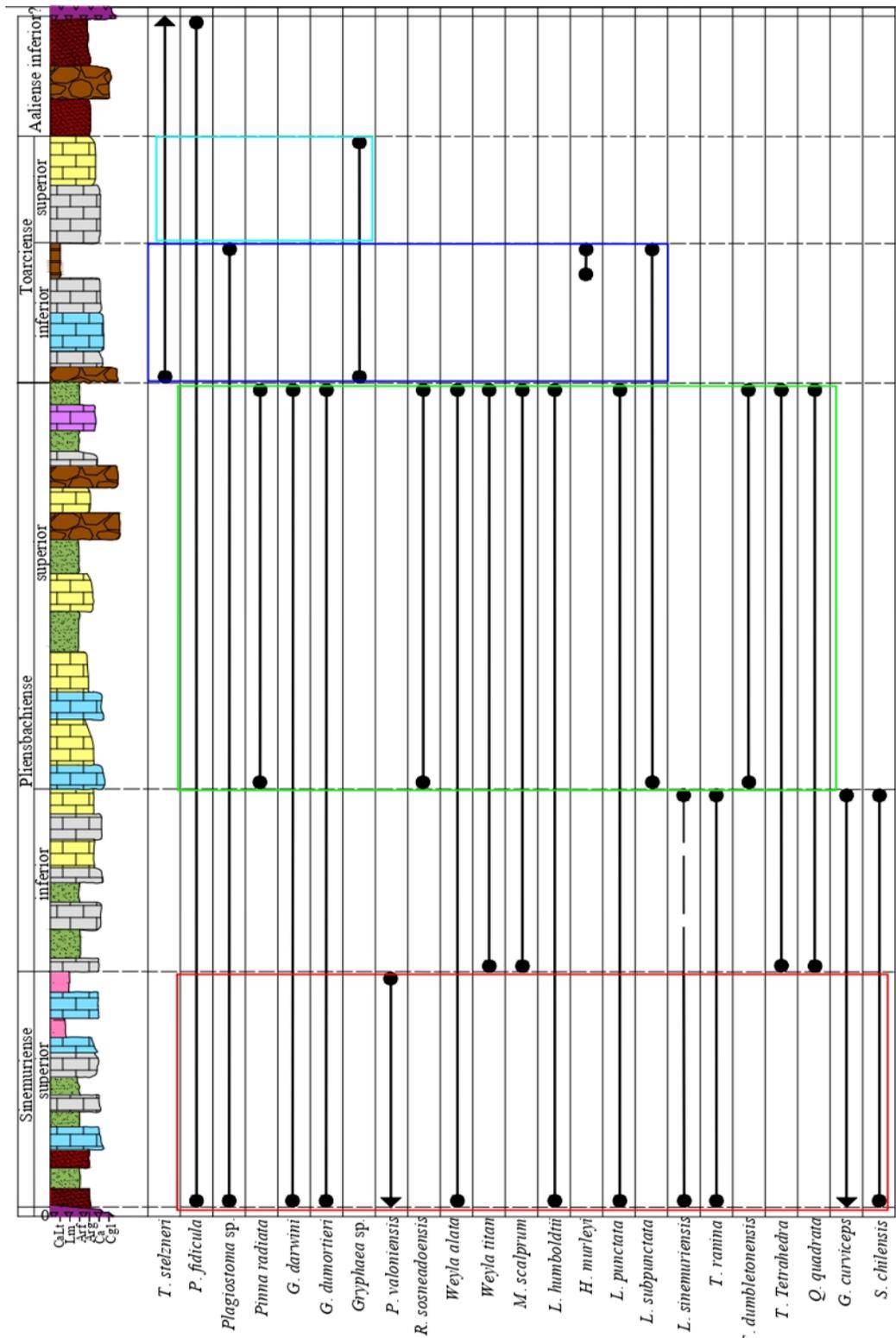


Figura 45. Análisis bioestratigráfica. Los rectángulos de colores representan los biocrones a partir de las biozonas con mayor valor cronoestratigráfico.

5.5. Rutas paleontológicas

El sector cuatro, conocido como “La Pirámide” tiene potencial para ser una ruta paleontológica, debido a su contenido fósil, su información estratigráfica, accesibilidad y ubicación (ver la Figura 46).

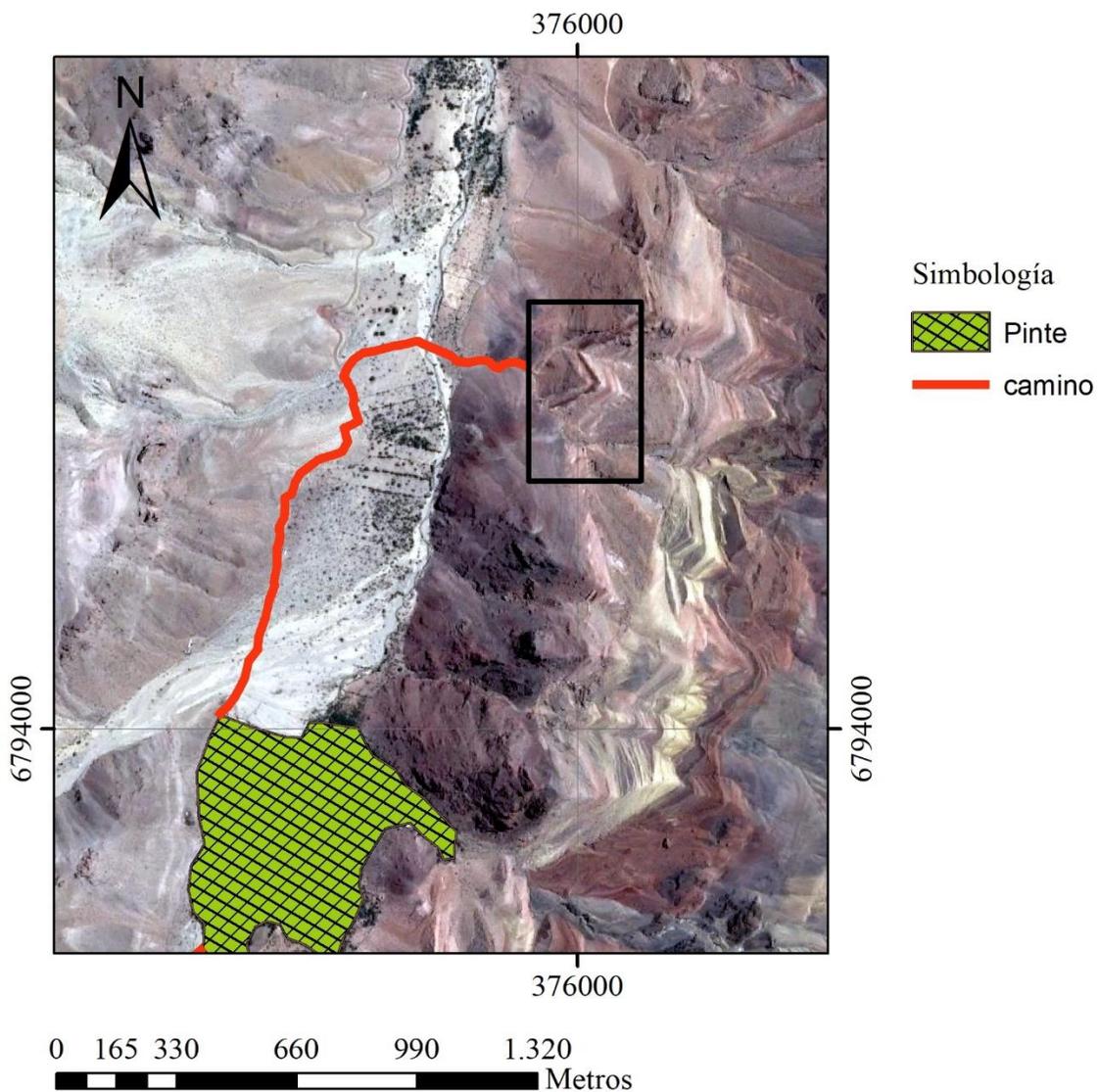


Figura 46. Mapa de la ubicación y acceso de la potencial ruta paleontológica de La Pirámide. En el rectángulo se ubica el sector de La Pirámide.

En la entrada de La Pirámide se encuentran, de techo a base, estratos volcánicos con rocas de composición andesítica que sobreyacen a estratos de areniscas gruesas con abundantes fragmentos fósiles y estratos de conglomerados calcáreos. Avanzando por la Quebrada por la parte derecha se observarán desde techo a base estratos de calcarenitas y

calizas *mudstone* con fragmentos fósiles y algunos moldes de *Pholadomya fidicula*, a unos metros se encuentran estratos de calcilitas con moldes y fragmentos de *Hildaites* cf. *murleyi*, posteriormente calizas *packstone* con *Gryphaea* sp., *Pholadomya fidicula* y *Lobothyris* cf. *subpunctata*, para luego tener un estrato métrico de conglomerados calcáreos con base erosiva y que se encuentra por sobre las cuarzo areniscas que están en alternancia con las areniscas líticas. Posteriormente se encuentra una intercalación de areniscas finas con calizas *mudstone* seguido por un estrato de conglomerados calcáreos, calcilitas con impresiones de ammonoideos, luego caliza *wackestone* en el que se pueden observar especies como *Weyla alata*, *Modiolus* cf. *scalprum*, *Pinna* cf. *radiata* y *Lobothyris* cf. *subpunctata*, para terminar con una intercalación entre calcarenitas y conglomerados con abundantes fragmentos y con especies identificables como *Weyla alata* y *Radulonectites sosneadoensis*.

Se adjunta imagen detallada de la infografía, a modo de tríptico, en la siguiente Figuras 47 y 48.

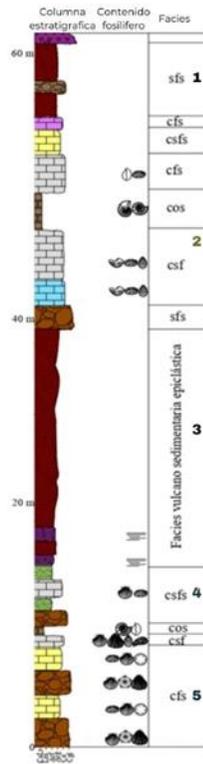


Tabla con leyenda y simbología para la columna estratigráfica

Leyenda	Simbología
Calcarenia	Ammonoidea
Caliza Pectonaria	Bivalvia
Caliza Wackentaria	Brachiopoda
Caliza	Crinideo
Calcheta	Hexacoral
Arénica fina	Myriozoa
Arénica gruesa	Narizoides
Conglomerado	Ostrido
Arénica volcánica	Peciliado
Andesita	Rincónido
	Terebinta
	Laminación
	Contacto desconocido
	Conformidad
	Discontinua erosiva

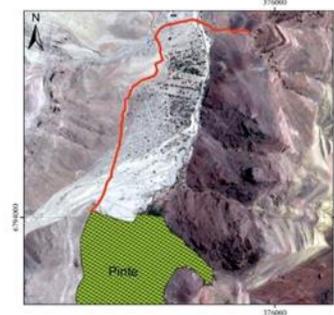
Tabla cronestratigráfica con las edades relacionadas a los estratos de localidad

Periodo	Etapa	Subetapa	Edad (Ma)
Jurásico	Superior	Titánico	152.1 ± 0.2
		Kimmeridgiano	157.3 ± 1.0
	Medio	Oxfordiano	163.5 ± 1.0
		Calloviano	166.1 ± 1.2
		Opocano	166.3 ± 1.3
Inferior	Austriaco	175.3 ± 1.4	
	Toarciano	174.1 ± 1.0	
	Phoeniciaquiano	182.7 ± 0.7	
	Triásico	190.8 ± 1.0	
Mesozoico	Cretácico	Sinemuriense	199.3 ± 0.3
		Hettangiano	201.3 ± 0.2
	Triásico	Rhaetiano	~208.5

Tabla con las abreviaturas y sus significado

Facies	Ambiente relacionado
carbonática offshore (cos)	Marino profundo
carbonáticas shelface (csf)	Marino poco profundo
carbonáticas foreshore (cfs)	Marino costero
carbonáticas-silicilásticas shelface (cssf)	Marino poco profundo
carbonáticas-silicilásticas foreshore (csfs)	Marino costero

UNIVERSIDAD DE ATACAMA
Ruta paleontológica
LA PIRÁMIDE



¡AVISO IMPORTANTE!

- La extracción y comercio de fosiles esta penado por ley 17.288.
- Use bloqueador solar e hidrátese.
- No alimente a la fauna silvestre y cuide la flora local.
- Cuidado con los pumas.

Figura 47. Parte frontal de tríptico que reúne la infografía mas detallada de la ruta paleontológica propuesta para el sector La Pirámide.

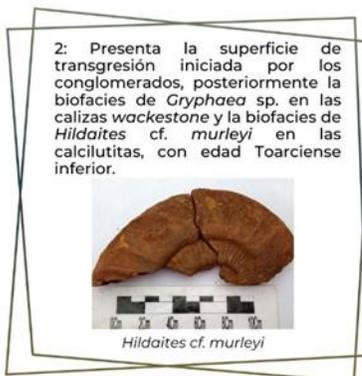


Figura 48. Parte interna del tríptico, donde se detalla las litofacies y las especies fósiles destacadas en los diferentes sectores de la ruta paleontológica.

CAPÍTULO VI: Discusiones.

6.1. Geología.

En el área de estudio se encontraron unidades ígneas y volcánicas que tienen la siguiente descripción:

Unidad de dioritas, ubicada en el sector tres, consta de rocas de composición principalmente de diorita con piroxenos y biotitas, que se encuentran foliadas. Por lo que, la unidad es correlacionable con la unidad de Dioritas de Quebrada Pinte que describe Salazar *et al.* (2013).

Unidad de andesitas presentes en el sector dos y cinco, se encuentra rocas estratificadas de composición andesítica, con textura porfírica de cristales de plagioclasas con masa fundamental afanítica. También hay rocas de composición basáltica. La unidad es correlacionable a las rocas pertenecientes a la Formación La Titora descritas por Salazar *et al.* (2013), en Quebrada Pinte.

La unidad volcánica consta de rocas estratificadas que en su base presenta brechas volcánicas con clastos de calcarenitas, calizas y areniscas. Presenta a su vez, andesitas estratificadas con textura porfírica con fragmentos de cristales de plagioclasa y una masa afanítica. Además, presenta rocas de origen piroclástico. La unidad es correlacionable a la Formación Algarrobal mencionadas por Salazar *et al.* (2013).

6.2. Taxonomía.

A los taxones identificados en los resultados de taxonomía como *Lobothyris* cf. *sinemuriensis* y *Quadratirhynchia* cf. *quadrata*, Aberhan (1993a), los identificó como *Lobothyris* cf. *ovatissima* y *Quadratirhynchia* *crassimedia*. La diferencia es que los fósiles identificados por Aberhan (1993a), como *Lobothyris* cf. *ovatissima* tiene un umbo pequeño y poco globoso, foramen pequeño y de pared delgada, la forma circular y pequeña, y ausencia de líneas de crecimiento o poca cantidad de éstas. Mientras que las muestras encontradas en este estudio tienen un umbo grande y globoso, formas alargadas a subredondeadas y de gran tamaño, líneas de crecimiento bien marcadas y un foramen grande y labiado por anillos deltiliales, características que posee la especie *Lobothyris* cf. *sinemuriensis*. Otra diferencia que la edad de *Lobothyris* cf. *ovatissima* en la actualidad es

Hettangiense superior a Sinemuriense inferior (Almerás y Fauré, 2007). y las unidades sedimentarias marinas son del Sinemuriense superior de acuerdo a los biocrones obtenidos en los resultados de bioestratigrafía.

Las muestras identificadas por Aberhan (1993a), como *Quadratirhynchia crassimedia* tienen costillas tipo “crassimedia” que se caracterizan por ser oblicuas en el pliegue, mientras que las muestras encontradas tienen costillas tipo “quadrata” que se caracterizan por ser rectas en el pliegue, como señala Sanz (2011), para *Quadratirhynchia quadrata*.

Los taxones *Tetrarhynchia* cf. *ranina*, *Tetrarhynchia* cf. *dumblentonensis*, *Hildaites* cf. *murleyi* y *Trigonia* cf. *stelzneri* y la presencia de cefalópodos de la familia Nautilidae, briozoo del orden Cyclostomata y equinodermos de la familia Orthopsidae, son inéditos para Quebrada Pinte, ya que no presentan mención en estudios anteriores.

6.2. Estratigrafía y Bioestratigrafía.

Las características litológicas de la unidad sedimentaria marina de Quebrada Pinte como las calcarenitas calizas *mudstone*, *wackestone* a *packstone*, areniscas calcáreas y fósiles como *Weyla alata*, *Spiriferina* cf. *chilensis*, *Gryphaea darwini*, *Lithotrochus humboldtii* y los braquiópodos del género *Lobothyris* son concordantes a la Formación Lautaro descrita por Salazar et al. (2013), Jensen (1976), Hillebrandt (1971) y Aberhan (1993a).

Con el análisis de facies se logró determinar tres tipos de ambientes marinos, siliciclástico, carbonático y mixto siliciclástico-carbonático, diferenciándose de los descritos por Aberhan (1993a), principalmente en el carbonático, ya que en este estudio fue subdividido en las facies de acuerdo a la profundidad, pero perteneciendo al mismo ambiente, mientras que Aberhan (1993a), el carbonático lo divide en dos tipos de ambientes diferentes de acuerdo a la profundidad. También hay diferencias en las biofacies ligadas a los ambientes como en el siliciclástico teniendo a la biofacies *Gryphaea* cf. *dumortieri*, mientras que Aberhan (1993a), menciona para el siliciclástico poco profundo la biofacies de *Parallelodon hirnoensis*. Además, hay similitudes en algunas biofacies con sus respectivos ambientes, como son el caso de la biofacies de

braquiópodos para el ambiente carbonático intermedio con el ambiente carbonático *shoreface*; también está la similitud de la biofacies de *Gryphaea* sp. en el ambiente carbonático profundo en ambos estudios.

En el análisis de facies se determinó dos ambientes que no son mencionados con anterioridad y que son el ambiente aluvial y el transicional, con sus facies de depósito de flujos laminares y la facies vulcano sedimentaria epiclástica, respectivamente.

El inicio de la sedimentación marina se observa principalmente en la columna dos y la cinco (ver Anexos 2 y 5) teniendo como base unidades volcánicas y posteriormente unidades de sedimentos marinos con facies siliciclástica *foreshore* que tiene biofacies de *Gryphaea dumortieri*, indicando una transgresión que se fue dando de forma constante en el tiempo ya que se pasa a facies carbonáticas-siliciclásticas *shoreface* con biofacies *Lithotrochus humboldtii-Spiriferina chilensis* y/o *Lithotrochus humboldtii*, ambos con especímenes en estado tafonómico acumulado y modo de vida epibentónico sésil. Este evento de transgresión coincide con los *FAD* de taxones como *Lobothyris* cf. *punctata*, *Lobothyris* cf. *sinemuriensis*, *Gibbirhychia* cf. *curviceps*, *Spiriferina* cf. *chilensis*, *Weyla alata*, *Lithotrochus humboldtii*, *Plagiostoma* sp., *Gryphaea darwini*, *Gryphaea* cf. *dumortieri*, *Tetrarhynchia* cf. *ranina* y *Pholadomya fidicula*, y con el *LAD* de *Praechlamys valoniensis* que están incluidas el biocrón con edad acotada al Sinemuriense superior. Esta edad y evento de transgresión son consistentes con lo documentado por Aberhan (1993a y 1993b), Salazar *et al.* (2013), Hillebrandt (1971 y 1973), y Jensen (1976).

En las columnas dos, cuatro y cinco (ver Anexos 2, 4 y 5) se observa un cambio de facies iniciando con siliciclástica *foreshore* con litofacies de conglomerados con base erosiva y con abundantes fragmentos fósiles. Luego se encuentra la facies de carbonáticas *shoreface* con litofacies calizas de tipo *wackestones* a *packstone* con biofacies de *Gryphaea* sp. o *Lobothyris* cf. *subpunctata*. Y termina en una facies carbonática *offshore* con litofacies de calcilitas con materia orgánica, con oolitos férricos y/o microfósiles y con biofacies de *Hildaites* cf. *Murleyi*, taxón que pertenece a la zona de *Dactylioceras hoelderi*, del Toarciense inferior (Riccardi, 2008). Este cambio rápido en la batimetría marca una superficie de transgresión que, además generó un ambiente anóxico, indicado por la materia orgánica. La transgresión coincide con el biocrón que tiene una edad

limitada al Toarciense inferior, por lo que, esta edad acota la edad documentada por Salazar *et al.* (2013), que la registran para Toarciense inferior-Toarciense superior con cambios en la fauna fósil y litologías. Además, la transgresión que provocó una anoxia concuerda con la edad del evento de las mismas características documentado en Argentina por Al-Suwaidi *et al.* (2016), mismo evento es registrado en Japón por Kemp e Izumi (2015), durante el Toarciense inferior y Baeza-Carratalá *et al.* (2016), registran misma edad y características para cuencas marinas Jurásicas de España.

En las columnas estratigráficas para los sectores cuatro y cinco (ver Anexo 14 y 15) se registra el evento de regresión que termina con la sedimentación marina. Este evento se puede ver más detallado en la columna cuatro con el cambio de facies de carbonáticas *offshore* caracterizado por litofacies de calcilitas con biofacie de *Hildaites cf. murleyi*, a la facies carbonática-siliciclástica *foreshore* con litofacies de calizas tipo *wackestones* a *mudstone* intercalados por calcarenitas y con fósiles de *Pholadomya fidicula*. Para terminar con la facies siliciclástica *foreshore* con litofacies de areniscas gruesas intercalados con conglomerados y con fragmentos fósiles aislados. Mientras que en la columna cinco se tiene un cambio de facies desde una carbonática *offshore* con litofacies de calcilita y con la biofacies de *Hildaites cf. murleyi* a una facies de carbonática-siliciclástica *foreshore* con litofacies de calcarenita y especies como *Gryphaea sp.* y *Trigonia cf. stelzneri* en estado tafonómico acumulado, y para terminar con la facies siliciclástica *foreshore* con litofacies de areniscas gruesas y fragmentos fósiles aislados. Este evento coincide con el biocrón con rango de edad entre Toarciense superior a Aaliense inferior, edad que sería similar al mencionado por Aberhan (1993a), pero diferente a las edades mencionadas por Vicente (2006), y Salazar *et al.* (2013), que establecen la regresión en el Bajociense.

En el inicio de la columna del sector cuatro (ver Anexo 14) hay evidencias de un evento de cambio batimétrico que es indicado por los cambios de facies carbonática-siliciclástica *foreshore* con biofacies de *Weyla alata* y litofacies de calcarenitas y conglomerados, a una carbonática *shoreface*, con litofacies de calizas *wackstone* con biofacies *Lobothyris cf. subpuctata*, para posterior tener una facies carbonáticas *offshore*, con litofacies de calcilita con impresiones de Dactylioceras. Luego tener un cambio a una facies siliciclástica *foreshore* con litofacies de conglomerado. Y para terminar con

una asociación de facies carbonática-siliciclástica que tiene litofacies de intercalación calizas *mudstone* con areniscas finas con concreciones y fragmentos fósiles poco abundantes. Estos cambios indican eventos de una transgresión con una rápida regresión que coinciden con los *LAD* de taxones como *Weyla alata*, *Modiolus* cf. *scalprum*, *Radulonectites sosneadoensis*, *Lobothyris* cf. *punctata* y *Pinna* cf. *radiata*. Este suceso también es observable en la columna dos (ver Anexo 12) y que coincide con una litofacies de intercalación de calizas tipo *mudstone* a *wackestone* y areniscas finas con fragmentos fósiles poco abundantes. También se tiene registro en el techo de la columna del sector uno (ver anexo 11) y que tiene facies carbonática- siliciclástica *foreshore* con litofacies de calizas tipo *wackestone* y *mudstone* intercalados con areniscas finas, con registro de los *LAD* de *Weyla alata* y *Gryphaea darwini* en la asociación de facies previas a la mencionada. Este evento tendría una edad hacia fines del Pliensbachiense superior de acuerdo al biocrón que abarca los *LAD* de los diferentes taxones mencionados.

De acuerdo a los antecedentes mencionados en los párrafos anteriores, sobre el análisis de facies y bioestratigrafía, la cuenca Lautaro en Quebrada Pinte se desarrolla y evoluciona por el tectonismo como menciona Charrier *et al.* (2007), y Salazar *et al.* (2013). Además, los eventos de transgresión del Sinemuriense superior tendrían un origen tectónico, demostrado con la discordancia angular entre las andesitas pertenecientes a la Formación La Totora y la base de la Formación Lautaro como también menciono Salazar *et al.* (2013). También el evento regresivo del Toarciense superior a Aaliense inferior que genera el cierre de la cuenca tendría un origen tectónico, ya que presenta un contacto por discordancia angular entre el techo de la Formación Lautaro y en la base de los estratos de la Formación Algarrobal, además la base de la Formación Algarrobal se observan estratos de brechas volcánicas con clastos, en su mayoría clastos de calizas, demostrando que el cierre fue producto tectonismo y que generó una regresión por basculamiento de la Formación Lautaro. Dicho origen para el evento regresivo también es mencionado por Charrier *et al.* (2007), Salazar *et al.* (2013), Vicente (2006), y Labbé *et al.* (2012), pero diferenciándose en la edad del cierre y el tipo de contacto entre las formaciones. El resto de eventos transgresivos y regresivos mencionados no se tiene pruebas de relación con el tectonismo.

La facies con depósitos de flujos laminares que representa en su totalidad la columna tres (ver Anexo 13) está relacionadas a un ambiente terrestre y no tiene una clara conexión con los estratos marinos, aunque Salazar *et al.* (2013), y, Ortiz y Merino (2015), de acuerdo con el mapa geológico en el sector que se levantó la columna tres, es indicada como estratos marinos de la Formación Lautaro. Por lo que, esta facies podría ser anterior a los estratos de la Formación Lautaro o posterior a esta, ya que la base y el techo no fueron observados en este estudio.

Con los antecedentes estratigráficos y taxonómicos no se pudo determinar si los nombrados como “oolitos” férricos corresponden a ellos o son microfósiles o una combinación de ambos, aunque Aberhan (1993a), indican que corresponden a oolitos férricos.

La biozona de extinción sucesiva e intervalo muestra cambios faunísticos que se dieron, siendo el más destacado el que se da entre *Gryphaea darwini* y *Gryphaea* cf. *dumortieri* con *Gryphaea* sp., *Tetrarhynchia* cf. *ranina* con *Tetrarhynchia* cf. *tetrahedra* y *Tetrarhynchia* cf. *dumbletonensis* y *Lobothyris* cf. *sinemuriensis* con *Lobothyris* cf. *punctata* con *Lobothyris* cf. *subpunctata*, siendo algunos reemplazamientos similares a los nombrados por Aberhan (1993b). Además, el cambio *Gryphaea darwini* y *Gryphaea* cf. *dumortieri* con *Gryphaea* sp. Se genera producto a los eventos transgresivo y regresivo del Pliensbachiense superior y por el posterior evento transgresivo del Toarciense inferior, similar a lo concluido por Aberhan (1993b), que observo dicha relación entre los cambios faunísticos y los eventos de transgresión y regresión.

El biocrón con edad limitada a fines del Pliensbachiense superior y la del Toarciense inferior destacan por tener *LAD* de varios taxones fósiles que pueden asociarse a una extinción, además coincide, en edad y taxones, con la extinción de varios taxones marinos hacia fines del Pliensbachiense superior y durante todo el Toarciense inferior, mencionados por Baeza-Carratalá *et al.* (2016), para España, también en Argentina por Al-Suwaidi *et al.* (2016), y para Japón por Kemp e Izumi (2015). Cabe destacar que esta extinción está termina con el evento transgresivo que provoca anoxia hacia finales del Toarciense inferior.

6.3. Bioestadística

Los histogramas muestran una tendencia heterogénea, donde el punto de muestreo 24 se correlaciona la gran cantidad de muestras con la biofacies de *Lobothyris sinemuriensis* y la facies carbonáticas-siliciclásticas *shoreface*. Esto genera que en los índices de diversidad y riqueza de especies para la facies carbonática-siliciclástica *shoreface* como la biofacies *Lobothyris sinemuriensis* destaquen en los gráficos de número de especies, número de especímenes e índice de diversidad. Mientras que biofacies de *Gryphaea dumortieri* e *Hildaites murleyi* que están en facies siliciclásticas *foreshore* y carbonática *offshore*, respectivamente, que tienen poca cantidad de muestras asociadas, solo destacan en los gráficos de dominancia. Esta heterogeneidad es producto a factores como la calidad de conservación de los fósiles, a la variabilidad y disponibilidad de las muestras fósiles. Esta variabilidad y disponibilidad de las muestras podría estar relacionada a la extinción mencionada anteriormente.

Las curvas de rarefacción con base en las facies y en las biofacies dan tres grupos con tendencias diferentes, algo similar visto por Aberhan (1993a). El primer grupo tiene las curvas muy cercanas a la asíntota por lo que el grupo ya alcanzó o está cerca de alcanzar la cantidad máxima de especies que se pueden encontrar en la zona es el ejemplo para facies como la carbonática-siliciclástica *shoreface* y carbonática *shoreface*, que su biofacies tiene misma tendencia como es el caso de la biofacies *Lobothyris sinemuriensis-Spiriferina chilensis* y *Lithotrochus humboldtii-Spiriferina chilensis*, y el caso de *Gryphaea. curviceps*, *Lobothyris sinemuriensis* y *Lobothyris subpunctata*, respectivamente. El segundo grupo tiene una curva ascendente teniendo el caso de las facies carbonática *foreshore*, carbonática-siliciclástica *foreshore* y sus biofacies asociadas tienen misma tendencia como es el caso de la biofacies *Weyla alata*, *Gryphaea* sp. y *Gryphaea darwini*. También se encuentran asociadas al segundo grupo las biofacies *Lithotrochus humboldtii* y *Weyla alata-Tetraherhynchia tetrahedra* que están relacionados a las facies carbonática-siliciclástica *shoreface* y carbonática *shoreface*, respectivamente. El tercer y último grupo presenta las líneas rectas en la horizontal y son el caso de las facies siliciclástica *foreshore* y carbonática *offshore* con sus biofacies de *Gryphaea dumortieri* y *Hildaites murleyi*, respectivamente, que tienen misma tendencia. Estos grupos indican que el muestreo tuvo factores que influenciaron a la hora de selección

de muestras como es el caso de la conservación, la variabilidad y la disponibilidad de las muestras en el terreno.

6.4. Rutas paleontológicas

En vista a la información de estratigrafía, bioestratigrafía y bioestadística, se propone una ruta paleontológica para el sector de la columna cuatro (ver Anexo 14), conocido como “La Pirámide”. Si bien los sectores dos y cinco cuentan con mayor información, estos se encuentran dentro de propiedades privadas contando con una accesibilidad restringida. Por ende, el sector cuatro presenta cinco lugares con alto valor estratigráfico y paleontológico (ver Anexos 5, 6, 7, 8 y 9):

1: Sector que presenta el evento de regresión que terminaría con la sedimentación marina del Jurásico y que se encuentra representado por la facies siliciclástica *foreshore* que tiene litofacies de sublitoareniscas y conglomerados con fragmentos fósiles aislados.

2: Área que tiene el evento de transgresión del Toarciense inferior iniciada por la litofacies de conglomerados, posteriormente se tienen calizas tipo *wackestone* con la biofacies de *Gryphaea* sp. y la litofacies de calcilutita que representa un evento de anoxia asociado a la transgresión y que además tiene la biofacies de *Hildaites* cf. *murleyi*.

3: Sector que tiene la facies volcansedimentaria epiclásica con litofacies de areniscas líticas y cuarzo areniscas gruesas. Esta facies es exclusiva de “La Pirámide” y es posterior al evento de transgresión y regresión.

4: Área que contiene la transgresión y regresión del Pliensbachiense superior representada por los cambios de facies como carbonática-siliciclástica *foreshore* a carbonática *shoreface* a carbonática *offshore* a una siliciclástica *foreshore* y para terminar con una carbonática-siliciclástica *foreshore*. Además, este evento generó la extinción de taxones como *Weyla alata*, *Pinna* cf. *radiata*, *Radulonectites sosneadoensis*, *Lobothyris* cf. *punctata* y *Modiolus* cf. *scalprum*.

5: Sector que registra abundantes especímenes de la especie *Weyla alata* y algunos especímenes del taxón *Radulonectites sosneadoensis*, ambos relacionados a la facies carbonática-siliciclástica *foreshore*.

CAPÍTULO VII: Conclusiones y recomendaciones.

1.1. Conclusiones.

De las especies descritas que componen la fauna fósil en Quebrada Pinte se destaca taxones como lo son *Tetrarhynchia* cf. *dumblentonensis*, *Hildaites* cf. *murleyi* y *Trigonia* cf. *stelzneri*, además cefalópodos de la familia Nautilidae, briozoo del orden Cyclostomata y equinodermos de la familia Orthopsidae, vendrían ser inéditos para el área. Mientras que *Lobothyris* cf. *sinemuriensis* y *Quadratrirhynchia* cf. *quadrata* son nuevas especies para la localidad, más bien corresponden a un cambio taxonómico a nivel de especie, identificados previamente como *Lobothyris* cf. *ovatissima* y *Quadratrirhynchia* *crassimedia*, respectivamente.

La base de los estratos marinos de la Formación Lautaro, de acuerdo a la bioestratigrafía, tienen una edad del Sinemuriense superior que, además estaría relacionado a una transgresión, cuyo origen es tectónico. Mientras que el cierre de la cuenca marina ocurriría entre el Toarciense superior al Aaliense inferior datado con los LAD de especies como *Pholadomya fidicula* y *Trigonia* cf. *stelzneri*., y relacionado a una regresión con origen tectónico.

El evento transgresivo del Toarciense inferior documentado con la estratigrafía y bioestratigrafía, está relacionado una transgresión mundial durante este piso y que es registrada en distintas cuencas Jurásicas del mundo.

La evidencia estratigráfica y la bioestratigráfica indican un evento transgresivo con una posterior regresión con edad hacia finales del Pliensbachiense superior, no documentado previamente, que coincide con el biocrón que contiene los LAD de taxones conocidos como *Weyla alata*, *Gryphaea darwini*, *Lobothyris* cf. *punctata*, *Pinna* cf. *radiata*, *Modiolus* cf. *scalprum* y *Radulonectites sosneadoensis*.

Hay tres cambios faunísticos registrados principalmente en la biozona de abundancia y en la biocronoestratigrafía, siendo entre *Gryphaea darwini* y *Gryphaea* cf. *dumortieri* con *Gryphaea* sp., entre *Tetrarhynchia* cf. *ranina*, *Tetrarhynchia* cf. *tetrahedra* con *Tetrarhynchia* cf. *dumblentonensis* y entre *Lobothyris* cf. *sinemuriensis* con *Lobothyris* cf. *punctata* con *Lobothyris* cf. *subpunctata*. El cambio faunístico entre *Gryphaea darwini*

y *Gryphaea* cf. *dumortieri* con *Gryphaea* sp. está relacionado a la transgresión y regresión del Pliensbachiense superior.

De acuerdo a los antecedentes estratigráfico, bioestratigráfico y la bioestadística indican una extinción entre el final de Pliensbachiense superior al Toarciense inferior de la fauna fósil perteneciente a los estratos marinos de la Formación Lautaro de Quebrada Pinte, dicho proceso de extinción terminaría con la transgresión que generó anoxia hacia finales Toarciense inferior en varias cuencas del planeta.

Se establece el área de “La Pirámide” como un sector propicio para una ruta paleontológica por su importante contenido paleontológico y estratigráfico, contando con cinco puntos destacados. También, cabe destacar que posee una gran accesibilidad que le brinda a la comunidad una zona donde no se impacte a la propiedad privada de los habitantes, ni a las zonas protegidas por tener patrimonio arqueológico.

1.2. Recomendaciones.

Se sugiere que se realice una señalización vial de la ubicación de la ruta paleontológica de “La Pirámide” para que los turistas tengan un mejor acceso al área.

Para tener una mayor divulgación de la información concerniente a la ruta paleontológica de “La Pirámide” se propone la confección de trípticos que contengan la ley de patrimonios, mapa de ubicación de la ruta, columna estratigráfica, taxonomía de fósiles probables de encontrar en la ruta y edades de eventos (ver Anexos 16 y 17).

El sector tres el cual se encuentra solamente la facies con depósitos de flujos laminares se sugiere un mayor estudio estratigráfico y sedimentológico para establecer la relación con los estratos de la Formación Lautaro.

Se recomienda el estudio de los nombrados oolitos férricos relacionados a la asociación de facies carbonáticas *offshore*, ya que en este estudio no se pudo determinar si son oolitos y/o microfósiles.

Referencias.

- Aberhan, M. 1993a. Benthic macroinvertebrate associations on a carbonate-clastic ramp in segments of the Early Jurassic back-arc basin of northern Chile (26-29°S). *Revista Geológica de Chile*, Vol. 20 (2): 105-135.
- Aberhan, M. 1993b. Faunal replacement in the Early Jurassic of northern Chile: implications for the evolution in Mesozoic benthic shelf ecosystems. Elsevier Science Publishers, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 103: 155-177.
- Aberhan, M. 1994. Early Jurassic Bivalvia of northern Chile. Part I. Subclasses Palaeotaxodonta, Pteriomorpha, and Isofilibranchia. *Beringeria* 13: 3-115, 28 pls.; Würzburg.
- Aberhan, M. 2004. Early Jurassic Bivalvia of northern Chile. Part II. subclass Anomalodesmata. *Beringeria* 34: 117-154, 11 pls.; Würzburg.
- Agassiz, L. 1847. An introduction to the study of Natural History. In a series of lectures delivered in the Hall of the College of Physicians and Surgeons, 58 p. New York.
- Ager, D.V. 1965b. Mesozoic and Cenozoic Rhynchonellacea. In: R.C. MOORE (Ed.): *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part. H: Brachiopoda*. Geol. Soc. Amer. & Univ. Kansas. Press, 2: H597-H632.
- Alfréd, D. (2003). Hettangian and Early Sinemurian (Early Jurassic) brachiopods of the Tiansdanubian Central Range (Hungary) II.: Vol. Vol. 27 (1.a ed.) [Libro electrónico]. BAKONYI TERMÉSZETTUDOMÁNYI MÚZEUM ZIRC.
- Allasinaz, A. 1972. Revisione dei pettinidi Triassici. *Riv. Ital. Paleont. Stratigr.*, 78, 2: 189-428, Tav. 24-48, Milano.
- Almerás, Y.; Fauré, P. 2007. *Lobothyris sinemuriensis* (Oppel) et faune de brachiopodes associée (Sinémurien, France). Evolution du genre *Lobothyris* Buckman (Brachiopodes, Térébratulidés). *Revue de Paléobiologie*, 26(1): 335-358. Genève.
- Alvarado, R. 1966. Sistemática, Taxonomía, Clasificación y Nomenclatura. COL-PA. Publicaciones del departamento de Paleontología, Vol. 9, p. 3-8.
- Álvarez, J.; Mpodozis, C.; Blanco-Quinteros, I.; García-Gasco, A.; Arriagada, C.; Morata, D. 2013. U/Pb ages and metamorphic evolution of the La Pampa Gneisses: Implications for the Chilenia Terrane and Permo-Triassic tectonics of north Central Chile. *Journal of South America Earth Sciences* 47: 100-115.
- Al-Suwaidi, A.; Hesselbo, S.; Damborenea, S.; Manceñido, M.; Jenkyns, H.; Riccardi, A.; Angelozzi, G. y Baudin, F. 2016. The Toarcian Oceanic Anoxic Event (Early Jurassic) in the Neuquén Basin, Argentina: A Reassessment of Age and Carbon Isotope Stratigraphy. *The Journal of Geology*, 124(1), 171-193.

- Arija, C. M. 2012. Taxonomía, Sistemática y Nomenclatura, herramientas esenciales en Zoología y Veterinaria. *Revista electrónica de Veterinaria*, Vol. 13, p. 1-10.
- Baeza-Carratalá, J.; García, F.; Tent-Manclús, J. (2016). Lower Jurassic brachiopods from the Ibero-Levantine Sector (Iberian Range): Faunal turnovers and critical bioevents. *The Journal Iberian Geology*, 42(3), 355-369.
- Behrendsen, O. 1891. Zur Geologie des Ostabhanges der argentinischen Cordillere. I. Theil. *Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesell.* 43: 369-420, pi. 22-25; Berlin.
- Bell, C.M.; Suárez, M. 1994. The sedimentation and tectonics of a marine fan-delta developed on an active continental margin: the Triassic San Félix Formation in the Andes of northern Chile. *Journal South America Earth Sciences* 7: 403-413.
- Bengtson, P. 1988. Open nomenclature. *Palaeontology* 31: 223-227.
- Beurlen, K. 1944. Beiträge zur Stammesgeschichte der Muscheln. *Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Abteilung Der Bayerischen Akademie Der Wissenschaften Zu München, Sitzungsberichte*, 1944(1-2):133-145.
- Blainville, H. M. D. de. 1825. Mouret, Mouretus (Malacoz.), pp. 161-162, in: *Dictionnaire des Sciences Naturelles* (F. Cuvier, ed.), vol. 33. Levrault, Strasbourg & Paris, & Le Normant, Paris.
- Blatt, H.; Berry, W.B.N. y Brande, S. (1991): *Principles of Stratigraphic Analysis*. Blackwell Sci. Pub. Oxford, 512 pags
- Blumenbach, F. 1804. *Abbildungen naturhistorischer Gegenstände*. Göttingen, Hf. 7, n° 70, 4 p., 1 pi.
- Boggs, S. 2006. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. Pearson Prentice Hall. Fourth Edition, 662 p. Oregon, United State.
- Böhm, J. 1922. Zur systematischen Stellung der Cattung Neilhea DROUET. -*Jahrb. Preuss. Geol. Land.* (1919) 40, 2: 129-147.
- Borg, F. 1926. Studies on Recent cyclostomatous Bryozoa. *Zoologiska Bidrag från Uppsala*. 10: 181-507.
- Bourne, G.C. 1900. Chap. 6. The Anthozoa. In: Lankester E.R. (ed), *A Treatise on Zoology. Part II. The Porifera and Coelenterata*. London, Adam & Charles Black. Pp. 1-84.
- Buch, L. v. 1838. *Über den zoologischen Character der Secundar- Formationen in SOD-Amerika*. *Monatsber. Deutsch. K. Akad. Wiss.* 1838: 54-67; Berlin.
- Buch, L. v. 1839. *Petrifications recueillis en Amerique par Mr. Alexandre de Humboldt et par Mr. Charles DEGENHARDT*. - i-ii + 1-22, pi. 1-2; Berlin (Imprimerie Acad. Roy. Sci.).

- Buckman, S. S. 1917. The Brachi'Op'Oda 'Oí the Namyau Beds, N'Orthern Shan States, Burma. M em. Geo l. Surv. India. Paleont. Indica 11. s., III (2), 299 págs., 21 láms. CaJcutta.
- Buckman, S.S. 1918. The Brachiopoda of the Namyau Beds; Northern Shan States, Burma. Paleontol. Indica, 3 (2): 1-299.
- Buckman, S.S. 1921. Type Ammonites III. Pp 64, pls CXXXI-CCLXVIb. London.
- Busk, G., 1852. An account of the Polyzoa and sertularian zoophytes collected in the voyage of the "Rattlesnake" on the coast of Australia and the Louisiade Archipelago. In: J. Macgillivray, Narrative of the voyage of H.M.S. Rattlesnake commanded by the late Captain O. Stanley during the years 1846-1850. 1 Appendix IV: 343-402.
- Bronn, H.G., 1860, Die fossilen Reste von Santa Maria, der südlichsten der Azorischen Inseln, in Hartung, G. (ed.), Die Azoren: Leipzig, Germany, Engelmann, 116-151.
- Bruguière, J.G. (1789-1792). Encyclopédie méthodique ou par ordre de matières. Histoire naturelle des vers, volume 1. Paris: Pancoucke. Pp. i-xviii, 1-344 (Livraison 32, June 1789); 345-757 (Livraison 48, 13 Feb. 1792).
- Camacho, H. 2007. Los invertebrados fósiles. *In* Cephalopoda (Aguirre-Urreta, B. y Cichowolski, M.; editores). Fundación de Historia Natural Felix de Azara, Universidad Maimónides: 441-477. Buenos Aires.
- Cancino, S. 2020. Caracterización geológica del sector Quebrada del Ají y determinación de la influencia de la geología del sector como potenciador turístico Del Valle del Tránsito, Región de Atacama, Chile. Tesis de pregrado para optar al Título de Geólogo. Universidad de Atacama, Chile.
- Carmona-Galindo, V.D., & Carmona, T.V. 2013. La Diversidad de los Análisis de Diversidad. *Bioma*, 14, 20-28.
- Charrier, R.; Pinto, L.; Rodríguez, M.P. 2007. Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. *In* The Geology of Chile (Gibbons W., Moreno, T.; editors). The Geological Society, Special Publication: 21-116. London.
- Comas-Rengifo, J.; Goy, A. 1975. Estratigrafía y Paleontología del Jurásico de Ribarredonda (Gualadajara). *Estudios Geológicos*, vol. XXXI, pp. 297-339. Departamento de Paleontología, Facultad de Geología, Universidad Complutense, Madrid.
- Comas-Rengifo, M.J., Gómez, J.J., Goy, A., Herrero, C., Perilli, N. & Rodrigo, A. (1999). El Jurásico Inferior en la sección de Almonacid de la Cuba (Sector Central de la Cordillera Ibérica, Zaragoza, España). *Cuad. Geol. Ibérica*, 25: 25-55.
- Conrad, T. A. 1855. Remarks on the fossil shells from Chile, collected by Liut. GILLISS, with descriptions of the species. - U.S. Naval Atronom. Exped. to the southern Hemisphere,

- during the years 1849-'50-'52. Vol. 2. Appendix H (Palaeontology): 282-286, pi. 41-42; Washington.
- Curray, J.R. 1964: Transgressions and regressions. In: Papers in Marine Geology. (L. Miller, ed.), Mac-Millan, Nueva York, 175-205.
- Cuvier G.L. 1798. Tableau élémentaire de l'Histoire Naturelle des Animaux. Paris, Baudouin. xvi 710 pp.
- Dall, W. H. 1889. Reports on the results of dredging, under the supervision of Alexander Agassiz, in the Gulf of Mexico (1877-78) and in the Caribbean Sea (1879-80), by the U.S. Coast Survey Steamer "Blake", Lieut-Commander C.D. Sigsbee, U.S.N., and Commander J.R. Bartlett, U.S.N., commanding. XXIX. Report on the Mollusca. Part 2, Gastropoda and Scaphopoda. Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College. 18: 1-492, pls. 10-40., available online at <http://www.biodiversitylibrary.org/item/25505> page(s): 339.
- Damborenea, S. E. 1987a. Early Jurassic Bivalvia of Argentina. Part 1: Stratigraphical introduction and superfamilies Nuculanacea, Arcacea, Mytilacea and Pinnacea. *Palaeontographica (A)* 199: 23-111, 24 figs., 1 tab., 4 pis.; Stuttgart.
- Damborenea, S. E. 1987b. Early Jurassic Bivalvia of Argentina. Part 2: Superfamilies Pteriacea, Buchiacea and part of Pectinacea. *Palaeontographica (A)* 199: 113-216, 31 figs., 2 tabs., 14 pis.; Stuttgart.
- Damborenea, S.; Manceñido, M. 1988. Weyla: Semblanza de un bivalvo Jurásico Andino. In Congreso Geológico Chileno. No. 5: 13-25. Santiago.
- Damborenea, S. E. 2002. Early Jurassic Bivalvia of Argentina. Part 3: Superfamilies Monotoidea, Pectinoidea, Plicatuloidea and Dimyoidea. *Palaeontographica (A)*: 265: 1-119, 47 figs, 3 tabs, 11 plates. Stuttgart.
- Damborenea, S. Ferrari, M. 2008. El género *Lithotrochus* Conrad (Gastropoda, Vetigastropoda) en el Jurásico temprano de Argentina. *Ameghiniana* 45 (1): 197-209. Buenos Aires.
- Davidson, T. (1851-52). A Monograph of the British Fossil Brachiopoda. Vol. 1, part. 3. The Oolitic and Liassic Brachiopoda. *Paleontol. Soc.*, (1851): 1-64, láms. 1-13; (1852): 65- 100, láms. 14-18.
- Davidson, T. (1876-78). A Monograph of the British Fossil Brachiopoda. Vol. 4, part. 2. Supplement to the British Jurassic and Triassic Brachiopoda. *Paleontol. Soc.*, (1876): 73-144, láms. 9-16; (1878): 145-242, láms. 16-19.
- Davidson, T. 1884. A Monograph of the British Fossil Brachiopoda. Appendix, catalogue and index of the british species. *Palaeontol. Soc.*, 38 (3): 243-576.

- Dediós, P. 1967. Cuadrángulo Vicuña, Provincia de Coquimbo. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile 16: 65 p. Santiago.
- Defrance, M. J. L. 1825. Memoire geologique sur les terrains de la Normandie de M. DE CAUMONT. - Mem. Soc. Linn. Normandie 2: 507; Caen.
- Dietrich, W.O., 1926. Steinkorallen des Malms und der Unterkreide im südlichen Deutsch-Ostafrika. *Palaeontographica*, (suppl.7), 1, 43-62.
- Duméril, A. M. C. 1806. Zoologie analytique, ou méthode naturelle de classification des animaux, rendue plus facile à l'aide de tableaux synoptiques. París. (Allais): 344 págs.
- Duncan, P. M. (1889). A Revision of the Genera and great Groups of the Echinoidea. *Journal of the Linnean Society of London, Zoology*, 23(141): 1–311. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1889.tb00384.x>
- Dunham, R.J. 1962 Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. In: Ham, W.E., Ed., *Classification of Carbonate Rocks*, AAPG, Tulsa, 108-121.
- Ehrenberg, C. G. (1828-1831). *Animalia evertebrata exclusis Insectis. Series prima*. In: F. G. Hemprich & C. G. Ehrenberg, *Symbolae physicae, seu icones et descriptiones Mammalium, Avium, Insectorum et animalia evertebra, quae ex itinere per Africam borealem et Asiam occidentalem studio nova aut illustrata redierunt*. 126 pp. (1831), 10 pls (1828).
- Ehrenberg, C. G. 1834. Beiträge zur physiologischen Kenntniss der Corallenthiere im allgemeinen, und besonders des rothen Meeres, nebst einem Versuche zur physiologischen Systematik derselben. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften*, Berlin. 1: 225-380.
- Ehrenberg, K., 1944. Ergänzende Bemerkungen zu den seinerzeit aus dem Miozän von Burgschleinitz beschriebenen Gangeman und Bauten dekapoder Krebse. *Paläontologische Zeitschrift*, 23: 354-359.
- Embry, AF, and Klován, JE, 1971, A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, NWT: *Canadian Petroleum Geology Bulletin*, 19: 730-781.
- Espinoza, C. 2019. Medidas del Alpha Diversidad. 2 de septiembre del 2021, de Universidad Técnica Particular de Loja Sitio web: <https://ciespinosa.github.io/AlphaDiversidad/index.html>.
- Férussac, A. E. J. P. F. d'Audebard de. (1821-1822). Tableaux systématiques des animaux mollusques classés en familles naturelles, dans lesquels on a établi la concordance de tous les systèmes; suivis d'un Prodrôme général pour tous les mollusques ou fluviatiles, vivantes ou fossiles. París, 1821 et 1822. Livraison 9: 1-24 (Quarto edition).

- Folk, R.L. 1962. Spectral subdivision of limestone types. In: Classification of carbonate rocks (ed. By Ham, W.E.) Mem. Am. Ass. Petrol. Geol. Tulsa, I, 62-84.
- Forbes, E. 1846. Descriptions of secondary fossil shells from America. - In: Darwin, C. R. Geological observations on South America, 1° ed.: 265-268, pi. 5; London.
- Goldfuss, G. A. (Münster) (1833-1841): Petrefacta Germaniae, II. -312 pp.; Düsseldorf (Arnz).
- Gottsche, C. 1878. Ueber Jurassische versteineringen aus der Argentinische cordillere. 79 p. Stanford University Libraries, Stanford California, USA.
- Gray, J.E. 1840, Synopsis of the Contents of the British Museum: London, British Museum, 248 pp.
- Gray, J.E. 1842. Molluscs. Pp. 48-92, in: Synopsis of the contents of the British Museum, edition 44. British Museum. London. iv 308 p.
- Gray, J.E. 1847. A list of the genera of recent Mollusca, their synonymy and types. Proceedings of the Zoological Society of London 15: 129-219.
- Haeckel, E. (1896). Systematische Phylogenie der Echinodermen. pp. 348–504. In: Systematische Phylogenie der Wirbellosen Thiere (Invertebrata): Zweiter Teil des Entwurfs einer systematischen Stammengeschichte. Reimer, Berlin. 720 pp.
- Hayami, I. 1957. Radulonectites, a new pectinid genus, from the liassic Kuruma group in Central Japan. Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan. No. 27: 89-93.
- Hillebrandt, A.v. 1971. Der Jura in der chilenisch-argentinischen Hochkordillere (25° bis 32°30' S). Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie 20 - 21: 63-87.
- Hillebrandt, A.v. 1973. Neue ergebnisse über den Jura in Chile und Argentinien. Münster. Forschung Geologie und Paläontologie, 31- 32: 167-199, Münster.
- Hulbert, S. H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. Ecology, 52: 577-585.
- Hyatt, A., 1867, The fossil Cephalopods of the museum of comparative Zoology: Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, I (5), 71–102.
- Hyatt, A. 1889. Genesis of the Arietitidae. Smithsonian Contributions to Knowledge 26 (673): 1–250.
- Iredale, T. 1939. Great Barrier Reef expedition 1928-1929. Brit. Mus. (Nat. Hist.), Sci. Reports, 5, 6: 209-425, 7 pl., London.
- Jensen, O. 1976. Geología de los nacientes del Río Copiapó, entre los 27°53' y 28°20' de latitud Sur, Provincia de Atacama, Chile: Memoria de Título (Inédito), Universidad de Chile, Departamento de Geología: 299 p.

- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. Vol. 8, p. 151-161.
- Joly, H. 1907. Les Fossiles du Jurassiques de la Belgique. Premiere Partie : Infra-Lias. - Mem. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg. 5: 156 pp., 8 figs., 5 pis.; Bruxelles.
- Kem, D. e Izumi, K. (2014). Multiproxy geochemical analysis of a Panthalassic margin record of the early Toarcian oceanic anoxic event (Toyora area, Japan). *ELSEVIER*, 414, 332-341.
- Klein, J.T. 1778. *Naturalis Dispositio Echinodermatum. Accessit Lucubratiuncula de Aculeis Echinorum Marinorum et Specilegium de Belemnitis*. Edita et Descriptionibus Novisque Inventis et Synonymis Auctorum Auca a Nathanaele Godofredo Leske. Officina Gleditdchiana, Lipsiae (Leipzig), xx 278 pp., 54 pl.
- Klikunshin, V. 1982. Taxonomic survey of fossil isocrinids with a list of the species found in the URSS. *GEOBIOS*, 15: 299-325 p. Lyon.
- Kuhn, O. 1949. *Lehrbuch der Paläozoologie*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 326 págs.
- Labbé, M.; Salazar, E.; Rossel, P.; Merino, R.; Oliveros, V. 2012. Variaciones laterales en la arquitectura estratigráfica del Jurásico superior en el valle del Tránsito: ¿Evidencias del desarrollo de un rift continental?
- Lamarck, J.B.M. 1799. Prodrôme d'une nouvelle classification des coquilles, comprenant une rédaction appropriée des caractères génériques, et l'établissement d'un grand nombre de genres nouveaux. *Mémoires de la Société d'Histoire Naturelle de Paris*.: 63-91.
- Lamarck, J. B. 1819. *Histoire naturelle des animaux sans vertebres*. - Tome 6 (1): 343 pp.; Paris (Verdiere).
- Lamouroux, J.V.F. 1821. Exposition méthodique des genres de l'ordre des polypiers: avec leur description et celle des principales espèces, figurées dans 84 planches, les 63 premières appartenant à l'Histoire naturelle des zoophytes d'Ellis et Solander. Paris 1821. pp. 1-115, pls. 1-84.
- Lanteri, A.; Cigliano, M.; Damborenea, M., Durante, S.; Fernandez, L.; Fernandez, M.; Gallardo, F.; Margaría, C. 2006. *Sistemática Biológica: fundamentos teóricos y ejercitaciones*. Editorial de la Universidad de la Plata. Tercera edición. 241 p. Buenos Aires.
- Leach, W. E., 1817. *The Zoological Miscellany, being the descriptions of new or interesting animals*. Volume 3. Taylor. London. 151 pp.
- Leach, W.E. 1819. *Entomostraca, Dictionnaire des Science Naturelles*, 14, pág. 524.

- Lech, R.; Aceñolaza, F.; Griznik, M. 2000. Icnofacies Skolithos-Ophiomorpha en el Neogeno del valle inferior del río Chubut, provincia de Chubut, Argentina.
- Leske, N. G. 1778. Jacobi Theodori Klein naturalis dispositio echinodermatum., edita et descriptionibus novisque inventis et synonymis auctorem aucta. Addimenta ad I. T. Klein naturalem dispositionem Echinodermatum. G. E. Beer, Leipzig, xxii 278 pp.
- Linnaeus, C. 1758. Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio décima, reformata (10th revised edition), vol. 1: 824 pp.
- López Martínez, N. & Truyols Santonja, J. 1994. Paleontología: conceptos y métodos. Ed. Síntesis, Madrid. 334 pp.
- Manceñido, M.O. 1981. A revisión of early Jurassic Spiriferinidae (Brachiopoda, Spiriferida) From Argentina. In: cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur (ed. Volkheimer, W.; Musacchio, E.). Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. 1ra Edición, Vol (2): 625-660. Buenos Aires.
- Manceñido, M.O. & Owen, E.F. 2002. Rhynchonelloidea: Subfamilia Gibbirhynchiinae. In: Kaesler, R.L. (Ed.). Treatise of Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopoda Revised. Vol. 4. Rhynchonelliformea (part.). Geol. Soc. Amer. Univ. Kansas: 1354-1358.
- Matsumoto, H. 1929. Outline of a classification of Echinodermata. Science Reports. Tohoku University Series, 13 (2): 27-33.
- Middleton, G.V. (1973) Johannes Walther's law of correlation of facies. Bulletin of the Geological Society of America, 84, 979-988.
- Miller, J.S. 1821 A natural history of the Crinoidea or lily-shaped animals, with observations on the genera Asteria, Euryale, Comatula, and Marsupites. C. Frost. Bristol. 150 p., 50 pl.
- Mortensen, T. 1928-1951. A Monograph of the Echinoidea. C.A. Reitzel, Copenhagen.
- Moricke, W. 1894. Versteinerungen des Lias und Unteroolith von Chile. - In: STEINMANN, G. (ed.). Beitrige zur Geologie und Palaeontologie von Sfldamerika. N. Jb. Min. Geol. Palaeontol. Beil. Bd. 9: 1-100, 6 pis.; Stuttgart.
- Morycowa, E., Masse, J.P., Arias, C. and Yilas, L. 2001. *Montlivaltia multiformis* Taula (Scleractinia) from the Aptian of the Prebetic Domain (SE Spain). [*Montlivaltia multiformis* Taula (Scleractinia) de! Aptiense de! Dominio Prebético (SE España).] Revista Española de Paleontología, 16 (I), 131-144. ISSN 0213-6937.
- Moxon, C. 1841: Illustrations of the Characteristic Fossils of British Strata; 46 p., 34 Pl. London.
- Mpodozis, C.; Kay, S. 1990. Provincias magmáticas acidas y evolución tectónica de Gondwana: Andes Chilenos (28-31° S): Revista Geológica de Chile 17: 153-180.

- Mpodozis, C.; Ramos, V. 2008. Tectónica Jurásica en Argentina Y Chile: Extensión, subducción oblicua, rifting, ¿deriva y colisiones? *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Vol. 63 (4): 481-497.
- Murillo, I.; Álvarez, J.; Montecinos, P.; Creixell, C.; Salazar, E.; Arriagada, C. 2013. Geochronology and kinematics of the El Portillo Mylonites: relation with San Rafael Orogeny and Middle Triassic extensión in North-Central Chile. In *International Geological Congress on the Southern Hemispheres GEOSUR, Actas electrónicas*. Viña del Mar.
- Nasi, C.; Moscoso, R.; MaksaeV, V. 1990. Hoja Guanta. Servicio Nacional de Minería y Geología, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 67: 141 p., 1 mapa escala 1:250.000. Santiago.
- Newell, N. D. 1965. Classification of the Bivalvia. *American Museum Novitates*. 2206: 1-25. New York, USA.
- Nichols, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. Wiley-Blackwell. Second edition, 419 p. London, United Kingdom.
- Oliveros, V.; Rossel, P.; Charrier, R.; Labbé, M.; Merino, R. 2012b. El tras arco en el sistema Andino Temprano (Jurásico Tardío), en el margen chileno. In *XIII Congreso Geológico chileno*, Antofagasta, Chile.
- Oppel, A. (1856-1858) - Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands. *Württembergisches Naturwissen-schaftlichen Jahresheft*, Stuttgart, 12-13-14 857 p.
- Orbigny, A. D' (1849-1852): *Prodrome de Paleontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnées*. -Masson ed. 1: 1-394; 2: 1-428; 3: 1-386. Paris.
- Ortiz, M.; Merino, R.N. 2015. Geología de las áreas Río Chollay-Matancillas y Cajón del Encierro, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geológica Básica 175-176: 234 p., 1 mapa a escala 1:100.000. Santiago.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1997. Nuevos antecedentes acerca de la sistemática y cronoestratigrafía del orden Trigonioidea en el Triásico y Jurásico de Chile. In *Congreso Geológico Chileno*, No. 8, Actas: 573-577. Antofagasta.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., and Siever, R. 1987 *Sand and Sandstone*. 2nd Edition, Springer-Verlag, New York, 553 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>.
- Posamentier, H.W.; Allen, G.P.; James, D.P. y Tesson, M. 1992: Aspects of sequence stratigraphy: recent and ancient examples of forced regressions. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 76: 1687-1709.

- Quenstedt, F. A. 1856-1857. Der Jura. 1-368, pi. 1-48 (1856); 369-842,1-VI, pi. 49-100 (1857); Tübingen (Laupp).
- Radulovic, B. 2013. Lower Jurassic bivalves of Eastern Serbia. Part I. *Beringeria* 43: 3-61, 4 text-figs., 3 tables, 20 plates; Erlangen.
- Rafinesque-Schmaltz, C.S. 1815. *Analyse de la nature, ou tableau de l'univers et des corps organisés* (en francés). 224 pp. Palermo: L'Imprimerie de Jean Barravecchia.
- Ramajo, J.; Aurell, M. y Cepría, J. 2002. Facies analysis of the Arroyofrío ferruginous oolitic bed in Sierra de Arcos (Jurassic, northern Iberian chain). *Journal of Iberian Geology* 28: 45-64 p.
- Reutter, K.-J. 1974. Entwicklung und Bauplan der chilenischen Hochkordillere im Bereich 29° südlicher Breite: *Neues Jahrbuch der Geologie und Paleontologie, Abhandlung*, v. 146, p. 153-178.
- Reyes, R. y Perez, E. 1979. Estado actual del conocimiento de la familia Trigoniidae (Mollusca; Bivalvia) en Chile. *Revista Geológica de Chile*, N°8, pp. 13-64.
- Ribba, L. 1985. *Geología regional del cuadrángulo El Tránsito, Región de Atacama, Chile. Memoria de Título (Inédito)*, Universidad de Chile, Departamento de Geología: 203 p. Santiago.
- Riccardi, A. 2008. The marine Jurassic of Argentina: a biostratigraphic framework. *Episodes*, Vol.31, No. 3.
- Ride, W.; Cogger, H.; Dupuis, C.; Kraus, O.; Minelli, A.; Thompson, F. C.; Tubbs, P. K. 2000. *International Code of Zoological Nomenclature*. 31 de agosto del 2021, de International Commission on Zoological Nomenclature Sitio web: <https://www.iczn.org/the-code/the-code-online/>.
- Riveros, M. J. 2019. Caracterización morfológica y geoquímica de paleosuelos en los valles del Huasco y potencial geoturístico en Quebrada de Pinte, Región de Atacama, Chile. Tesis de pregrado para optar al Título de Geólogo. Universidad de Atacama, Chile.
- Rojas, I. 2021. Caracterización litológica del sector Quebrada Pinte y determinación de la influencia de la geología del sector como potenciador turístico del Valle del Tránsito, Región de Atacama, Chile. Tesis de pregrado para optar al Título de Geólogo. Universidad de Atacama, Chile.
- Rossel, P.; Oliveros, V.; Ducea, M.; Labbé, M.; Charrier, R. 2011. The Late Jurassic Andean back-arc volcanism, northern Chile (26-31 °S). *Mineralogical Magazine* 75 : 1756-1756.

- Rossel, P.; Oliveros, V.; Ducea, M.; Charrier, R.; Scaillef, S.; Retamal, L.; Figueroa, O. 2013. The Early Subduction system as an analogue to island arcs: evidence from across-arc geochemical variations in the northern Chile. *Lithos*: 179: 211-230.
- Rzhonsnitskaya, M.A. 1956. Systematization of Rhynchonellida. In: GUZMÁN, E. (Ed.): Resúmenes de los trabajos presentados. Int. Geol. Congr., México. Report 20: 125-126.
- Salazar, E.; Coloma, F.; Creixell, C. 2013. Geología del área El Tránsito-Lagunillas, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 149: 106 p. 1 mapa a escala 1:100.000.
- Salvini-Pläwen, L.V. 1980. A reconsideration of systematics in the Mollusca (phylogeny and higher classification). *Malacologia* 19: 249-278.
- Sanders, H. L. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *Am. Nat.*, 102: 243-282.
- Sanz, A.R. 2013. Los rinconélidos (Braquiópodos) del Pliensbachiense en la cordillera Ibérica. Memoria para optar al grado de Doctor. Universidad Complutense de Madrid, España.
- Segerstrom, K. 1959. Cuadrángulo Los Loros, Provincia de Atacama. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile 1: 33 p. 1 mapa a escala 1:50.000. Santiago.
- Sieverts-Doreck, H. 1952. IN Moore RC, Lalicker CG, Fischer AG (1952) Invertebrate fossils. McGraw-Hill. New York, Toronto, London. 766 p., 455 fig.
- Sowerby, J. 1812-1822. The Mineral Conchology of Great Britain. - I: i-vii + 9-236, pi. 1-102 (1812-1814); II: 1-239, pi. 103-203 (1815-1818); III: 1-186, pi. 204-306 (1818-1821); IV: 1-104, pi. 307-327 (1821-1822); London (Meredith).
- Sowerby, J. De C. 1822-1846. The Mineral Conchology of Great Britain. - IV: 105-151, pi. 328-407 (1822-1823); V: 1-171, pi. 408-503 (1823-1825); VI: 1-235, pi. 504-609 (1826- 1829); Preface to the General Indexes and Systematic Index to the six volumes, 239-250 (1835); VII: Alphabetic Index to volumes I-VI, 1-80, pi. 610-648 (1840-1846); London.
- Streckeisen, A.L. 1976 Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. *N. Jahrb. Miner. Abh.*, 107, 144-240.
- Suess, E. 1861. Einige Bemerkungen über die secundären Brachiopoden Portugals. *Sitz. Ber. Akad. Wiss. Math. Nat. Kl. Wien*, 42 (28): 589-594. Udden, J. A. (1898). Mechanical composition of wind deposits. Augustana Library. USA. 69 p.
- Vaughan, T.W.; Wells, J.W. 1943. Revision of the suborders, families and genera of the Scleractinia. *Special Papers of the Geological Society of America*. 44: 1-363.
- Vera, J.A. 1994. Estratigrafía Principios y Métodos. Editorial Rueda. Primera Edición, 803 p. Madrid.

- Vicente, C.J. 2006. Dynamic Palaeogeography of the Jurassic Andean Basin: Pattern of regression and general consideration on main features. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Vol. 61 (3): 408-437.
- Vyalov, O. 1936. Sur la classification des huitres. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 4 (13): 17-20 no.1 (105).
- Waagen, W. H. 1883. Salt Range Fossils. I. Productus-Limestone Fossils. Geological Survey of India, *Memoirs, Palaeontologia Indica* (Series 13), 4(2): 391–546, pl. 29–49.
- Waller, T.R. 1978. Morphology, morphoclines and a new classification of the Pteriomorpha (Mollusca, Bivalvia). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 284: 345-365.
- Weaver, C. E. 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. *Mem. Univ. Washington* 1: 1-469, pi. 1-62; Seattle (University of Washington Press).
- Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *30* (5): 377-392.
- Williams, A., Carlson, S.J., Brunton, C.H.C., Holmer, L.E. & Popov, L.E. (1996). A supraordinal classification of the Brachiopoda. *Phil. Trans. Roy. Soc. London, ser. B*, 351: 1171-1193.
- Zittel, K.A. von. 1884. Mollusca und Arthropoda. *Handbuch der Paläontologie. Cephalopoda*, 1(2). Oldenburg, München und Leipzig, 329-522.

ANEXOS.

Anexo 1. Tabla con las muestras fósiles que no se pudieron determinar una taxonomía mayor.

Código muestra	Taxonomía	Alteraciones	Estado tafonómico
MPT-003	Braquíopod o	Desarticulado y abrasión	Resedimentado
MPT-004	Ninguna	Ninguna	Ninguna
MPT-033	Ostreído	Abrasión, desarticulados, recristalización de calcita y relleno sedimentario	Resedimentado?
MPT-034	Ostreído	Abrasión, desarticulados, recristalización de calcita y relleno sedimentario	Resedimentado?
MPT-035	Ostreído	Abrasión, desarticulados, recristalización de calcita y relleno sedimentario	Resedimentado?
MPT-036	Ostreído	Abrasión, desarticulados, recristalización de calcita y relleno sedimentario	Resedimentado?
MPT-037	Ostreído	Abrasión, desarticulados, recristalización de calcita y relleno sedimentario	Resedimentado?
MPT-038	Ostreído	Abrasión, desarticulados, recristalización de calcita y relleno sedimentario	Resedimentado?
MPT-042	Ostreído	Articulado, abrasión, recristalización de calcita, relleno sedimentario y litoencostamiento.	Resedimentado?

Código muestra	Taxonomía	Alteraciones	Estado tafonómico
MPT-044	Terebrátulido	Abrasión, litoencostramiento articulado y recristalización de calcita.	Resedimentado
MPT-045	Bivalvo	Abrasión, recristalización y desarticulado	Resedimentado
MPT-046	Terebrátulido	Articulado, recristalización de calcita y litoencostramiento	Acumulado
MPT-047	Bivalvo	desarticulado, abrasión y recristalización	Resedimentado?
MPT-048	Bivalvo	desarticulado, abrasión y recristalización	Resedimentado?
MPT-050	Ninguna	Fragmentos de conchas identificables	Resedimentado?
MPT-052	Bivalvo	Macerado	Resedimentado
MPT-057	Bivalvo	Molde interno	Reelaborado?
MPT-088	Terebrátulido	Desarticulados, recristalización de calcita y abrasión	Resedimentado
MPT-089	Terebrátulido	Desarticulados, recristalización de calcita y abrasión	Resedimentado
MPT-090	Ninguna	Macerados	Resedimentado
MPT-092	Terebrátulido	Abrasión, recristalización y articulado	Resedimentado?
MPT-093	Terebrátulido	Abrasión, recristalización y articulado	Resedimentado?

Código muestra	Taxonomía	Alteraciones	Estado tafonómico
MPT-095	Ninguna	Macerado	Resedimentado
MPT-096	Braquíopodo	Tanatocenosis y articulados	acumulados
MPT-097	Ninguna	Macerado	Resedimentado
MPT-101	Rinconélido	Articulado, recristalización de calcita y litoencostamiento	Resedimentado
MPT-102	Bivalvo	Desarticulado, recristalización de calcita, litoencostamiento y abrasión	Resedimentado
MPT-106	Bivalvo	Molde interno	Reelaborado?
MPT-107	Terebrátulido	Recristalizado y articulado	Resedimentado
MPT-108	Ammonoideo	Molde externo	Reelaborado?
MPT-109	Ammonoideo	Molde externo	Reelaborado?
MPT-110	Ammonoideo	Molde externo	Reelaborado?
MPT-111	Ammonoideo	Molde externo	Reelaborado?
MPT-112	Ammonoideo	Molde externo	Reelaborado?
MPT-116	Terebrátulido	Articulada, reemplazamiento por Si, abrasión y distorsión	Reelaborado?
MPT-117	Terebrátulido	Articulada, reemplazamiento por Si, abrasión y distorsión	Reelaborado?
MPT-118	Terebrátulido	Articulada, reemplazamiento por Si, abrasión y distorsión	Reelaborado?
MPT-128	Ammonoideo	Molde interno	Reelaborado?
MPT-129	Ammonoideo	Molde interno	Reelaborado?

Código muestra	Taxonomía	Alteraciones	Estado tafonómico
MPT-130	Bivalvo	Molde interno	Reelaborado?
MPT-197	Bivalvo	Molde interno	Reelaborado?
MPT-200	Rinconélido	Articulado, recristalización y abrasión	Resedimentado
MPT-210	Rinconélido	Articulados, abrasión, leve distorsión y recristalización	Resedimentado
MPT-212	Ninguna	Macerados	Resedimentado
MPT-221	Bivalvo	Molde interno	Reelaborado?
MPT-222	Bivalvo	Molde interno	Reelaborado?
MPT-239	Gastrópodo	Molde interno	Reelaborado?
MPT-243	Gastrópodo	Molde interno	Reelaborado?
MPT-288	Rinconélido	Recristalización, distorsión alta, abrasión y articulado	Resedimentado
MPT-289	Rinconélido	Recristalización, distorsión alta, abrasión y articulado	Resedimentado
MPT-290	Rinconélido	Recristalización, distorsión alta, abrasión y articulado	Resedimentado
MPT-291	Rinconélido	Recristalización, distorsión alta, abrasión y articulado	Resedimentado
MPT-292	Ninguna	Macerado	Resedimentado
MPT-302	Ammonoideo	Molde interno	Reelaborado?
MPT-304	Rinconélido	Distorsión, recristalización y articulado	Resedimentado?
MPT-311	Rinconélido	Distorsión, recristalizado y articulado	Resedimentado?

Código muestra	Taxonomía	Alteraciones	Estado tafonómico
MPT-312	Rinconélido	Distorsión, recristalizado y articulado	Resedimentado?
MPT-313	Rinconélido	Distorsión, recristalizado y articulado	Resedimentado?
MPT-325	Ammonoideo	Molde interno	Reelaborado?
MPT-326	Ammonoideo	Molde compuesto?	Reelaborado?
MPT-327	Ammonoideo	Molde compuesto?	Reelaborado?
MPT-328	Ammonoideo	Molde compuesto?	Reelaborado?
MPT-333	Bivalvo	Molde interno	Reelaborado?
MPT-334	Pectínido	Recristalización, distorsión y abrasión	Resedimentado?
MPT-335	Bivalvo	Recristalización, distorsión y abrasión	Resedimentado?
MPT-336	Icnofósil	Disolución	
MPT-338	Icnofósil	Disolución	
MPT-341	Pectínido	Articulado, recristalizado y abrasión	Resedimentado?

Anexo 2. Tabla con el contenido de muestras en estado tafonómico acumulado, resedimentado y/o reelaborado para los taxones muchos especímenes.

Taxón	Código	Estado tafonómico	Columna
<i>Gryphaea darwini</i>	MPT-179	Resedimentado	Columna cinco
	MPT-339	Acumulado	Columna uno
	MPT-340	Acumulado	Columna uno
<i>Gryphaea domurtieri</i>	MPT-039	Acumulado	Columna dos
	MPT-040	Resedimentado	Columna dos
	MPT-041	Resedimentado	Columna dos
	MPT-042	Acumulado	Columna dos
<i>Praechlamys valoniensis</i>	MPT-055	Acumulado	Columna dos
	MPT-056	Resedimentado	Columna dos
<i>Gryphaea</i> sp.	MPT-103	Resedimentado	Columna dos
	MPT-127	Resedimentado	Columna cuatro
	MPT-215	Acumulado	Columna cuatro
	MPT-216	Resedimentado	Columna cuatro
	MPT-331	Acumulado	Columna cinco
<i>Radulonectites sosneadoensis</i>	MPT-138	Remoción antropológica	Columna dos
	MPT-194	Acumulado	Columna cuatro
<i>Weyla alata</i>	MPT-001	Resedimentado	Columna uno
	MPT-091	Acumulado	Columna dos
	MPT-115	Resedimentado	Columna cuatro
	MPT-119	Resedimentado	Columna cuatro
	MPT-120	Resedimentado	Columna cuatro
	MPT-121	Resedimentado	Columna cuatro
	MPT-124	Acumulado	Columna cuatro
	MPT-190	Acumulado	Columna cinco
	MPT-191	Acumulado	Columna cinco
	MPT-195	Resedimentado	Columna cuatro
	MPT-196	Resedimentado	Columna cuatro
	MPT-198	Acumulado	Columna cuatro
	MPT-199	Acumulado	Columna cuatro
	MPT-240	Resedimentado	Columna cinco
	MPT-241	Resedimentado	Columna cinco
	MPT-242	Resedimentado	Columna cinco
	MPT-252	Resedimentado	Columna cinco
	MPT-276	Acumulado	Columna cinco
	MPT-277	Resedimentado	Columna cinco
	MPT-294	Acumulado	Columna cinco
MPT-295	Acumulado	Columna cinco	

Taxón	Código	Estado tafonómico	Columna
<i>Weyla titan</i>	MPT-094	Resedimentado	Columna dos
	MPT-226	Acumulado	Columna cinco
	MPT-307	Acumulado	Columna cinco
<i>Lithotrochus humboldtii</i>	MPT-057	Acumulado	Columna dos
	MPT-058	Acumulado	Columna dos
	MPT-062	Acumulado	Columna dos
	MPT-136	Acumulado	Columna cinco
	MPT-163	Acumulado	Columna cinco
	MPT-164	Acumulado	Columna cinco
	MPT-165	Acumulado	Columna cinco
	MPT-166	Acumulado	Columna cinco
	MPT-167	Acumulado	Columna cinco
	MPT-168	Acumulado	Columna cinco
	MPT-169	Acumulado	Columna cinco
	MPT-170	Acumulado	Columna cinco
	MPT-171	Acumulado	Columna cinco
	MPT-172	Resedimentado	Columna cinco
	<i>Hildaites murleyi</i>	MPT-104	Acumulado
MPT-105		Resedimentado	Columna dos
MPT-114		Acumulado	Columna dos
MPT-131		Acumulado	Columna cuatro
MPT-132		Acumulado	Columna cuatro
MPT-133		Acumulado	Columna cuatro
MPT-134		Acumulado	Columna cuatro
MPT-135		Acumulado	Columna cuatro
MPT-329		Acumulado	Columna cinco
<i>Lobothyris subpuctata</i>	MPT-018	Acumulado	Columna uno
	MPT-019	Acumulado	Columna uno
	MPT-020	Acumulado	Columna uno
	MPT-021	Acumulado	Columna uno
	MPT-022	Acumulado	Columna uno
	MPT-023	Acumulado	Columna uno
	MPT-024	Acumulado	Columna uno
	MPT-025	Acumulado	Columna uno
	MPT-026	Acumulado	Columna uno
	MPT-027	Acumulado	Columna uno
	MPT-028	Acumulado	Columna uno
	MPT-029	Acumulado	Columna uno
	MPT-030	Acumulado	Columna uno
	MPT-031	Acumulado	Columna uno
	MPT-125	Acumulado	Columna cuatro
	MPT-126	Acumulado	Columna cuatro
	MPT-201	Acumulado	Columna cuatro
	MPT-202	Acumulado	Columna cuatro
	MPT-203	Acumulado	Columna cuatro
	MPT-204	Acumulado	Columna cuatro
	MPT-205	Acumulado	Columna cuatro
MPT-206	Acumulado	Columna cuatro	
MPT-207	Acumulado	Columna cuatro	
MPT-208	Acumulado	Columna cuatro	
MPT-209	Acumulado	Columna cuatro	
MPT-219	Reelaborado	Columna cuatro	

Taxón	Código	Estado tafonómico	Columna
<i>Lobothyris subpuctata</i>	MPT-223	Reelaborado	Columna cuatro
	MPT-316	Acumulado	Columna cinco
	MPT-317	Acumulado	Columna cinco
	MPT-318	Acumulado	Columna cinco
	MPT-319	Acumulado	Columna cinco
	MPT-320	Acumulado	Columna cinco
	MPT-321	Acumulado	Columna cinco
	MPT-322	Acumulado	Columna cinco
	MPT-330	Acumulado	Columna cinco
<i>Lobothyris sinemuriensis</i>	MPT-049	Acumulado	Columna dos
	MPT-061	Acumulado	Columna dos
	MPT-063	Acumulado	Columna dos
	MPT-064	Acumulado	Columna dos
	MPT-065	Acumulado	Columna dos
	MPT-066	Acumulado	Columna dos
	MPT-068	Acumulado	Columna dos
	MPT-069	Acumulado	Columna dos
	MPT-070	Acumulado	Columna dos
	MPT-071	Acumulado	Columna dos
	MPT-156	Acumulado	Columna cinco
	MPT-157	Acumulado	Columna cinco
	MPT-158	Acumulado	Columna cinco
	MPT-161	Acumulado	Columna cinco
	MPT-162	Acumulado	Columna cinco
	MPT-173	Acumulado	Columna cinco
	MPT-174	Acumulado	Columna cinco
	MPT-175	Acumulado	Columna cinco
	MPT-225	Acumulado	Columna cinco
	MPT-227	Acumulado	Columna cinco
	MPT-228	Acumulado	Columna cinco
	MPT-229	Acumulado	Columna cinco
	MPT-230	Acumulado	Columna cinco
	MPT-231	Acumulado	Columna cinco
	MPT-232	Acumulado	Columna cinco
	MPT-255	Acumulado	Columna cinco
	MPT-256	Acumulado	Columna cinco
	MPT-257	Acumulado	Columna cinco
	MPT-258	Acumulado	Columna cinco
	MPT-259	Acumulado	Columna cinco
	MPT-260	Acumulado	Columna cinco
	MPT-261	Acumulado	Columna cinco
	MPT-263	Acumulado	Columna cinco
MPT-264	Acumulado	Columna cinco	
MPT-265	Acumulado	Columna cinco	
MPT-266	Acumulado	Columna cinco	
MPT-267	Acumulado	Columna cinco	
MPT-268	Acumulado	Columna cinco	
MPT-269	Acumulado	Columna cinco	
MPT-270	Acumulado	Columna cinco	
MPT-271	Acumulado	Columna cinco	
MPT-272	Acumulado	Columna cinco	
MPT-273	Acumulado	Columna cinco	
MPT-274	Acumulado	Columna cinco	
MPT-275	Acumulado	Columna cinco	
MPT-303	Reelaborado	Columna cinco	

Taxón	Código	Estado tafonómico	Columna
<i>Quadrirhynchia quadrata</i>	MPT-007	Reelaborado	Columna uno
	MPT-238	Acumulado	Columna cinco
	MPT-283	Acumulado	Columna cinco
	MPT-298	Acumulado	Columna cinco
	MPT-308	Acumulado	Columna cinco
<i>Gibbirhynchia curviceps</i>	MPT-074	Acumulado	Columna dos
	MPT-140	Acumulado	Columna cinco
	MPT-141	Acumulado	Columna cinco
	MPT-142	Acumulado	Columna cinco
	MPT-143	Acumulado	Columna cinco
	MPT-144	Acumulado	Columna cinco
	MPT-145	Acumulado	Columna cinco
	MPT-146	Acumulado	Columna cinco
	MPT-147	Acumulado	Columna cinco
	MPT-148	Acumulado	Columna cinco
	MPT-149	Acumulado	Columna cinco
	MPT-150	Acumulado	Columna cinco
	MPT-151	Acumulado	Columna cinco
	MPT-152	Acumulado	Columna cinco
	MPT-153	Acumulado	Columna cinco
	MPT-154	Acumulado	Columna cinco
	MPT-155	Acumulado	Columna cinco
	MPT-233	Acumulado	Columna cinco
	MPT-234	Acumulado	Columna cinco
	MPT-235	Acumulado	Columna cinco
	MPT-236	Acumulado	Columna cinco
	MPT-237	Acumulado	Columna cinco
	MPT-244	Acumulado	Columna cinco
	MPT-245	Acumulado	Columna cinco
	MPT-246	Acumulado	Columna cinco
	MPT-247	Acumulado	Columna cinco
	MPT-248	Acumulado	Columna cinco
	MPT-280	Acumulado	Columna cinco
	MPT-281	Acumulado	Columna cinco
	MPT-282	Acumulado	Columna cinco
MPT-309	Reelaborado	Columna cinco	
MPT-310	Reelaborado	Columna cinco	
<i>Montlivaltia</i> sp.	MPT-009	Resedimentado	Columna uno
	MPT-010	Resedimentado	Columna uno
	MPT-011	Resedimentado	Columna uno
	MPT-012	Acumulado	Columna uno
	MPT-305	Acumulado	Columna uno

Anexo 3. Tabla con cantidad de especímenes para cada taxón en las facies.

Asociaciones de facies/Taxones	Siliciclástica foreshore	Carbonática-siliciclástica foreshore	Carbonática-siliciclástica shoreface	Carbonática foreshore	Carbonática shoreface	Carbonática offshore
<i>Trigonia cf. stekneri</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Pholadomya fidicula</i>	0	0	0	1	2	0
<i>Plagiostoma sp.</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Pinna cf. radiata</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Gryphaea darwini</i>	0	2	0	0	0	0
<i>Gryphaea cf. dumortieri</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Gryphaea sp.</i>	0	1	0	0	2	0
<i>Radulonectites sosneadoensis</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Praechlamys cf. valoniensis</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Weyla alata</i>	0	3	5	0	1	0
<i>Weyla titan</i>	0	0	2	0	0	0
<i>Modiolus cf. scalprum</i>	0	0	0	0	3	0
<i>Lithotrochus humboldtii</i>	0	0	12	0	0	0
<i>Hildaïtes cf. murleyi</i>	0	0	0	0	0	11
<i>Lobothyris cf. punctata</i>	0	0	8	0	2	0
<i>Lobothyris cf. subpunctata</i>	0	0	23	0	9	0
<i>Lobothyris cf. sinemuriensis</i>	0	0	40	0	5	0
<i>Tetrarhynchia cf. ranina</i>	0	0	2	0	0	0
<i>Tetrarhynchia cf. dumbletonensis</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Tetrarhynchia cf. tetrahedra</i>	0	0	21	0	0	0
<i>Quadratrhynchia cf. quadrata</i>	0	0	4	0	0	0
<i>Gibbirhynchia cf. curviceps</i>	0	0	14	0	16	0
<i>Spiriferina cf. chilensis</i>	0	0	20	0	0	0
<i>Montlivaltia sp.</i>	0	0	3	0	0	0
<i>Thalassinoides sp.</i>	0	1	0	0	1	0

Anexo 4. Tabla con los especímenes para cada biofacies.

Especies/Biofacies	Wya	Lsms	Gphd	Hdml	Lthd	Gph	Lsp	Gphdt	Gbcv	Wya-Trth	Lsms-Sfch	Lthd-Sfch
<i>Trigonia cf. stelzneri</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pholadomya fidicula</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Plagiostoma sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pinna cf. radiata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Gryphaea darwini</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gryphaea cf. dumortieri</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Gryphaea sp.</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Radulonectites sosneadoensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Praechlamys cf. valoniensis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Weyla alata</i>	3	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	2
<i>Weyla titan</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Modiolus cf. scalprum</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Lithotrochus humboldtii</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	9
<i>Hildaïtes cf. murleyi</i>	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lobothyris cf. punctata</i>	0	1	0	0	0	0	6	0	2	0	1	0
<i>Lobothyris cf. subpunctata</i>	0	0	0	0	0	2	30	0	0	0	0	0
<i>Lobothyris cf. sinemuriensis</i>	0	27	0	0	1	0	0	0	5	0	9	3
<i>Tetrarhynchia cf. ranina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Tetrarhynchia cf. dumbletonensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Tetrarhynchia cf. tetrahedra</i>	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	8	3
<i>Quadratirhynchia cf. quadrata</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Gibbirhynchia cf. curviceps</i>	0	13	0	0	0	0	0	0	16	0	1	0
<i>Spiriferina cf. chilensis</i>	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	8
<i>Montlivaltia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0
<i>Thalassinoides sp.</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Anexo 5. Fotografía del punto uno del sector La Pirámide, en este se observa las areniscas gruesas calcáreas erosionando a una caliza *mudstone* y por sobre la caliza esta un estrato de conglomerado.



Anexo 6. Fotografía del punto dos de La Pirámide. A: se observa el estrato de conglomerado que marca la superficie de la transgresión del Toarciense inferior. B: presenta fragmento de molde externo de ammonoideo que se presenta en biofacies de *Hildaites* cf. *murleyi* y en la asociación de facies cos.



Anexo 7. Fotografía de los estratos de la facies vulcano sedimentaria, se puede observar las laminaciones de estas capas.



Anexo 8. Conjunto de imágenes que corresponden al punto cuatro señalado para La Pirámide en la que se observa la intercalación de calizas con areniscas donde se observaría la ausencia de varios taxones marcando una extinción

Anexo 9. Fotografía que corresponde al punto cinco mencionado para la ruta de paleontológica de La Pirámide que tiene el estrato de calcarenita que contiene gran número de *Weyla alata*.



Anexo 10. Mapa de ubicación de la ruta paleontológica del sector “La Pirámide” con sus cinco lugares más relevantes.

