



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Facultad de Ciencias Químicas
Departamento Ciencias de la Tierra



ANÁLISIS DE LITOFACIES DE LA SECCIÓN SUPERIOR DE LOS ESTRATOS DE SIERRA DE LAGUNAS (JURÁSICO INFERIOR), REGIÓN DE TARAPACÁ, CHILE

Memoria para optar al Título de Geólogo

Matías Clunes Squella

Profesora Patrocinante: Dra. Verónica Laura Oliveros Clavijo
Profesional Guía: Dra. Paulina Soledad Vásquez Illanes
Profesores Comisión: Dr. Oscar Enrique Figueroa Arriagada
Dr. Luis Arturo Quinzio Sinn

Concepción, 2018

ÍNDICE

Página

RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	1
1.1.1. Objetivo general	1
1.1.2. Objetivos específicos	1
1.2. Ubicación y accesos	1
1.3. Metodología de trabajo	2
1.3.1. Etapa de gabinete I	2
1.3.2. Etapa de terreno	3
1.3.3. Etapa de gabinete II	3
1.4. Trabajos anteriores	5
1.5. Agradecimientos	7
2. GEOLOGÍA REGIONAL	8
2.1. Paleozoico	8
2.1.1. Granitoides del Carbonífero Superior	8
2.2. Mesozoico	11
2.2.1. Estratos de Sierra de Lagunas	11
2.2.2. Intrusivos hipabisales del Triásico Superior-Jurásico Inferior	12
2.2.3. Formación Longacho	12
2.2.4. Formación Oficina Viz	13
2.2.5. Monzonita Vetarrón	13
2.2.6. Grupo Huantajaya	14
2.2.6.1. Formación Caleta Lígate	14
2.2.6.2. Formación El Godo	15
2.2.7. Formación Punta Barranco	15
2.2.8. Intrusivos subvolcánicos del Cretácico Inferior	16
2.2.9. Complejo Intrusivo Montevideo	17
2.3. Cenozoico	17
2.3.1. Gravas de Alto Hospicio	17
2.3.2. Formación Soledad	18
2.3.3. Depósitos aluviales	18
2.3.4. Depósitos salinos	18
2.3.5. Depósitos eólicos	19
2.3.6. Depósitos coluviales	19
2.4. Marco geotectónico	20
2.5. Estructuras	20
3. MARCO TEÓRICO	22
4. GEOLOGÍA LOCAL	26
4.1. Generalidades	26

4.2. Formación Longacho	28
5. ANÁLISIS DE LITOFACIES	33
5.1. Brecha lítica masiva	33
5.1.1. Descripción	33
5.1.2. Interpretación	39
5.2. Toba de lapilli masiva	40
5.2.1. Descripción	40
5.2.2. Interpretación	43
5.3. Tobas vítreas	44
5.3.1. Descripción	44
5.3.2. Interpretación	48
5.4. Andesitas y dacitas masivas	48
5.4.1. Descripción	48
5.4.2. Interpretación	51
5.5. Dacitas laminadas	51
5.5.1. Descripción	51
5.5.2. Interpretación	54
5.6. Toba de lapilli soldada	55
5.6.1. Descripción	55
5.6.2. Interpretación	56
5.7. Tobas con lapilli acrecionario	57
5.7.1. Descripción	57
5.7.2. Interpretación	61
5.8. Alternancia de tobas vítreas y tobas de lapilli, vítreas y líticas	62
5.8.1. Descripción	62
5.8.2. Interpretación	67
5.9. Brecha dacítica de bloques y ceniza	67
5.9.1. Descripción	67
5.9.2. Interpretación	69
6. DISCUSIÓN	70
6.1. Sucesiones de facies	70
6.1.1. Bloque este	70
6.1.1.1. Descripción	70
6.1.1.2. Asociaciones de facies	70
6.1.2. Bloque oeste	71
6.1.2.1. Descripción	71
6.1.2.2. Asociaciones de facies	71
6.1.3. Temporalidad de bloques	74
6.2. Modelo eruptivo	74
6.2.1. Bloque este	74
6.2.2. Bloque oeste	75
6.3. Volcanismo del Triásico Superior al Jurásico Inferior en el norte de Chile	78
6.3.1. Características geotectónicas	78

6.3.2. Unidades del norte de Chile afines con los Estratos de Sierra de Lagunas	79
6.3.3. El arco volcánico y el tras-arco durante el Jurásico Inferior en el norte de Chile	81
7. REFERENCIAS	85
ANEXO PETROGRAFÍA	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1. 1.	Mapa de ubicación y accesos	2
1. 2.	Clasificación de rocas piroclásticas según el tamaño de sus componentes	4
2. 1.	Mapa de la geología regional	9
2. 2.	Esquema estratigráfico resumen para las unidades expuestas a escala regional en la zona de estudio	9
2. 3.	Sistema de Fallas de Chuculay a lo largo del Cordón de la Sal	21
3. 1.	Orígenes de una corriente de densidad piroclástica	23
3. 2.	Tipos de ZLF con perfiles de concentración y velocidad de las partículas	24
4. 1.	Mapa de distribución de litofacies	27
4. 2.	Disposición homoclinal de los Estratos de Sierra de Lagunas en el Cordón de La Sal	28
4. 3.	Secciones estratigráficas LONG3 y LONG2	29
4. 4.	Fotomicrografía de la muestra GSC-043t	30
4. 5.	Calizas wackestone	30
4. 6.	Sección estratigráfica LONG1	31
4. 7.	Relaciones de contacto de la Formación Longacho	32
5. 1.	Mapa del área de estudio dividida en los bloques este y oeste	33
5. 2.	Sección estratigráfica BO4	34
5. 3.	Afloramientos de brecha lítica masiva	35
5. 4.	Afloramiento de brecha lítica masiva en el sector central del área de estudio	36
5. 5.	Fotomicrografías de fragmentos de roca en brecha lítica masiva	37
5. 6.	Texturas en fragmentos de la litofacies BrIm	38
5. 7.	Afloramiento de toba de lapilli masiva	40
5. 8.	Fotomicrografías de la muestra GSC-008t	41
5. 9.	Estructuras de desgasificación en toba de lapilli masiva	42
5.10.	Contacto entre tobas vítreas y toba de lapilli masiva	43
5.11.	Intercalación de tobas vítreas	44
5.12.	Sección estratigráfica BO3	45
5.13.	Estructuras depositacionales en tobas vítreas	46
5.14.	Fotomicrografías de la muestra GSC-026t	47
5.15.	Andesitas y dacitas masivas	49
5.16.	Lava brechosa andesítica	50
5.17.	Estructura concéntrica de un domo de lava	51
5.18.	Relaciones de contacto de dacitas laminadas	52

5.19.	Laminación milimétrica en dacitas	53
5.20.	Características a escala de afloramiento de dacitas laminadas	54
5.21.	Evidencias de soldamiento en toba de lapilli	55
5.22.	Fotomicrografía de la muestra GSC-028t	56
5.23.	Partículas de lapilli acrecionario	57
5.24.	Alteración en partículas de lapilli acrecionario	58
5.25.	Fotomicrografías de partículas de lapilli acrecionario	59
5.26.	Sección estratigráfica BO1	60
5.27.	Origen de las partículas de lapilli acrecionario	61
5.28.	Sección estratigráfica LONG3	63
5.29.	Fotomicrografías de muestras de la litofacies TvL	64
5.30.	Afloramientos de la litofacies TvL	65
5.31.	Litofacies TvL a escala microscópica y de afloramiento	66
5.32.	Brecha dacítica de bloques y ceniza	68
5.33.	Generación de un flujo de bloques y ceniza a partir del colapso de un domo	69
6. 1.	Asociaciones de facies	72
6. 2.	Perfil esquemático a lo largo del Cordón de la Sal	74
6. 3.	Diagramas esquemáticos para la interpretación de la evolución del sistema magmático en el bloque este y las distintas litofacies asociadas	76
6. 4.	Diagramas esquemáticos para la interpretación de la evolución del sistema magmático en el bloque oeste y las distintas litofacies asociadas	77
6. 5.	Mapa del norte de Chile entre los 20°-28° de latitud sur	84
6. 6.	Cuadro cronoestratigráfico con unidades volcánicas y sedimentarias del Triásico Superior al Jurásico Medio	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
3. 1.	Abreviaciones y símbolos utilizados para litologías y estructuras en litofacies de rocas piroclásticas	25

RESUMEN

Los Estratos de Sierra de Lagunas, expuestos a lo largo del Cordón de la Sal, ubicado en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa de la Región de Tarapacá, preservan los productos volcánicos de centros eruptivos del Jurásico Inferior y se asocian estrechamente a rocas calcáreas de la Formación Longacho (Sinemuriano), ambas unidades dispuestas en inconformidad sobre el basamento de edad Paleozoico (Granitoides del Carbonífero Superior).

En el área de estudio, se han reconocido nueve litofacies para la unidad, que representan dos etapas sucesivas y diferentes de actividad volcánica. Los afloramientos son divididos en los bloques este y oeste, concordantes entre sí y en contacto por falla. En la base del bloque este afloran tobas de ceniza y lapilli (TvL) que se interdigitan con areniscas calcáreas de la Formación Longacho. El resto de la secuencia la componen un nivel de brechas dacíticas de bloques y ceniza (Bd) y alternancias de tobas de ceniza y lapilli. Las litofacies de la base del bloque oeste corresponden a rocas piroclásticas con granulometrías gruesas, como las brechas líticas masivas (Brlm), a más finas, entre las cuales están las tobas de lapilli masivas (TLm), tobas de lapilli soldadas (TLsol) y tobas de ceniza vítreas (Tv). Los niveles superiores los conforman rocas efusivas andesíticas (ADm) y dacíticas con laminación (DI). Intercaladas entre andesitas y dacitas existen niveles de las litofacies anteriores y una capa métrica de tobas con lapilli acrecionario (TLac).

El análisis de las litofacies presentes en ambas secuencias permite proponer un modelo eruptivo separado en dos etapas. La primera con actividad explosiva subaérea y caída de piroclastos en ambiente continental y marino, flujos piroclásticos en las laderas del edificio volcánico y colapso de un cuerpo extrusivo de composición dacítica. La actividad volcánica de la segunda etapa comienza con flujos de piroclastos en corrientes saturadas y diluidas en partículas, para terminar en emisión de lava andesítica y dacítica con crecimiento de un cuerpo extrusivo dacítico y formación de partículas de lapilli acrecionario por presencia de humedad en la pluma eruptiva.

En el norte de Chile existen diversos pares de unidades volcánicas y sedimentarias depositadas entre el Triásico Superior y el Jurásico Inferior. Aparentemente, durante este periodo, el margen sudamericano se encontraba activo y de manera continua entre el Paleozoico y el Mesozoico, bajo un régimen transtensivo relacionado directamente con la subducción oblicua. Numerosas unidades geológicas han sido estudiadas y asignadas a este periodo, así como también parte de los Estratos de Sierra de Lagunas y la Formación Longacho, formaciones que constituirían parte del arco volcánico del Jurásico Inferior y cuencas sedimentarias asociadas.

INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Establecer el origen y las condiciones de depositación de las rocas volcánicas y volcanoclásticas que constituyen la sección superior de los Estratos de Sierra de Lagunas.

1.1.2. Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar las diferentes litofacies presentes en la sección superior de los Estratos de Sierra de Lagunas.
- Interpretar los diferentes procesos geológicos que dan origen a las litofacies del área de estudio.
- Reconstruir el ambiente depositacional de las secciones estratigráficas estudiadas.
- Interpretar y contextualizar la evolución geológica del sector en un marco geológico regional.

1.2. Ubicación y accesos

Los afloramientos de los Estratos de Sierra de Lagunas estudiados están ubicados en el Cordón de la Sal, en el sector nororiental de la Cordillera de la Costa, dentro de la Carta Guanillos-salar de Llamara. El Cordón de la Sal constituye un rasgo fisiográfico visible a escala regional, y se encuentra a, aproximadamente, 100 km al SE de Iquique y 20 km al SW de la Estación Lagunas, en la Cordillera de la Costa de la comuna de Pozo Almonte, dentro de la Región de Tarapacá (Figura 1.1). Al área de estudio se puede acceder desde la ruta 5 por la ruta A-780 hasta el km 20, que conecta la primera con Minera Eloísa, o desde el sur de Iquique, por la ruta 1 y posteriormente, las rutas A-756 y A-750, que conducen hasta la ruta A-780. Es posible recorrer la zona en vehículos de doble tracción por medio de huellas que conectan distintos hitos mineros situados en el sector.

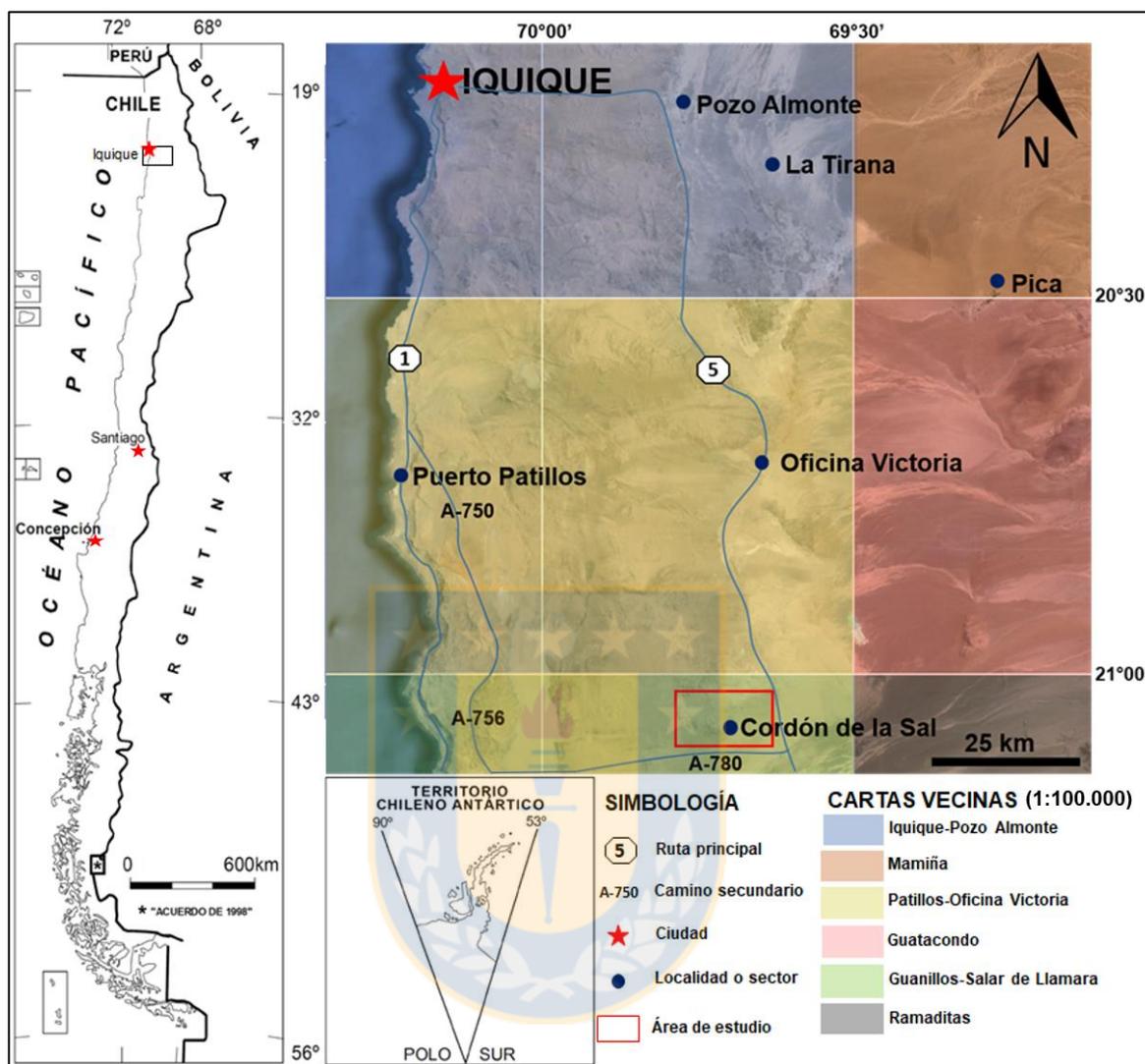


Figura 1.1 Mapa de ubicación y accesos.

1.3. Metodología de trabajo

La metodología de trabajo se dividió en tres etapas: etapa de gabinete I, etapa de terreno y etapa de gabinete II, las cuales son descritas a continuación.

1.3.1. Etapa de gabinete I

En primer lugar se definieron los objetivos de las campañas de terreno, se recopiló la información de los trabajos anteriores realizados en el área de estudio, las imágenes satelitales para efectuar el

levantamiento geológico, en particular la versión preliminar de dicha carta con las definiciones y características litológicas de cada unidad presente en la zona de estudio. Además, se revisó bibliografía relacionada con el estudio de litofacies piroclásticas y procesos volcánicos y piroclásticos, específicamente las publicaciones de Fisher y Schmincke (1984), Cas y Wright, (1987), Branney y Kokelaar (2002), Martin y Nemeth (2007), Parfitt y Wilson (2009) y Sigurdsson *et al.* (2015). Adicionalmente, durante esta etapa se analizaron y describieron, bajo un microscopio binocular Olympus BX51 en la Sala de Petrografía del Servicio Nacional de Geología y Minería, cortes transparentes disponibles de la unidad a estudiar. Previo al trabajo de campo se prepararon las herramientas necesarias para ello, como brújula Brunton, navegador GPS Garmin Etrex 30, tablet GETAC V100, cámara fotográfica digital Canon, lupa de mano Bausch y Lomb 14x, martillo geológico Eastwing, ácido clorhídrico diluido al 10%, lápiz rayador con punta de tungsteno e imán y libreta de campo.

1.3.2. Etapa de terreno

El trabajo de terreno se dividió en tres campañas en los meses de mayo, septiembre y octubre del año 2016, cada una con una duración aproximada de dos semanas, con el respaldo logístico del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Durante el trabajo de campo se recolectaron datos petrográficos, estructurales, se efectuaron descripciones bajo la lupa de mano, se fotografiaron los puntos de interés para las descripciones y la interpretación. Además, se levantó un mapa de terreno a escala 1:15.000 con la distribución de las distintas litofacies identificadas, con el software ArcGis 9.3. y sus aplicaciones ArcMap y ArcCatalog, y siete secciones estratigráficas dentro del área de estudio. Se recolectaron muestras de roca para la posterior descripción petrográfica bajo la lupa binocular y el microscopio. La ubicación geográfica de los puntos visitados se complementó con el uso del navegador GPS.

1.3.3. Etapa de gabinete II

La segunda etapa de trabajo en gabinete, consistió identificar y definir las litofacies presentes en la unidad estudiada, basándose en la interpretación de los datos obtenidos en terreno, en la descripción

de cortes transparentes disponibles de campañas previas y en el análisis de las muestras recolectadas en el presente estudio. La descripción de los cortes transparentes característicos de cada litofacies se realizó bajo un microscopio binocular Olympus BX51 en la Sala de Petrografía del SERNAGEOMIN. Se confeccionó el mapa definitivo de distribución de las diferentes litofacies con el software ArcGis 10.4.1. y sus aplicaciones ArcMap y ArcCatalog, en tanto, las secciones estratigráficas fueron digitalizadas con el software Adobe Illustrator CS10. Posterior a ello, se estudiaron las descripciones de terreno y microscópicas de las litofacies con la ayuda de la bibliografía con el objetivo de interpretar las condiciones y ambiente bajo las cuales fueron depositadas las distintas secuencias. Para el análisis de litofacies se utilizaron las litofacies piroclásticas propuestas por Branney y Kokelaar (2002), con su respectiva nomenclatura, en tanto, para la clasificación de rocas piroclásticas se empleó la nomenclatura de la figura 1.2 de Le Maitre *et al.* (2002), basada en la propuesta de Schmid (1981) y para las rocas volcánicas la de Streckeisen (1973). Finalmente, a través de este análisis, se propone un modelo que permite explicar las distintas litofacies y los ambientes depositacionales de las rocas del área de estudio.

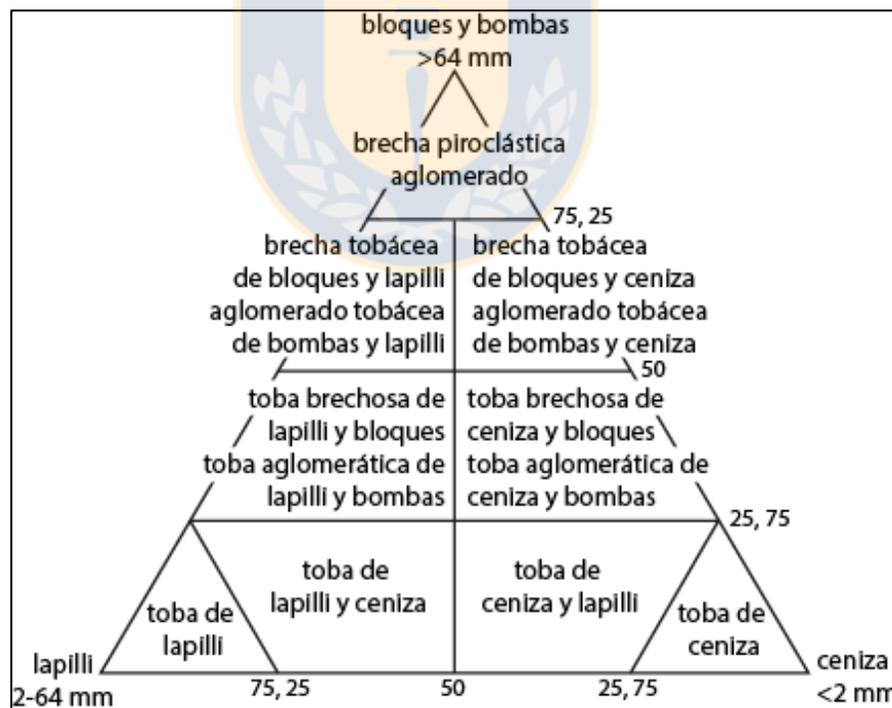


Figura 1.2 Clasificación de rocas piroclásticas según el tamaño de sus componentes. Modificada de Le Maitre *et al.* (2002) que incluye la separación de tobas y brechas tobáceas propuesta por Schmid (1981).

1.4. Trabajos anteriores

En el marco del levantamiento geológico de la Hoja Quillagua, a escala 1:250.000, Skármeta y Marinovic (1981) agrupan las rocas volcánicas y volcanosedimentarias expuestas a lo largo del Cordón de la Sal y en la Sierra Lagunas dentro de la Formación La Negra, debido a la continuidad lateral observada entre ambas secuencias. Las intercalaciones sedimentarias, que en la zona corresponden a calizas y areniscas calcáreas, también son asignadas a dicha unidad y se les confiere una edad máxima Sinemuriano, en base a la presencia de ammonoideos de los géneros *Arnioceras* sp., *Pseudoasteroceras* sp. y *Arietidae* indet. en afloramientos al sur del río Loa.

Gröschke *et al.* (1988) describen e interpretan los sedimentos marinos depositados durante el Mesozoico en el norte de Chile, los cuales tienen, durante todo el Jurásico, interacción con actividad volcánica. Específicamente, entre el Hettangiano y el Sinemuriano, los autores ubican el arco de islas volcánicas al oeste de la Cordillera de la Costa, con ocurrencias hacia el este a fines del Jurásico Medio. Por medio de mapas de isópacas, Prinz *et al.* (1994) estudian las tasas de acumulación y subsidencia entre el Nórico y el Kimmeridgiano, en el depocentro denominado la Cuenca Marginal del Mesozoico del norte de Chile, que es formada, esencialmente, durante el Sinemuriano, entre los 20° y los 29° latitud Sur. En paralelo, se encuentra activo el volcanismo asociado a la Formación La Negra, que junto a las rocas marinas, constituyen el arco magmático y la cuenca de tras-arco del Mesozoico, respectivamente.

Posteriormente, y sobre la base de mapeo de estructuras de la Hoja Quillagua, Allmendinger *et al.* (2005) investigan diversos escarpes con orientación E-W localizados entre los 19° y los 21,6°S. En el área de estudio, analizan el sistema estructural de Chuculay, el cual es caracterizado como tipo inverso y que da origen a escarpes de hasta 350 m, en el cerro homónimo. En dicho trabajo, que contempla el área de Chuculay y otras zonas aledañas, en base al estudio de las fallas inversas mencionadas anteriormente, Allmendinger *et al.* (2005) entregan evidencias de acortamiento paralelo al límite entre las placas de Nazca y Sudamericana. En línea con este trabajo, Carrizo *et al.* (2008) documentan la actividad de fallas neógenas en los alrededores del salar Grande, en la Cordillera de la Costa del norte de Chile y definen tres sistemas principales, entre los cuales está

el Sistema de Fallas Chuculay, de orientación WNW-ESE. Las fallas que constituyen este sistema exhiben una cinemática inversa y desplazan depósitos de gravas miocenas, depósitos evaporíticos pliocenos y depósitos aluviales pliocenos-pleistocenos. Para establecer la edad de la actividad tectónica, los autores datan una capa de ceniza deformada, mediante el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, que establece una edad máxima Pleistoceno para la actividad local de las fallas más tardías del Sistema de Fallas Chuculay. En tanto, González *et al.* (2008), enfocan su estudio a las grietas de extensión formadas en la parte superior de los escarpes del Sistema de Fallas Chuculay y determinan que su origen se debe al estiramiento de la superficie del terreno por el plegamiento de las paredes colgantes por propagación de falla. En continuidad con los estudios estructurales efectuados anteriormente en la zona, Allmendinger y González (2010) señalan que el comportamiento de estas estructuras durante las distintas etapas del ciclo sísmico refleja procesos relacionados al acoplamiento entre las placas de Nazca y Sudamericana, como por ejemplo, que las grietas en la superficie son generadas tanto durante el periodo intersísmico como en el cosísmico.

En un contexto regional, Oliveros *et al.* (2006) realiza diversas dataciones $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en rocas volcánicas y plutónicas de la Cordillera de la Costa del norte de Chile, específicamente, entre los $18^{\circ}30' - 24^{\circ}\text{S}$. El análisis se restringe a la Formación La Negra y sus equivalentes, que están expuestas en las cercanías del área de estudio. El objetivo es conocer la edad de la actividad magmática relacionada con la Subducción Andina Temprana. En este estudio se restringe la actividad volcánica a los 175-150 Ma, en tanto, el plutonismo se desarrolló entre los 160-142 Ma, siendo, en parte, contemporáneo al volcanismo. Los datos reunidos permiten a los autores definir la Provincia Mágica Andina Temprana (*Early Magmatic Andean Province*), caracterizada como uno de los mayores eventos geológicos del Mesozoico.

Finalmente, Sepúlveda *et al.* (2014) introducen la unidad informal de los Estratos de Sierra de Lagunas, en el desarrollo del levantamiento geológico escala 1:100.000 de las cartas Patillos-Oficina Victoria. Bajo este nombre, agrupan los afloramientos ubicados en el segmento central de la Cordillera de la Costa, aproximadamente, entre el borde oriental del salar Grande y la Sierra de Lagunas. La unidad está compuesta por una secuencia de lavas andesíticas a andesíticas basálticas porfídicas y lavas afaníticas, con texturas traquíticas y brechosas, intercaladas con areniscas y,

localmente, lentes de tobas. Por medio de dataciones U-Pb en circones, los autores le asignan una edad que va desde el Triásico Superior al Jurásico Inferior. En la misma línea del trabajo de Sepúlveda *et al.* (2014), Vásquez *et al.* (2015) reúnen antecedentes geocronológicos y estratigráficos obtenidos durante el levantamiento geológico 1:100.000 de las cartas Iquique-Pozo Almonte (Vásquez y Sepúlveda, 2013), Patillos-Oficina Victoria (Sepúlveda *et al.*, 2014) y Guanillos-salar de Llamara, de las unidades que representan el volcanismo mesozoico en la Cordillera de la Costa entre los 20° y 21°S, como lo son los Estratos de Sierra de Lagunas, la Formación Oficina Viz, las formaciones Caleta Lígate y El Godo y la Formación Punta Barranco. Los autores presentan edades que indicarían que las rocas volcánicas relacionadas con la Subducción Andina Temprana (Oliveros *et al.*, 2006) se comenzaron a depositar en la Cordillera de la Costa al menos desde el Triásico Superior, evento que se prolongaría hasta el Cretácico Inferior.

1.5. Agradecimientos

A Paulina Vásquez por compartir su conocimiento y entregar la posibilidad de realizar la memoria de título en las oficinas de SERNAGEOMIN, a Esteban Salazar y Fernando Sepúlveda, por el apoyo prestado en terreno y gabinete y traspasar su experiencia como geólogos, a Laura Varas por su tiempo, dedicación y sabiduría, a Valeria Gutiérrez por ayudar cada vez que fue necesario a lo largo de mi estadía en SERNAGEOMIN, a los geólogos del Departamento de Geología General que entregaron sus ideas y consejos, y en general, a todos los geólogos del octavo piso que siempre dispusieron de herramientas de terreno e información. A los profesores Verónica Oliveros, Luis Quinzio y Oscar Figueroa, por sus consejos y participación en las diferentes etapas de esta memoria de título. A los conductores de SERNAGEOMIN, por su esencial trabajo en cada campaña de terreno. A Eugenio Orellana, por su labor en cada día de campaña, al personal de la Oficina Regional de Iquique por mantener sus puertas abiertas y a todos quienes participaron de las tres salidas a terreno, a María Esperanza Aravena y Carolina Rojas, por no dudar en ayudar a cada alumno cuando lo requiere y al personal docente y auxiliar del Departamento Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción que me formaron como Geólogo. A mi familia, Patricia, Giovanni, María José y Macarena, por su apoyo incondicional.

2. GEOLOGÍA REGIONAL

La Cordillera de la Costa del norte de Chile está formada por rocas mesozoicas volcánicas, plutónicas y sedimentarias, que sobreyacen o intruyen al basamento paleozoico. Las unidades volcánicas mesozoicas expuestas a escala regional entre los 20° y 21°S, como es el caso de la Formación Oficina Viz y litofacies volcánicas de las formaciones Caleta Lígate y El Godo, del Grupo Huantajaya, han sido descritas como producto de la Subducción Andina Temprana (Kramer *et al.*, 2005; Oliveros *et al.*, 2006). Este proceso que se desarrollaría esencialmente entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior (Oliveros *et al.*, 2006). Sin embargo, datos geocronológicos más recientes obtenidos por Sepúlveda *et al.* (2014) en rocas volcánicas y volcanoclásticas de los Estratos de Sierra de Lagunas, previamente asignadas a la Formación La Negra (Skármeta y Marinovic, 1981), permiten extender el comienzo de este evento hasta al menos el Triásico Superior. Por lo tanto, los Estratos de Sierra de Lagunas representarían una primera manifestación de la actividad magmática relacionada con la Subducción Andina Temprana (Vásquez *et al.*, 2015), precursora del volcanismo asociado a la Formación La Negra.

El basamento paleozoico y las unidades mesozoicas son cubiertas por rocas y depósitos no consolidados de origen aluvial, eólico, evaporítico y coluvial, generados durante el Cenozoico, que abarcan gran parte del área de las cartas (Figura 2.1), entre las que se encuentran, con mayor expresión superficial, las Gravas de Alto Hospicio, la Formación Soledad y los depósitos aluviales, salinos, eólicos y coluviales (Sepúlveda *et al.*, 2014). Las unidades son descritas a continuación, con énfasis en aquellas que permiten caracterizar el volcanismo mesozoico (Figura 2.2).

2.1. Paleozoico

2.1.1. Granitos del Carbonífero Superior

Corresponde al basamento de las rocas triásico-jurásicas, analizadas en el presente estudio, y lo componen granitos de grano grueso con textura alotromórfica inequigranular y color gris claro rosáceo, con biotita como único mineral máfico (Sepúlveda *et al.*, 2014).

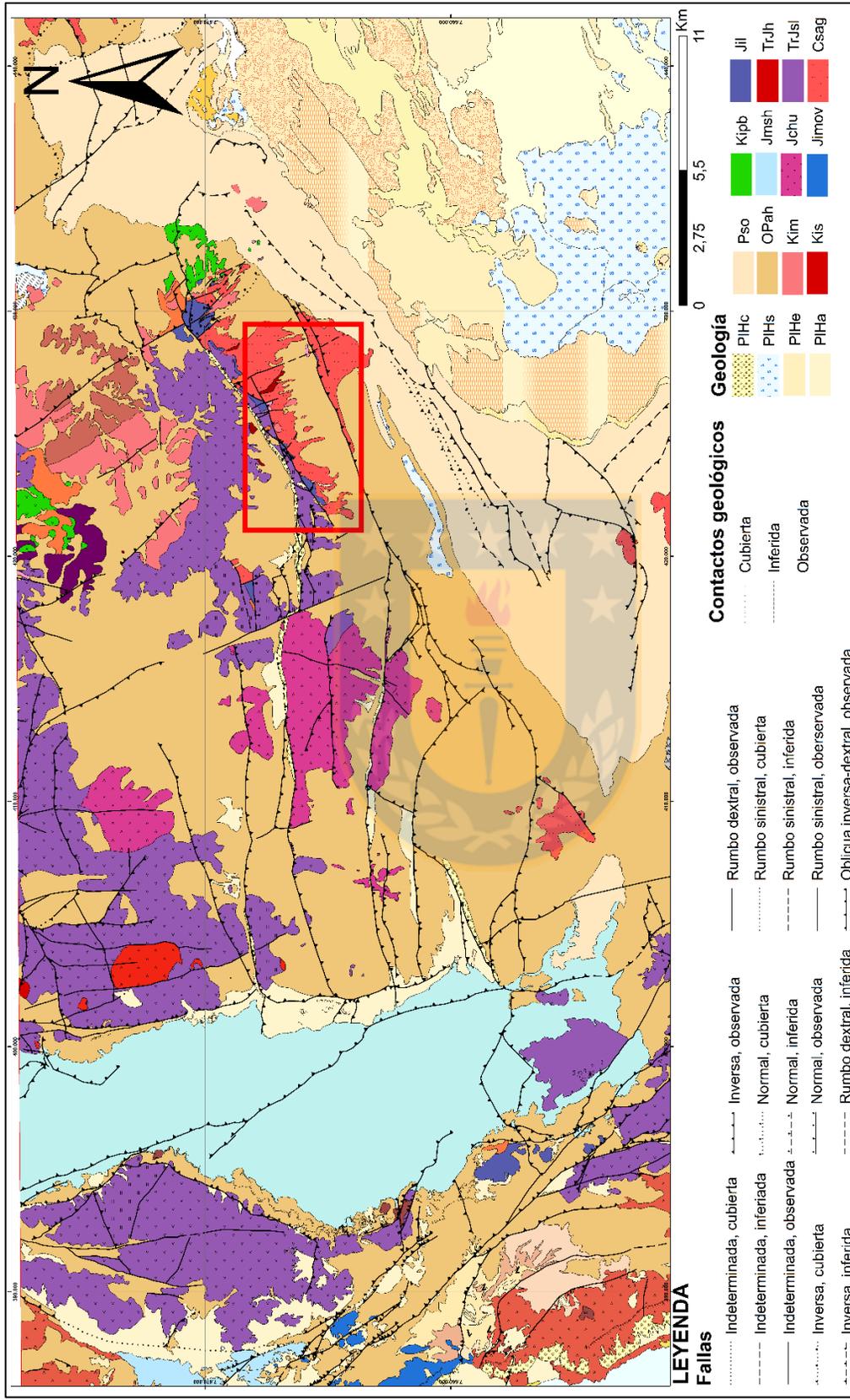


Figura 2.1 Mapa de la geología regional. En el recuadro rojo se señala el área de estudio. Csag: Granitos del Carbonífero Superior alto. TrJsl: Estratos de Sierra de Lagunas. TrJh: Cuerpos hipabisales del Triásico Superior. Jil: Formación Longacho. Jmov: Formación Oficina Viz. Jchu: Monzonita Chuculay. Jmsh: Grupo Huantajaya (Jmseg: Formación El Godo, Jmcl: Formación Caleta Ligate). Kipb: Formación Punta Barranco. Kis: Intrusivos subv. del Cretácico Inferior. Kim: C. Intrusivo Montevideo. OPah: Gravas de Alto Hospicio. Pso: Formación Soledad. PIHa: Depósitos aluviales. PIHe: Depósitos eólicos. PIHs: Depósitos salinos. PIHc: Depósitos coluviales. Modificado de Blanco *et al.* (2012).

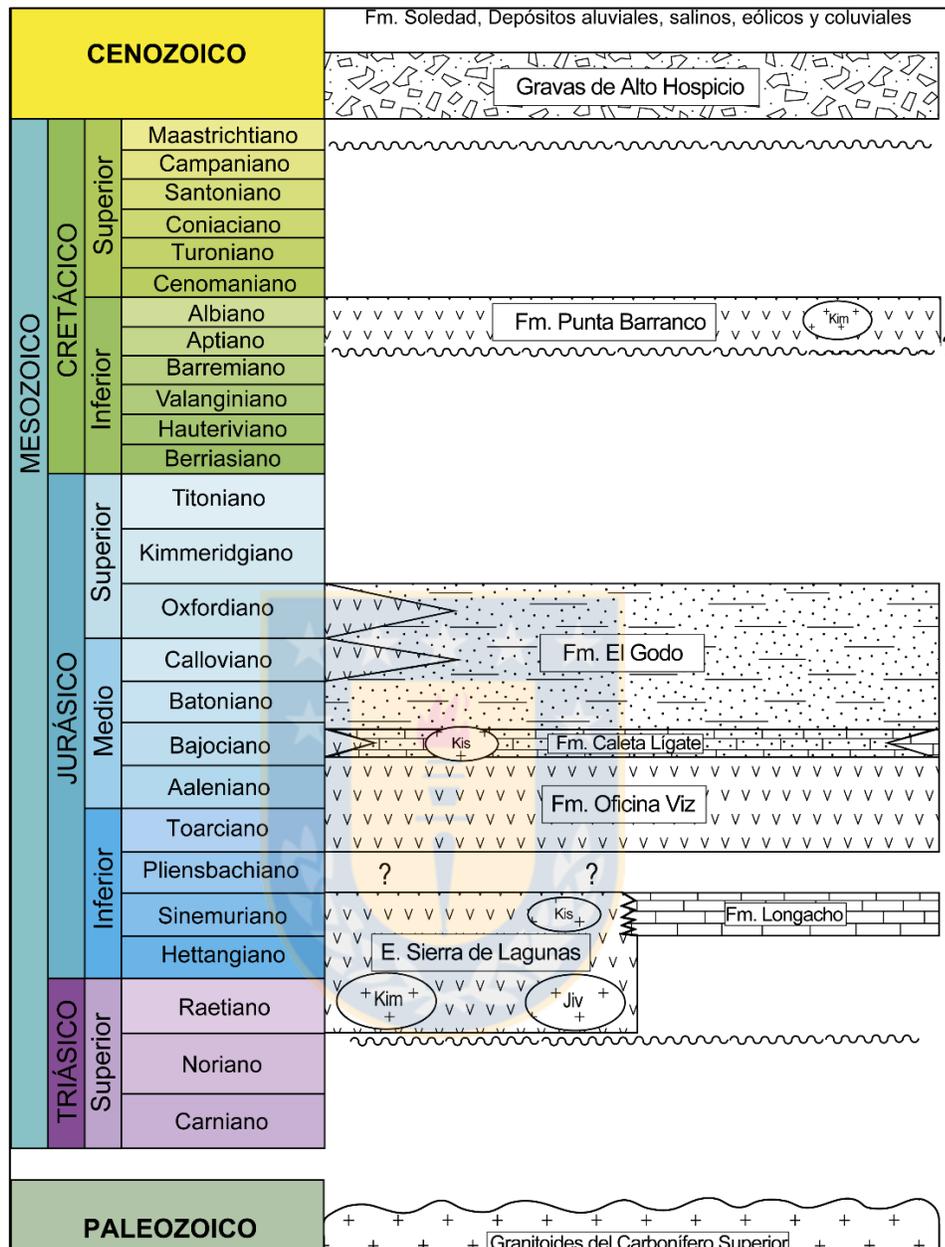


Figura 2.2 Esquema estratigráfico resumen para las unidades expuestas a escala regional en la zona de estudio. Jiv: Monzonita Vetarrón; Kim: Complejo Intrusivo Montevideo; Kis: Intrusivos subvolcánicos del Cretácico Inferior (Sepúlveda *et al.*, 2014).

Los granitos están expuestos en suaves lomajes, cuya meteorización genera maicillo y son cubiertos por las Gravas de Alto Hospicio y por la Formación Soledad (Sepúlveda *et al.*, 2014). Para esta unidad se han obtenido edades U-Pb en circón de $301,9 \pm 4,6$ Ma, interpretada como edad de

cristalización (Sepúlveda *et al.*, 2014) y K-Ar en biotita de 318 ± 6 Ma (Maksaev y Marinovic, 1980 en Sepúlveda *et al.*, 2014).

2.2. Mesozoico

2.2.1. Estratos de Sierra de Lagunas

Unidad definida por Sepúlveda *et al.*, (2014), y constituida, de manera predominante, por lavas andesíticas basálticas con lentes de tobas y areniscas ricas en cuarzo, además de brechas piroclásticas intercaladas con areniscas y lavas andesíticas. Previamente, en la Hoja Quillagua (Skármeta y Marinovic, 1981), los afloramientos de la Sierra de Lagunas y del Cordón de la Sal, además de otras rocas volcánicas y piroclásticas expuestas a nivel regional, están asignados a la Formación La Negra. El espesor estimado es de, aproximadamente, 2.250 m, en una sección situada al centro de las cartas Patillos y Oficina Victoria (Vásquez *et al.*, 2015). A lo largo del Cordón de la Sal, las litologías afloran en escarpes de hasta decenas de metros asociados al Sistema de Fallas de Chuculay. La base de los Estratos de Sierra de Lagunas no está expuesta y son cubiertos en aparente concordancia por la Formación Oficina Viz, mientras que engranan lateralmente con las rocas carbonáticas de la Formación Longacho del Sinemuriano. Al sur de la Sierra de Lagunas, se encuentra en contacto por falla con la Formación Punta Barranco (Sepúlveda *et al.*, 2014). Las rocas volcánicas que conforman dicha unidad corresponden a andesitas basálticas porfídicas con amígdalas y niveles brechosos, con lentes locales de areniscas finas laminadas, cuyos clastos presentan embahiamiento, bordes de reacción y fracturamiento en puzzle, características que sugieren una depositación de líticos en estado caliente sobre un sedimento húmedo (Sepúlveda *et al.*, 2014). La sección superior de los Estratos de Sierra de Lagunas, expuesta a lo largo del Cordón de la Sal, está conformada por tobas, brechas piroclásticas y lavas andesíticas y dacíticas porfídicas y traquíticas, con un dominio de las litologías volcanosedimentarias. Para esta unidad se han obtenido edades U-Pb en circón, de $208,0 \pm 1,4$ Ma, interpretada como la antigüedad del depósito volcánico y una datación U-Pb en circón máxima de $200,4 \pm 1,3$ Ma en cuarzoarenita mediante circones detríticos. En el Cerro Tres Cumbres, al norte de la Sierra de Lagunas, Sepúlveda *et al.* (2014) datan la cristalización de 174 Ma de un dique piroclástico, con tres valores más antiguos

(193 Ma, 200 Ma y 207 Ma) interpretados como la edad de los Estratos de Sierra de Lagunas, puesto que representaría la roca caja.

2.2.2. Intrusivos hipabisales del Triásico Superior-Jurásico Inferior

Sepúlveda *et al.* (2014) agrupan bajo este nombre a rocas andesítico-basálticas y dioríticas porfídicas que se distribuyen en el sector oriental y central de la Cordillera de la Costa y se encuentran en estrecha relación espacial y genética con el volcanismo de los Estratos de Sierra de Lagunas. Poseen una relación de intrusión con areniscas de los Estratos de Sierra de Lagunas mientras estas aún constituían depósitos no consolidados y son cortados por los Intrusivos subvolcánicos del Cretácico Inferior y cuerpos hipabisales del Cretácico Inferior bajo (Sepúlveda *et al.*, 2014). Las rocas tienen abundantes fenocristales de plagioclasa y clinopiroxeno como mineral máfico predominante y son contemporáneas a los sedimentos de los Estratos de Sierra de Lagunas, con edad mínima de 182 Ma, aproximadamente, dado que son intruidas por la Monzonita Vetarrón (Sepúlveda *et al.*, 2014).

2.2.3. Formación Longacho

Definida por Galli y Dingman (1962) en el cerro homónimo, en el sector suroccidental de la Carta Mamiña (Tomlinson *et al.*, 2015) y descrita litológicamente como una secuencia de espesor mínimo de 150 m, compuesta por lutitas marinas fosilíferas, calizas, limolitas y areniscas de grano fino, cuya proporción de areniscas aumenta hacia el techo de la secuencia. En el área de estudio, la Formación Longacho se dispone en inconformidad sobre los Granitoides del Carbonífero Superior, en tanto, parte de la secuencia que aflora en la zona es contemporánea con la depositación del tramo superior de los Estratos de Sierra de Lagunas (Sepúlveda *et al.*, 2014). A lo largo de la sierra de Lagunas, en la Hoja Quillagua, rocas con las mismas características han sido asignadas a la Formación La Negra (Skármeta y Marinovic, 1981). Las rocas que constituyen esta unidad corresponden a calcilutitas con laminación y calizas macizas alternadas, intercaladas localmente con areniscas y conglomerados (Sepúlveda *et al.*, 2014). Por medio del contenido fosilífero presente en esta secuencia, que corresponden, principalmente, a fósiles del género *Arietites*, se ha

establecido una edad Sinemuriano (Galli, 1957; García, 1967; Galli y Dingman, 1962; Blanco *et al.*, 2012 en Sepúlveda *et al.*, 2014).

2.2.4. Formación Oficina Viz

Unidad definida por Thomas (1970) y formada por una sucesión masiva y monótona de basaltos porfídicos que gradan a lavas andesítico-basálticas de 1.000-1.500 m de espesor mínimo, cuya localidad tipo está ubicada en el Cerro Oyarbide, en las Cartas Iquique y Pozo Almonte (Vásquez y Sepúlveda, 2013). Subyace, concordantemente, al Grupo Huantajaya (Kossler, 1998; Sepúlveda y Vásquez, 2012) y sobreyace, en aparente concordancia a los Estratos de Sierra de Lagunas, cuya transición está marcada por la ausencia de lavas con textura traquítica en la Formación Oficina Viz (Sepúlveda *et al.*, 2014). Está compuesta, predominantemente por lavas andesítico-basálticas a andesíticas, con textura porfídica y amigdaloidal, brechas volcánicas y ocasionales lentes de areniscas (Vásquez *et al.*, 2015). Edades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de 175-170 Ma en plagioclasa obtenidas por Oliveros *et al.* (2006) y su relación de contacto con la Formación Caleta Lígate, del Grupo Huantajaya, establecen la edad mínima bajociana para esta unidad (Vásquez y Sepúlveda, 2013). El abundante contenido de vesículas, las texturas de enfriamiento rápido y la ausencia, tanto de fósiles como de contenido calcáreo, permiten a Vásquez y Sepúlveda (2013) proponer una depositación bajo condiciones subaéreas.

2.2.5. Monzonita Vetarrón

Sepúlveda *et al.* (2014) definen esta unidad en las cartas Patillos-Oficina Victoria y la constituyen intrusivos monzoníticos a monzodioríticos, cuya localidad tipo está ubicada en el cerro homónimo. Intruye a los Estratos de Sierra de Lagunas, rocas en las cuales origina metamorfismo de contacto y es intruida por numerosos diques andesíticos a dioríticos y monzoníticos. Las rocas que componen esta unidad son monzonitas y monzodioritas, con contenidos variables de cuarzo y clinopiroxeno, ortopiroxeno y anfíbola, como minerales máficos. Exhiben, en general, texturas porfídicas y, en menor medida, equigranulares (Sepúlveda *et al.*, 2014). Las monzonitas tienen edades U-Pb de alrededor de 180 Ma, mientras que las monzodioritas 175 Ma, datos que son

consistentes con dataciones $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ realizadas por los mismos autores, quienes, además, obtienen una edad de $174,4 \pm 2,3$ Ma en un dique piroclástico que intruye a los Estratos de Sierra de Lagunas, interpretado como una expresión subvolcánica relacionada con el cuerpo intrusivo.

2.2.6. Grupo Huantajaya

Vásquez y Sepúlveda (2013) agrupan las formaciones Caleta Lígate, El Godo, Santa Rosa y Estación Montevideo en el Grupo Huantajaya, puesto que representan la cuenca de trasarco jurásica de la región, cuya edad se extiende desde el Bajociano hasta el Titoniano (Vásquez y Sepúlveda, 2013). Se dispone de manera concordante sobre rocas volcánicas de la Formación Oficina Viz y subyace en disconformidad a rocas volcanosedimentarias de la Formación Punta Barranco (Sepúlveda *et al.*, 2014). En las cercanías del área de estudio, el Grupo Huantajaya está representado por las formaciones Caleta Lígate y El Godo.

2.2.6.1. Formación Caleta Lígate

Sucesión marina formada por lutitas negras, y areniscas verdes amarillentas con lentes conglomerádicos, definida como Formación Caleta Lígate por Cecioni y García (1960). La localidad tipo se encuentra en la caleta homónima, al sur de Iquique. Constituye la parte basal del Grupo Huantajaya a lo largo de la Cordillera de la Costa de la Región de Tarapacá, donde exhibe un espesor máximo de 1.200 m (Sepúlveda y Vásquez, 2012). Se dispone de manera concordante sobre rocas de la Formación Oficina Viz y, de la misma manera, por medio de un contacto gradacional, bajo la Formación El Godo (Sepúlveda y Vásquez, 2012). La Formación Caleta Lígate está diferenciada en tres litofacies: areniscas calcáreas, brechas y lavas basálticas y calizas, en el sector occidental de la Cordillera de la Costa (Kossler, 1998; Sepúlveda y Vásquez, 2012; Vásquez y Sepúlveda, 2013; Sepúlveda *et al.*, 2014). Las rocas volcánicas corresponden a brechas piroclásticas con bloques riolíticos decimétricos y clastos andesíticos, tobas de lapilli vítreas con fiammes y abundantes líticos y lavas basálticas con almohadillas y tubos de lava (Vásquez *et al.*, 2015). Dataciones U-Pb entregan edad Bajociano para las brechas piroclásticas, lo que concuerda con el registro fosilífero (Vásquez y Sepúlveda, 2013). Las areniscas de esta formación fueron

depositadas en un ambiente epicontinental de mar abierto en aguas someras (Vásquez y Sepúlveda, 2013), en tanto, las calizas indican un ambiente de plataforma carbonática (Kossler, 1998 en Sepúlveda *et al.*, 2014). Finalmente, las rocas volcánicas y piroclásticas son contemporáneas a la depositación de la secuencia sedimentaria marina, puesto que están intercaladas y marcan la actividad efusiva explosiva submarina del sector (Sepúlveda *et al.*, 2014).

2.2.6.2. Formación El Godo

La Formación El Godo es definida por Cecioni y García (1960) y está compuesta por lutitas verdes y negras, limolitas, grauvacas y calizas macizas, que afloran en la ex-estación de ferrocarriles homónima, situada entre Iquique y Pozo Almonte. Thomas (1970) describe a estas rocas como miembro inferior de la Formación Huantajaya, en tanto, Kossler (1998) las eleva a nivel de Formación e incorpora facies volcánicas, que están expuestas a lo largo de la Costa de la Región de Tarapacá, denominación que es validada por Vásquez y Sepúlveda (2013). Se dispone de manera concordante sobre la Formación Caleta Lígate, mediante un contacto gradacional e subyace discordantemente a la Formación Punta Barranco (Sepúlveda *et al.*, 2014). Vásquez y Sepúlveda (2013) reconocen dos facies, la primera conformada por lutitas calcáreas negras y la segunda por basaltos con intercalaciones de lutitas. Las rocas volcánicas se presentan en forma de almohadillas o lavas brechosas combinadas localmente con tobas de lapilli subacuáticas, que exhiben características de interacción con sedimentos húmedos (Vásquez *et al.*, 2015). Una datación U-Pb en circón que entrega un valor de $165,1 \pm 2,7$ Ma (Vásquez y Sepúlveda, 2013) es concordante con las edades obtenidas mediante el registro fosilífero y permite establecer un rango de depositación que va desde el Bajociano hasta el Oxfordiano (Vásquez *et al.*, 2015). La secuencia sedimentaria es depositada en un ambiente marino profundo, mientras que las rocas volcánicas tienen un origen submarino (Sepúlveda *et al.*, 2014).

2.2.7. Formación Punta Barranco

Asociación de microbrechas con intercalaciones de lutitas y lentes de conglomerados, definida como Formación Punta Barranco por Cecioni y García (1960), cuya localidad tipo está ubicada en

Punta Barranco, al sur de Iquique. Thomas (1970) describe la unidad como una secuencia volcanosedimentaria de hasta 1.200 m de espesor, en tanto, Vásquez y Sepúlveda (2013) definen facies volcánicas, formadas por andesitas traquíticas, andesitas brechosas y depósitos de flujos de detritos volcánicos, con intercalaciones menores de areniscas rojas y tobas; y facies sedimentarias, compuestas por conglomerados y areniscas de origen continental. La Formación Punta Barranco se dispone de manera discordante a paraconcordante a las formaciones del Grupo Huantajaya, está interdigitada con la Formación Cerro Rojo y está cubierta, en discordancia, por las Gravas de Alto Hospicio (Sepúlveda *et al.*, 2014). Adicionalmente, es intruida por los intrusivos subvolcánicos del Cretácico Inferior y por el Complejo Intrusivo Montevideo (Sepúlveda *et al.*, 2014). Vásquez y Sepúlveda (2013) datan estas rocas entre 129 y 100 Ma, en tanto Sepúlveda *et al.* (2014), mediante dataciones U-Pb plantean el valor de $102,0 \pm 0,9$ Ma, para andesitas traquíticas de la sierra de Pintados, al norte de Oficina Victoria. Para las facies sedimentarias se ha propuesto un ambiente sedimentario continental, en pequeñas cuencas de intra-arco, en tanto, las facies volcánicas representarían pequeños centros de emisión continentales situados a lo largo de un arco volcánico (Sepúlveda *et al.*, 2014).

2.2.8. Intrusivos subvolcánicos del Cretácico Inferior

Cuerpos intrusivos porfídicos, de origen subvolcánico, que afloran, principalmente, en la sierra de Pintados y sierra de Lagunas, con cuatro litologías identificadas: andesitas, dacitas, andesitas basálticas y dioritas a monzodioritas (Sepúlveda *et al.*, 2014). Las andesitas intruyen a los Estratos de Sierra de Lagunas, a la Formación Caleta Lígata, a la Formación Punta Barranco, y a las dioritas a monzodioritas de la misma unidad intrusiva, en forma de diques y filones aislados con textura porfídica y masa fundamental fluidal (Sepúlveda *et al.*, 2014). Las dacitas intruyen a las formaciones Punta Barranco y Cerro Rojo, con forma de filones-manto de color rosado claro y textura porfídica (Sepúlveda *et al.*, 2014). Al igual que las dacitas, las andesitas basálticas intruyen a las formaciones Punta Barranco y Cerro Rojo, en forma de stock filoniano y diques, de color gris oscuro verdoso a gris, con textura porfídica y amigdaloidal en sus contactos (Sepúlveda *et al.*, 2014). En tanto, las dioritas a monzodioritas, de textura porfídica a hipidiomórfica inequigranular de grano medio a fino, intruyen en forma de stocks, diques y filones-manto a los Estratos de Sierra

de Lagunas y a sus cuerpos hipabisales asociados (Sepúlveda *et al.*, 2014). Edades radiométricas, similitudes petrográficas y relaciones de contacto permiten a Sepúlveda *et al.* (2014) proponer que los intrusivos subvolcánicos son cogenéticos con las rocas volcánicas de la Formación Punta Barranco.

2.2.9. Complejo Intrusivo Montevideo

Conjunto de cuerpos plutónicos de grano medio a fino y monzoníticos a dioríticos expuestos a lo largo de la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, definidos como Complejo Intrusivo Montevideo en las cartas Iquique y Pozo Almonte por Vásquez y Sepúlveda (2013). Intruyen a los Estratos de Sierra de Lagunas y a la Formación Punta Barranco y están cubiertos de manera discordante por las Gravas de Alto Hospicio (Sepúlveda *et al.*, 2014). Las rocas de composición monzonítica corresponden a monzonitas cuarcíferas de clinopiroxeno de textura equigranular de grano medio y, localmente, porfídica, que además de clinopiroxeno, presentan biotita y anfíbola como minerales máficos, en tanto, las rocas de composición diorítica son cuarcíferas, de textura fanerítica a levemente porfídica y tienen clinopiroxeno y anfíbola como minerales máficos (Sepúlveda *et al.*, 2014). En las cartas Patillos y Oficina Victoria, Sepúlveda *et al.* (2014) registran una datación U-Pb en circón de $101,0 \pm 1,4$ Ma, lo cual concuerda con los 110-100 Ma propuestos por Vásquez y Sepúlveda (2013) en las cartas Iquique y Pozo Almonte.

2.3. Cenozoico

2.3.1. Gravas de Alto Hospicio

Depósitos con amplia distribución a lo largo de la Cordillera de la Costa del norte de Chile, cuya primera mención es realizada por Brüggén (1950). Posteriormente, Marquardt *et al.* (2008) describe la secuencia como un conjunto de gravas matriz soportadas con cenizas intercaladas y, de manera restringida, niveles evaporíticos. Cubren de manera discordante a las unidades mesozoicas y en inconformidad a las rocas intrusivas, y son cubiertas por depósitos aluviales, coluviales, salinos y eólicos (Sepúlveda *et al.*, 2014). Edades radiométricas obtenidas por diversos autores

(Carrizo *et al.*, 2008; Marquardt *et al.*, 2008; Vásquez y Sepúlveda, 2013 y Sepúlveda *et al.*, 2014, entre otros) indican que el inicio de la sedimentación es cercano al límite Oligoceno-Mioceno (Sepúlveda *et al.*, 2014).

2.3.2. Formación Soledad

Depósitos salinos reconocidos por primera vez por Brüggén (1950), que fueron posteriormente elevados a la categoría de formación por Bobenrieth (1980). Corresponden a niveles decimétricos de anhidrita y arenisca cementada por halita, con intercalaciones locales de ceniza. Edades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ que indican una sedimentación durante el Plioceno en un ambiente evaporítico continental (Sepúlveda *et al.*, 2014).

2.3.3. Depósitos aluviales

Sepúlveda *et al.* (2014) describen estos depósitos como arenas gruesas a finas, limos, arcillas y, en menor medida, gravas, situadas en depresiones topográficas, tanto a lo largo de la franja costera, la Cordillera de la Costa y la Depresión Central, rasgo fisiográfico en el cual son abundantes. En este último, se encuentran sobre la Formación Soledad; están cubiertos por depósitos aluviales activos, y engranan lateralmente con depósitos salinos. Presentan, en general, disposición subhorizontal, en capas centimétricas con laminación fina y color pardo. Edades ^{14}C , el registro fosilífero y las relaciones estratigráficas permiten asignarla al Pleistoceno Inferior-Holoceno (Sepúlveda *et al.*, 2014). La distribución de estos depósitos restringida a quebradas y pequeños abanicos aluviales, además de la granulometría tamaño arena predominante, indican cambios en los volúmenes de sedimentación y en la litología, lo cual, según Sepúlveda *et al.* (2014) indican una evolución hacia un ambiente hiperárido en la Cordillera de la Costa.

2.3.4. Depósitos salinos

Unidad constituida por depósitos de sales, situados tanto en cuencas endorreicas como en depresiones a lo largo de la Cordillera de la Costa y en la parte oeste de la Depresión Central, en

forma de salares, como el salar Grande (Sepúlveda *et al.*, 2014). Consisten en costras y niveles centimétricos de halita y, en menor medida, otros cloruros, sulfatos y carbonato. Están divididos en facies de cloruros, facies de sulfatos y facies transicionales mixtas de depósitos aluviales y evaporíticos, que cubren a las Gravas de Alto Hospicio y a la Formación Soledad, en tanto, son cubiertos por depósitos aluviales (Sepúlveda *et al.*, 2014). Es inferida una edad mínima posterior al Pleistoceno inferior dado que están cubiertos por abanicos aluviales pleistocenos-holocenos (Sepúlveda *et al.*, 2014).

2.3.5. Depósitos eólicos

Constituida por arenas de tamaño de grano fino a medio con buena selección, dispuestas sobre las unidades del Mesozoico, las Gravas de Alto Hospicio, los depósitos aluviales, litorales y antrópicos y con relación de engrane lateral con los depósitos coluviales. Morfológicamente, corresponden a dunas lineales, mantos de arena y dunas crecientes o barjanas. En general, las arenas contienen abundantes fragmentos monominerales de cuarzo, magnetita y anfíbola, bioclastos calcáreos y, en menor proporción, fragmentos líticos, principalmente de rocas andesíticas, con formas redondeadas a subredondeadas y esfericidad alta a moderada. (Sepúlveda *et al.*, 2014). Al norte del área de estudio, en las cartas Iquique-Pozo Almonte, Vásquez y Sepúlveda (2013) establecen una edad Pleistoceno superior para estos depósitos, según lo propuesto por Paskoff *et al.* (1998) para la Gran Duna de Iquique.

2.3.6. Depósitos coluviales

Depósitos no consolidados de gravas y arenas asociados a grandes escarpes y laderas de alta pendiente, en forma de conos coluviales. Cubren parcialmente las unidades mesozoicas y engranan con depósitos eólicos y litorales (Sepúlveda *et al.*, 2014).

2.4. Marco geotectónico

En el norte de Chile, entre los 18°30' y los 23°30', la Cordillera de la Costa está formada por rocas volcánicas y plutónicas asociadas a la actividad del arco magmático del Jurásico-Cretácico Inferior, lapso en el cual se desarrollan las primeras etapas del Ciclo Andino (Oliveros *et al.*, 2006; Charrier *et al.*, 2007). Este ciclo está caracterizado por la subducción oblicua de la placa Phoenix bajo la placa Sudamericana, en condiciones tectónicas extensionales a transtensionales en el margen occidental de Gondwana (Scheuber y González, 1999; Oliveros *et al.*, 2006), características que favorecen la emisión de enormes volúmenes de productos efusivos (Oliveros *et al.*, 2006). Charrier *et al.* (2007) definen el denominado Ciclo Pre-Andino, desde el Pérmico tardío hasta el Jurásico temprano, periodo en el cual la subducción en el margen se vio interrumpida o fue muy lenta (Mpodozis y Kay, 1992; Llambías *et al.*, 1993). Sin embargo, existe registro de unidades volcánicas y volcanosedimentarias con edades isotópicas que abarcan hasta, al menos, el Triásico Superior, como es el caso de los Estratos de Sierra de Lagunas y otras unidades con presencia de rocas volcánicas. Debido a sus características petrográficas y los datos geocronológicos U-Pb, Vásquez *et al.* (2015), estiman que las rocas que constituyen los Estratos de Sierra de Lagunas, serían un precursor del volcanismo andesítico relacionado a la actividad efusiva de la Formación La Negra. El comienzo del volcanismo andesítico de la Cordillera de la Costa del norte de Chile muestra evidencias de haber sido diacrónico, puesto que se han obtenido diferentes edades en su base mediante relaciones estratigráficas con unidades sedimentarias asociadas (Vásquez *et al.*, 2015), en tanto, la actividad magmática migra hacia el este, entre el Cretácico y el Cenozoico, hasta ocupar la posición del arco volcánico actual (Mpodozis y Ramos, 1989).

2.5. Estructuras

El área de estudio está ubicada en la ramificación más septentrional del Sistema de Fallas de Atacama, el cual se extiende, aproximadamente, desde los 21°S hasta los 30°S, por más de 1.000 km (González y Carrizo, 2003). Este sistema corresponde al rasgo estructural más importante de la Cordillera de la Costa y está constituido por un conjunto de escarpes y lineamientos subparalelos entre sí y paralelos a la fosa (Carrizo *et al.*, 2008). Se ha estimado una edad Cretácico Inferior para

la actividad del Sistema de Fallas de Atacama mediante la datación de milonitas expuestas longitudinalmente a través de la Falla Paposo, con reactivación importante durante el Neógeno, a lo largo de todo el sistema (Hervé, 1987a; Hervé, 1987b). En las inmediaciones del salar Grande se han definido dos sistemas estructurales asociados al Sistema de Fallas de Atacama, el primero de orientación predominante NNW-SSE, que forma frentes de montaña y controla el relieve mayor de la Cordillera de la Costa y el segundo, cuyas trazas de orientación N-S están conectadas con los lineamientos del sistema NNW-SSE (Carrizo *et al.*, 2008). Otro sistema de fallas importante en la zona lo conforma un grupo de fallas inversas con componente de rumbo y orientación aproximada E-W es definido por Allmendinger *et al.* (2005) como Sistemas de Fallas de Chuculay. Las estructuras que constituyen este sistema controlan la topografía y forman escarpes de hasta 300 m, dispuestos desde el margen oriental del salar Grande hasta el límite este de la Cordillera de la Costa (Figura 2.3). Estos escarpes permiten la exposición de la secuencia volcanosedimentaria de los Estratos de Sierra de Lagunas, además de secciones locales de la Formación Longacho y de los Granitoides del Carbonífero Superior.

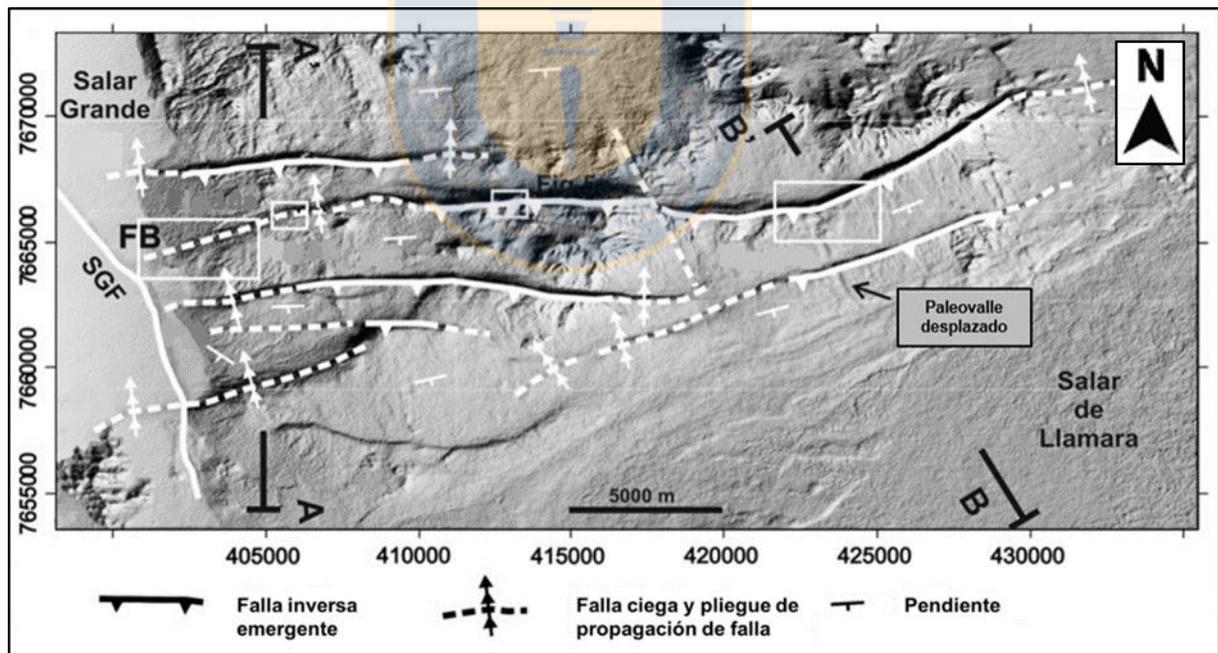


Figura 2.3 Sistema de Fallas de Chuculay a lo largo del Cordón de la Sal (Modificado de González *et al.*, 2008).

3. MARCO TEÓRICO

Diversos autores han estudiado los mecanismos de transporte y depositación de partículas a través de una corriente piroclástica, las características arquitecturales y litológicas de los depósitos que generan estos procesos. Para el desarrollo de este trabajo, se toma como base la línea investigativa de Branney y Kokelaar (2002), cuya terminología adoptada para la descripción e interpretación de las litofacies presentes en los depósitos piroclásticos y los conceptos que permiten caracterizar de una mejor manera las corrientes piroclásticas.

Branney y Kokelaar (2002) establecen como término central para el estudio de las rocas piroclásticas el concepto de corriente de densidad piroclástica, el cual es definido como “una mezcla heterogénea de partículas volcánicas y gas que fluye de acuerdo a su densidad relativa al fluido circundante y a la gravedad de la Tierra”. Estos autores introducen el concepto *flow-boundary zone* o zona limítrofe del flujo (ZLF), que corresponde a la superficie entre la corriente y el sustrato, lugar donde ocurre la depositación y agradación, procesos que son registrados por las litofacies definidas para las ignimbritas. Cabe señalar que, debido a que las litofacies reflejan los procesos y condiciones presentes en la ZLF, éstas no permiten analizar directamente las propiedades de la corriente completa, por lo cual, la ignimbrita debe ser estudiada primero en términos de las litofacies en la ZLF y, posteriormente, las variaciones horizontales y verticales a lo largo y ancho del depósito para determinar la evolución del flujo (Branney y Kokelaar, 2002). Para el estudio del comportamiento físico de los flujos piroclásticos resulta determinante la antigüedad, deformación, alteración y meteorización de las rocas, factores que obliteran las estructuras depositacionales y las texturas de las ignimbritas, por lo que en el presente estudio se busca más bien caracterizar los depósitos desde el punto de vista genético y ofrecer un acercamiento a la dinámica de las corrientes.

Las corrientes de densidad piroclástica pueden originarse mediante distintos tipos de erupción y con distintas fuentes, como por ejemplo, colapso de una columna eruptiva, fuentes piroclásticas o *pyroclastic fountaining*, sobre-ebullición o *boiling over*, explosión lateral, colapso de domos o colapso de ignimbritas no consolidadas (Figura 3.1), de las cuales cada una imprime características

diferentes en los depósitos, en función del mecanismo de transporte de las partículas que predomina en la ZLF.

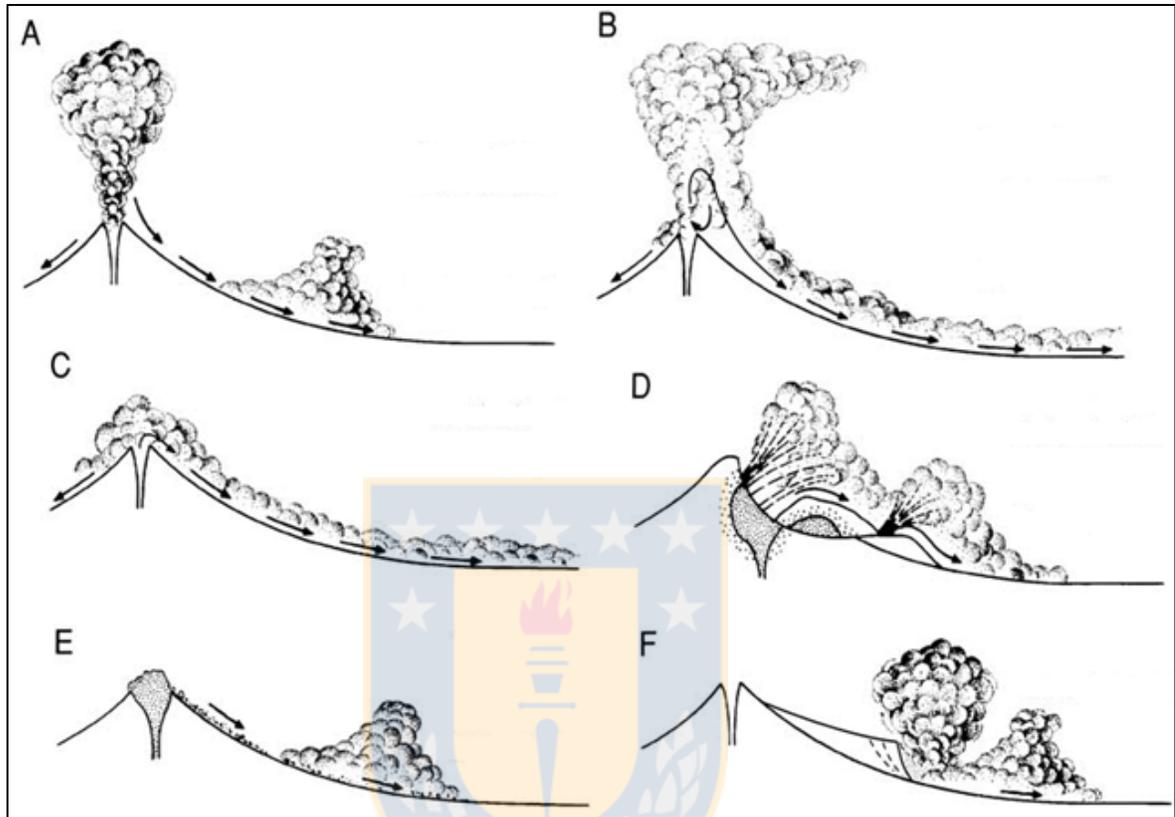


Figura 3.1 Orígenes de una corriente de densidad piroclástica (Branney y Kokelaar, 2002). A: Colapso de una columna eruptiva pliniana. B: Fuentes piroclásticas o *Pyroclastic fountaining*. C: Sobrebullición o *Boiling over*. D: Explosiones laterales. E: Colapso de un domo. F: Colapso gravitacional y avalanchas desde una ignimbrita no consolidada.

Existen cuatro tipos de ZLF, bajo condiciones estables de la corriente, como lo son de caída directa, dominada por tracción, dominada por flujo granular y dominada por escape de fluidos, todas con variaciones en la velocidad y concentración de las partículas, en función de la altura dentro del depósito. El dominio de un proceso u otro en la ZLF implica distintas tasas de depositación y esfuerzo de corte en la interfase, por lo cual se generan estructuras como pipas de elutriación por escape de fluidos, fábricas desarrolladas por flujos tractivos y gradación normal o inversa en flujos granulares, entre otras (Figura 3.2). Lo anteriormente señalado determina las características propias de cada litofacies, es decir, la estratificación, el tamaño y forma de los granos, la selección, composición y fábricas, que han sido clasificadas por autores y estudios anteriores. Una litofacies es un término que no hace referencia a la génesis o a la estratigrafía del depósito, sino que a su

litología, y dentro de las más comunes en las rocas piroclásticas, están las litofacies de tobas de lapilli masivas (mLT), tobas estratificadas (sT), brechas líticas masivas (mlBr), toba de lapilli estratificada (sLT), entre otras, cuyas simbologías son expuestas en la Tabla 3.1.

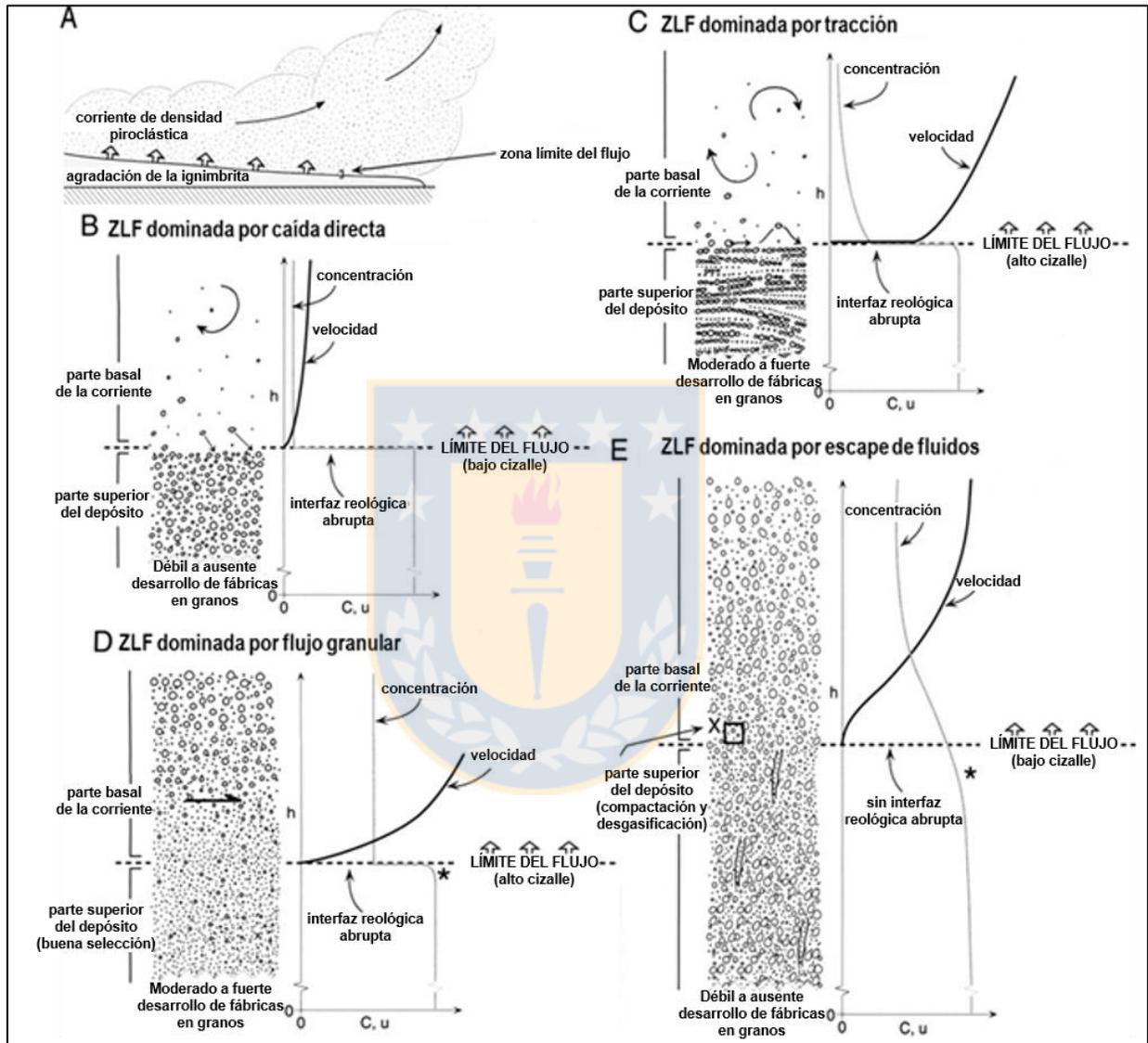


Figura 3.2 Tipos de ZLF con perfiles de concentración y velocidad de las partículas (Branney y Kokelaar, 2002). A: Localización de la ZLF. B: ZLF dominada por caída directa. C: ZLF dominada por flujo tractivo. D: ZLF dominada por flujo granular. E: ZLF dominada por escape de fluidos. En los perfiles, los parámetros "C" y "u" corresponden a concentración y velocidad, respectivamente.

Para cada combinación de litología y estructura Branney & Kokelaar (2002) entregan una descripción y la interpretación de las características del depósito, con lo cual es posible reconstruir la estructura interna de la corriente o estimar el nivel dentro de ella al cual se encuentra el depósito

observado y sugerir un mecanismo eruptivo y las condiciones de éste, es decir, si es subaéreo o subacuático.

Tabla 3.1 Abreviaciones y símbolos utilizados para litologías y estructuras en litofacies de rocas piroclásticas (Branney y Kokelaar, 2002).

Abreviaciones			
T	toba	l	rico en líticos
LT	toba de lapilli	sc	rico en scoria
L	lapillita	O	rico en obsidiana
Br	brecha	cr	rico en cristales
Ag	aglomerado	fpoor	pobre en finos
Co	cantos (bolones)	frich	rico en finos
M	masivo	f	fábrica direccional
(n)	gradación normal	i	isotrópico
(nl)	líticos con gradación normal	acc	lapilli acrecionario
(i)	gradación inversa	ves	vesicular
(ip)	pómez con gradación inversa	lens	en lentes
(n)-(i)	gradación normal a inversa	e	eutaxítico
s	estratificación	vap	alteración por desgasificación
xs	estratificación cruzada	lava-like	similar a lava
//s	laminación	v	vitrófito
//b	estratificación fina	rheo	reomórfico
p	rico en pómez		

Los componentes principales de las litofacies piroclásticas incluyen cristales libres, definidos como cristales liberados desde el magma durante la erupción, los cuales se diferencian genéticamente de los fenocristales en fragmentos de rocas porfídicas (Willcock *et al.*, 2013), sin embargo, no es posible distinguir ambos tipos con fragmentos de cristales provenientes de rocas o depósitos subyacentes, debido a su similitud. En tanto, los fragmentos de roca son clasificados como juveniles, accesorios y accidentales. Los fragmentos juveniles corresponden a porciones de magma eyectadas durante la erupción, los fragmentos accesorios provienen de la roca caja eyectada durante la erupción y los fragmentos accidentales son incorporados por el flujo piroclástico durante el transporte sobre el sustrato (Branney y Kokelaar, 2002; Willcock *et al.*, 2013).

4. GEOLOGÍA LOCAL

4.1. Generalidades

En el área de estudio, la secuencia que representa la sección superior de los Estratos de Sierra de Lagunas corresponde a una sucesión de tobas, lavas andesíticas a dacíticas y brechas piroclásticas con intercalaciones locales de areniscas calcáreas en relación de engrane lateral o contacto tectónico con las rocas calcáreas de la Formación Longacho. Las litologías se exponen a lo largo del Cordón de la Sal, específicamente desde 20 km al este del borde oriental del salar Grande hasta el límite oriental de la Cordillera de la Costa, al sur de la sierra de Lagunas. Los afloramientos forman una franja continua, de orientación aproximada ENE-WSW y están expuestos en escarpes controlados por la actividad del Sistema de Fallas de Chuculay. Engranados con las rocas del Sinemuriano de la Formación Longacho. Las fallas E-W del Sistema de Fallas de Chuculay segmentan los afloramientos de los Estratos de Sierra de Lagunas, por lo que las litofacies definidas para la unidad son agrupadas en bloques según su distribución espacial y relación con estructuras principales. Sin embargo, estos son afectados por fallas menores que junto con la meteorización, alteración y la diagénesis, obliteran la mayoría de las estructuras primarias de las rocas y dificultan la comprensión de la estratigrafía.

Las distintas litofacies que constituyen la sección superior de los Estratos de Sierra de Lagunas, descritas más adelante, y los afloramientos correspondientes a la Formación Longacho son agrupados en dos bloques que se encuentran en contacto por falla (Figura 4.1). El bloque oriental, que representa la porción basal de la sección superior de los Estratos de Sierra de Lagunas, dada la disposición, en general, homoclinal de la secuencia a lo largo del Cordón de la Sal y con manteo al NW (Figura 4.2) está formado por tobas vítreas intercaladas dentro de las rocas calcáreas de la Formación Longacho, tobas vítreas y de lapilli y brechas dacíticas de bloques y ceniza. El bloque occidental, en tanto, con mejor exposición, está constituido por una secuencia de brechas líticas masivas, tobas vítreas, tobas de lapilli masivas y lavas andesíticas y dacíticas, con intercalaciones menores de tobas con lapilli acrecionario y tobas soldadas.

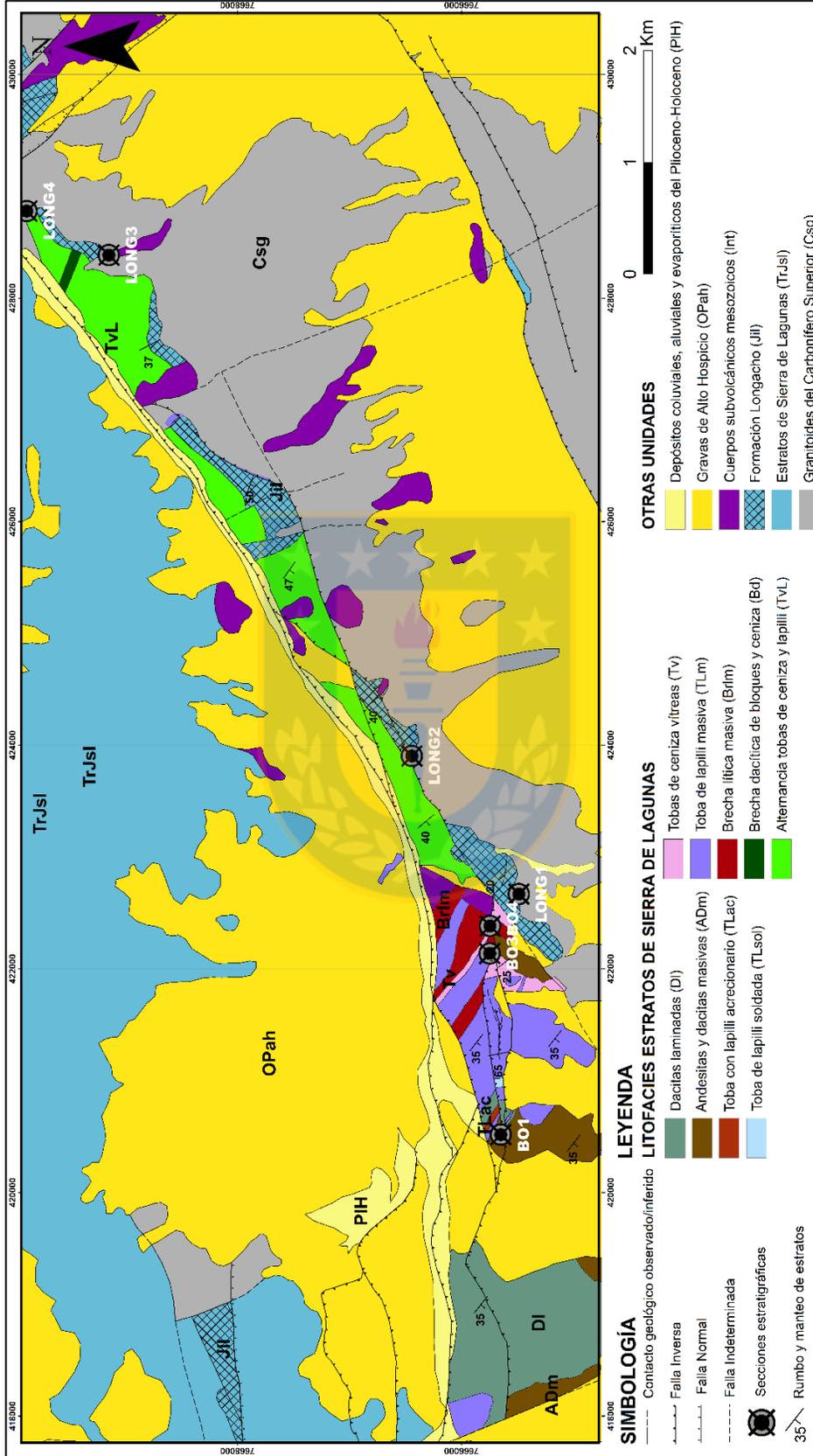


Figura 4.1 Mapa de distribución de litofacies. Los Estratos de Sierra de Lagunas en el Cordón de la Sal y ubicación de secciones estratigráficas.

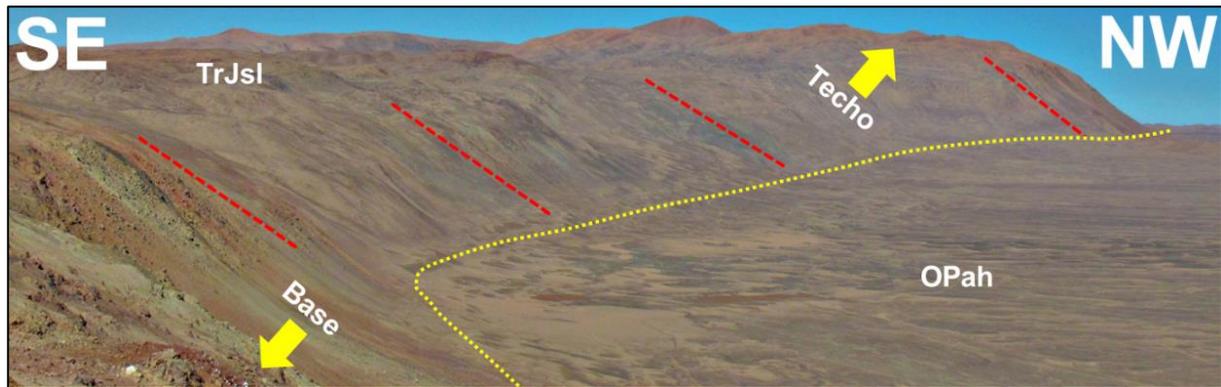


Figura 4.2 Disposición homoclinal (líneas segmentadas rojas) de los Estratos de Sierra de Lagunas (TrJsl), en el Cordón de la Sal. Hacia la base del escarpe, contacto (línea segmentada amarilla) entre los Estratos de Sierra de Lagunas y Gravados del Alto Hospicio (OPah). Flechas amarillas indican techo y base de la secuencia.

Las distintas observaciones estratigráficas y litológicas son obtenidas a partir del levantamiento de siete secciones estratigráficas en ambas unidades (Figura 4.1). Ellas analizadas en conjunto con la distribución de las litofacies definidas para los Estratos de Sierra de Lagunas y los afloramientos de la Formación Longacho, permiten comprender las variaciones litológicas tanto verticales como laterales y la relación que existe entre los depósitos volcánicos y sedimentarios.

4.2. Formación Longacho

Los afloramientos de la Formación Longacho en el área de estudio exhiben relaciones de interdigitación y contacto tectónico con las rocas que forman parte de la sección superior de los Estratos de Sierra de Lagunas.

En el extremo oriental, la unidad está constituida por areniscas calcáreas y conglomerados calcáreos finos, clastosoportados a matrizsoportados, con granos de cuarzo y feldespatos. Las areniscas tienen, de manera local, laminación paralela centimétrica a milimétrica, irregular, y restos de bivalvos (Figura 4.3A). Entre las areniscas y conglomerados se interdigitan niveles centimétricos de tobas vítreas de los Estratos de Sierra de Lagunas, descritos en el subcapítulo 5.8. Ocasionalmente es posible encontrar fragmentos de ammonites indeterminados.

provenientes de la erosión del basamento. Los conglomerados son restringidos a lo largo de la secuencia y afloran hacia el contacto con los Granitoides del Carbonífero Superior. En niveles superiores, cerca del contacto con los afloramientos de los Estratos de Sierra de Lagunas en el extremo oriental, las areniscas calcáreas finas cambian a paquetes compactos y masivos, grises, con tamaño de grano muy fino, formados por numerosos restos de algas dispuestos horizontalmente y compuestos por cristales de esparita (Figura 4.4).

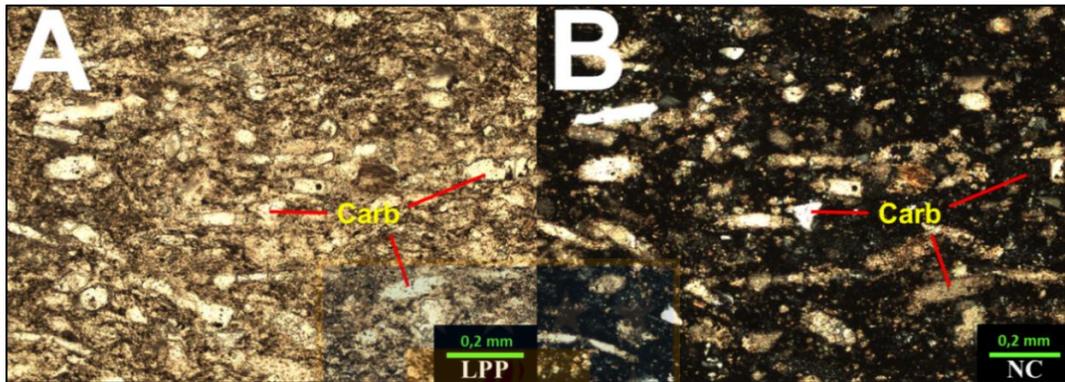


Figura 4.4 Fotomicrografía de la muestra GSC-043t. A y B: Restos de algas y material carbonatado. Vista en luz polarizada plana (A) y en nícoles cruzados (B).

En la parte occidental del bloque este, en la zona central del área de estudio y de manera concordante a los afloramientos del extremo oriental, se registra una alternancia métrica de calizas *wackestone* y *mudstone* (Figura 4.3B) con laminación paralela a irregular centimétrica a milimétrica (Figura 4.5) con niveles menores de areniscas y conglomerados finos.

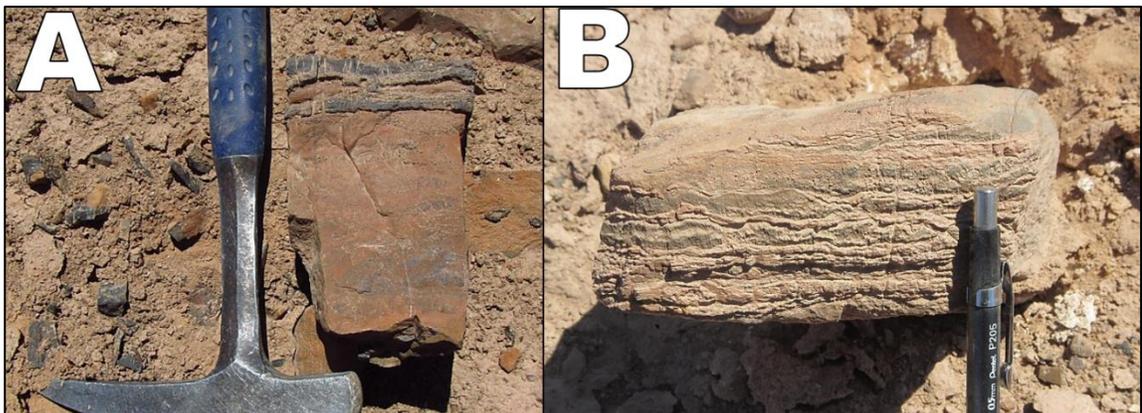


Figura 4.5 Calizas *wackestone*. A) Estructura laminares paralelas centimétricas. B) Estructuras laminares irregulares milimétricas.

En la zona sur del sector central del área de estudio, en el bloque oeste, se dispone en contacto por falla con tobas vítreas de los Estratos de Sierra de Lagunas, una secuencia calcárea rítmica,

granocreciente y compuesta por calizas *mudstone* grises laminadas y calizas *wackestone* pardo amarillentas (Figura 4.6 y 4.7A) que gradan a calizas *grainstone* con restos de bivalvos y localmente, estratificación cruzada. Es concordante con las secciones observadas en la parte oriental del área. De manera restringida, se intercalan niveles de brechas con fragmentos y matriz calcárea. Los contactos son netos a lo largo de la secuencia, la cual hacia techo está limitada por una falla, que la pone en contacto con tobas de los Estratos de Sierra de Lagunas (Figura 4.7B) En este sector, la Formación Longacho se dispone en inconformidad sobre los Granitoides del Carbonífero Superior (Figuras 4.7C y 4.7D).

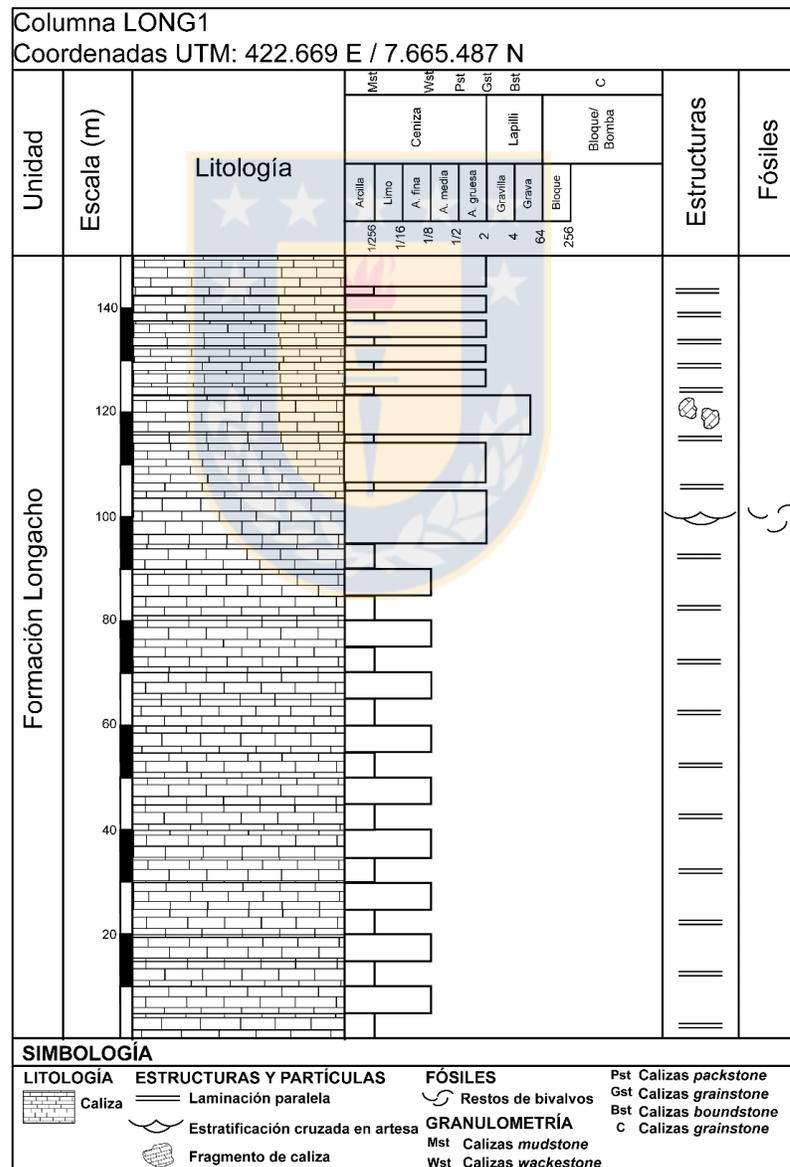


Figura 4.6 Sección estratigráfica LONG1. Afloramientos más occidentales de la Formación Longacho en el área de estudio.

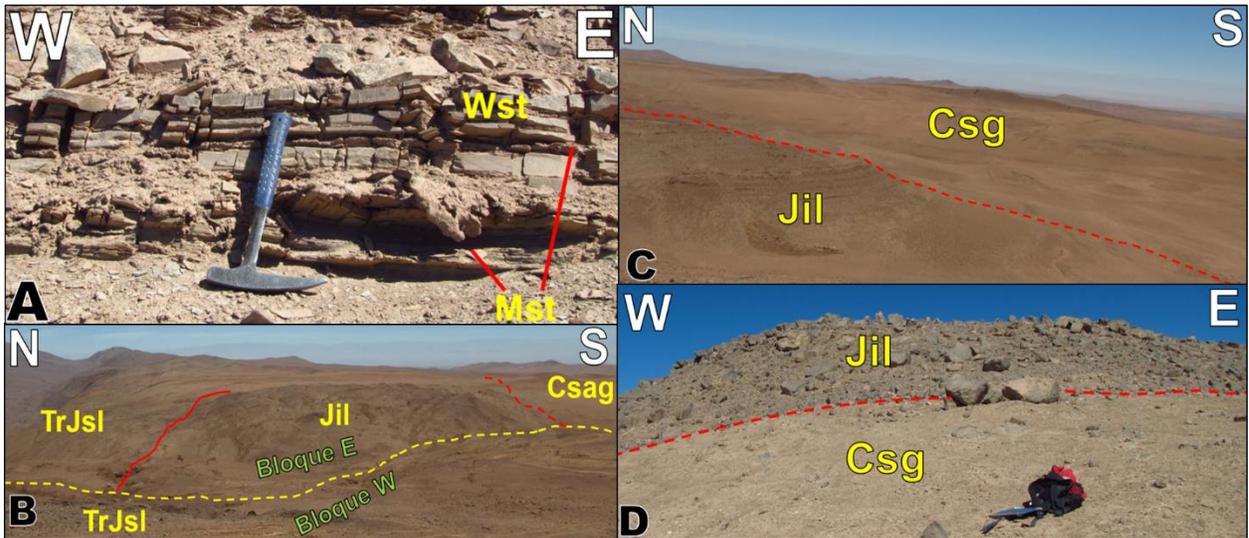


Figura 4.7 Relaciones de contacto de la Formación Longacho. A: Intercalación rítmica entre calizas *mudstone* (Mst) y calizas *wackestone* (Wst) en nivel basal de la columna LONG1. B: Contacto por falla (línea roja) en el límite entre los bloques oeste y este (línea segmentada verde) entre calizas de la Formación Longacho (Jil) y tobas de los Estratos de Sierra de Lagunas (TrJsl). La Formación Longacho se dispone en inconformidad (línea roja segmentada) sobre los Granitoides del Carbonífero Superior (Csg). C y D: Inconformidad (línea segmentada roja) entre la Formación Longacho (Jil) y los Granitoides del Carbonífero Superior (Csg). C: Calizas estratificadas en inconformidad sobre granito fuertemente meteorizado, en el sector central del área de estudio, en la base de la columna LONG1. D: Areniscas calcáreas y conglomerados en inconformidad sobre granito de biotita, en el extremo oriental, en la base de la columna LONG3 del área de estudio.

Las rocas de la Formación Longacho han sido interpretadas como una secuencia marina depositada en la plataforma profunda, con sedimentos carbonáticos y clásticos; con aumento hacia el techo del contenido de terrígenos. Esto refleja la interacción de ambientes de plataforma con procesos costeros. Dicha plataforma marina se encontraba cercana a centros volcánicos submarinos, por la presencia de tobas y diques piroclásticos (Tomlinson *et al.*, 2015).

Las rocas que forman parte de la sección basal de la Formación Longacho, dentro del área de estudio, pueden haber sido generadas en un ambiente marino o continental (lacustre o lagunar) con depositación de sedimentos carbonáticos y aporte elevado de sedimentos terrígenos, como cuarzo y feldespatos provenientes de la erosión del basamento. Hacia niveles superiores, la alternancia de calizas *wackestone* y *mudstone* en paquetes métricos con restos de bivalvos y algas puede indicar un ambiente marino más somero, tipo shoreface o submareal, con disminución marcada del contenido de sedimentos terrígenos.

5. ANÁLISIS DE LITOFACIES

A partir de siete secciones estratigráficas de detalle levantadas en el área de estudio, dos en el bloque este y cinco en el bloque oeste (Figura 5.1), se definen en este trabajo nueve litofacies expuestas en la sección superior de los Estratos de Sierra de Lagunas, las que se clasifican de acuerdo a su litología, componentes, granulometría, distribución espacial y relaciones de contacto con otras litofacies y la Formación Longacho.

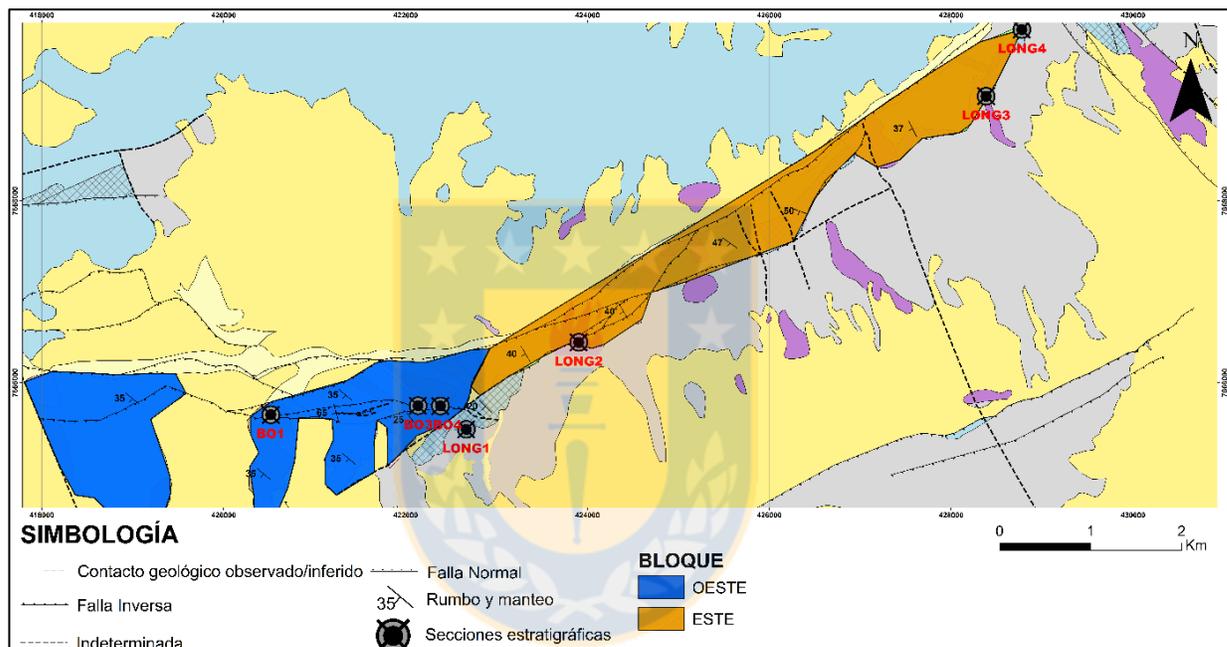


Figura 5.1 Mapa del área de estudio dividida en los bloques este y oeste

5.1. Brecha lítica masiva (Brlm)

5.1.1. Descripción

Se distribuyen hacia la base del bloque oeste y se intercalan por medio de contactos gradacionales y netos con tobas de lapilli masivas (TLm) y tobas vítreas (Tv). Están dispuestas en forma de potentes capas, de hasta, aproximadamente, 50 m (Figura 5.2) con intercalaciones de niveles de tobas, tobas laminadas y tobas de lapilli (Figura 5.3A) y exhiben, de manera local, niveles granodecrecientes, con un aumento de la selección hacia niveles superiores (Figura 5.3B), lo cual indica una transición gradual desde facies más gruesas a facies de grano fino, representadas por la

litofacie Tv. Sin embargo, la granulometría no tiene mayores variaciones en la vertical, así como también, en la composición de los fragmentos y su abundancia relativa. En el sector oriental del bloque oeste, las brechas líticas masivas se acuñan lateralmente hacia el NW y en el sector central existen niveles de 2 a 10 m de espesor de la litofacie TLm intercalados entre brechas líticas masivas (Figura 5.3C). Las brechas son intruidas por diques andesíticos negros a grises afaníticos a levemente porfídicos que generan una fuerte argilización en las zonas de contacto.

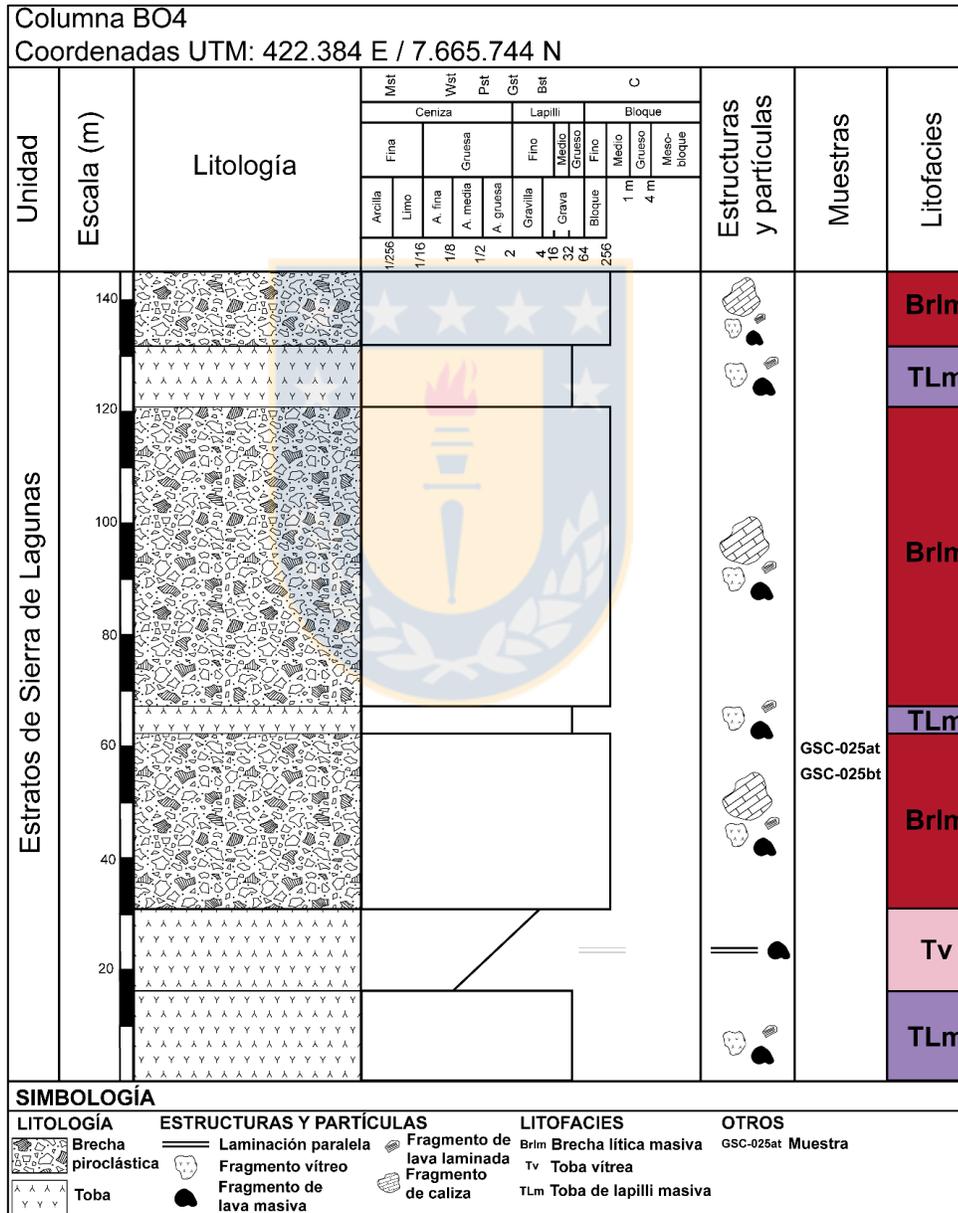


Figura 5.2 Sección estratigráfica BO4. Sector oriental del bloque oeste. Potentes capas de brecha lítica masiva (Brlm) con intercalaciones de tobas vítreas (Tv) y toba de lapilli masiva (TLm).

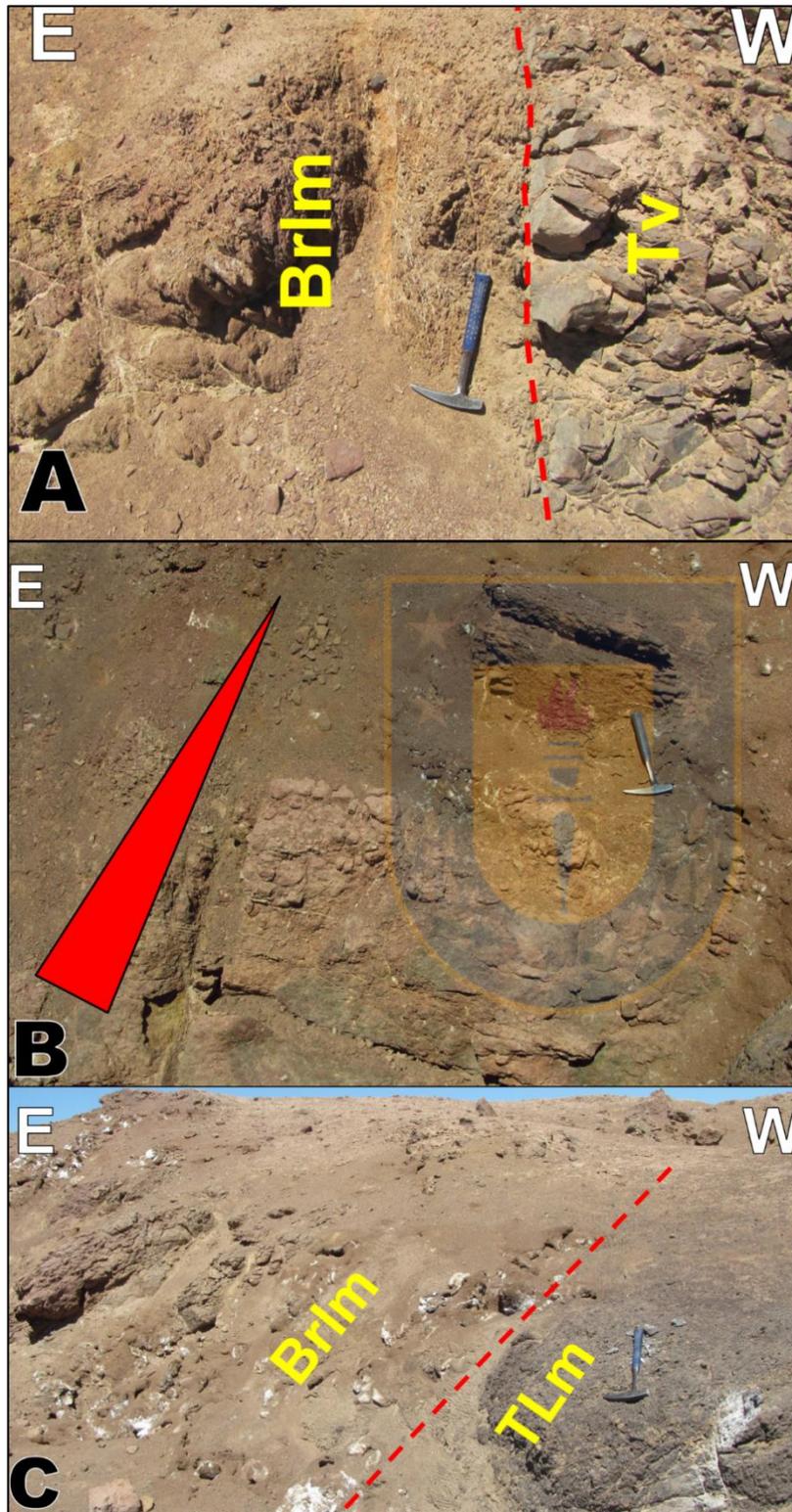


Figura 5.3 Afloramientos de brecha lítica masiva. Base de la columna estratigráfica BO3. A: Nivel de toba vítrea (Tv) rojiza intercalado entre brechas líticas masivas (Brlm). B: Ciclo granodecreciente en brecha lítica masiva que exhibe transición gradual a facies piroclásticas más finas. C: Intercalación en columna estratigráfica BO4 de toba de lapilli masiva (TLm) entre brechas líticas masivas (Brlm) en el sector oriental del bloque oeste.

Corresponden a brechas líticas rojizas matrizsoportadas mal a moderadamente seleccionadas, de carácter masivo, con fragmentos volcánicos, ocasionalmente vítreos y líticos calcáreos, con formas subangulosas a subredondeadas y tamaños que van desde lapilli fino a bloque medio con moda de 7 cm y diámetro máximo de 40 cm. Los líticos constituyen, aproximadamente, un 40% del depósito (Figura 5.4).

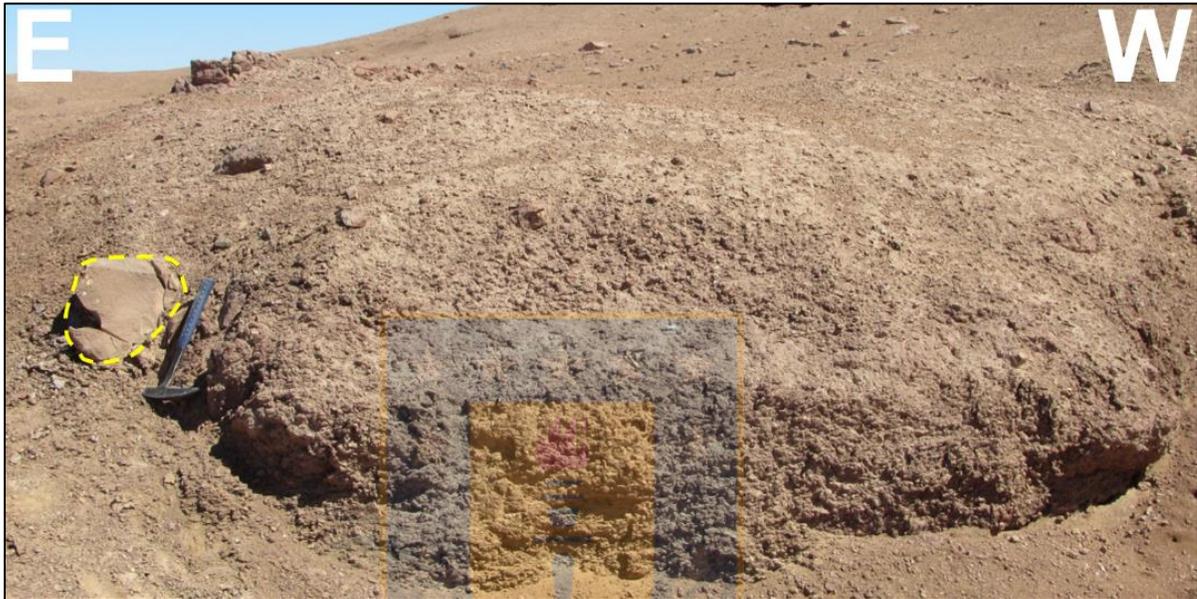


Figura 5.4 Afloramiento de brecha lítica masiva en el sector central del área de estudio. Hacia la base de columna BO4, compuesta mayoritariamente por fragmentos volcánicos, ceniza e incluye fragmentos calcáreos tamaño bloque (línea segmentada amarilla).

En las brechas predominan los fragmentos accesorios, que corresponden a líticos de origen volcánico y composición andesítica a dacítica. Los líticos dacíticos son levemente porfídicos con intercrecimiento de cuarzo y feldespatos de grano fino en la masa fundamental, que da origen a una textura micropoiquilítica (Figura 5.5A y 5.5B) y están alterados parcialmente a arcillas y limonitas. Los fragmentos andesíticos tienen textura porfídica con masa fundamental hialopilítica, con alteración moderada a limonitas y localmente, calcita (Figura 5.5C y 5.5D). Las brechas también contienen, aproximadamente, un 10% de fragmentos volcánicos laminados, similares a las lavas dacíticas (D1) expuestas en el sector occidental del área de estudio, con textura porfídica, masa fundamental pilotaxítica a micropoiquilítica, con niveles subparalelos alterados a limonitas y minerales opacos (Figura 5.5E y 5.5F).

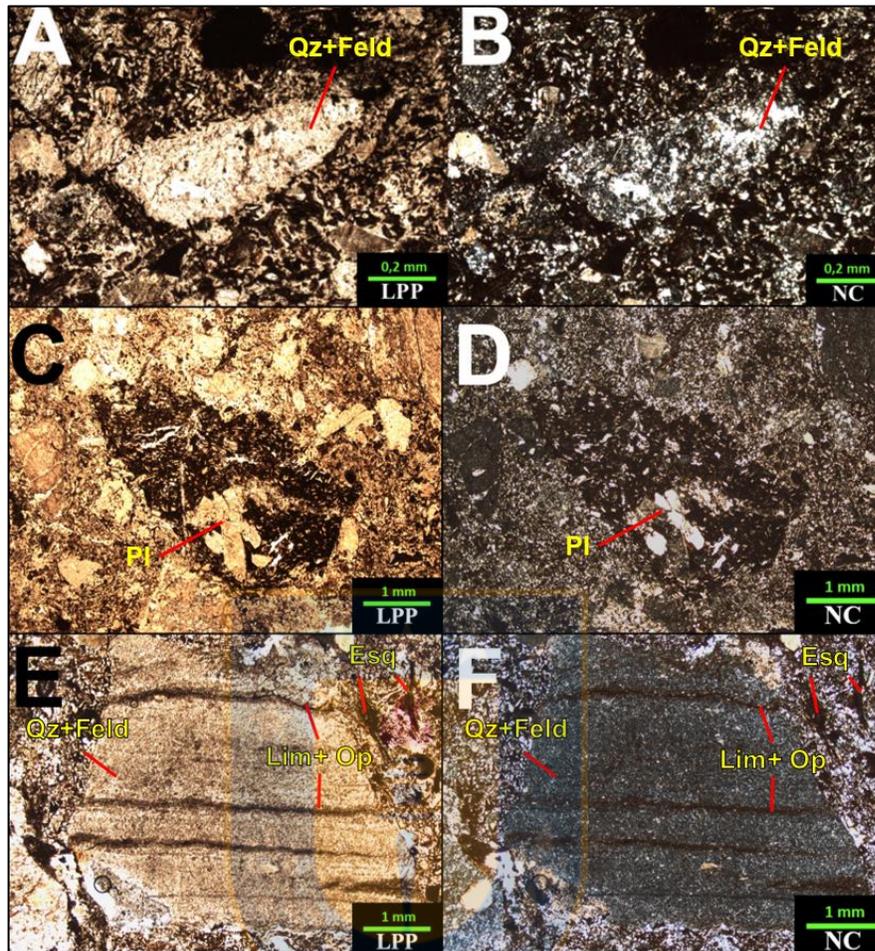


Figura 5.5 Fotomicrografías de fragmentos de roca en brecha lítica masiva. Muestra GSC-025at. A y B: Vista en luz polarizada plana (A) y en nícoles cruzados (B) de fragmento tamaño lapilli y composición dacítica con intercrecimiento de cuarzo y feldespatos (Qz+Feld). C y D: Vista en luz polarizada plana (C) y en nícoles cruzados (D) de fragmento tamaño lapilli y composición andesítica con fenocristales de plagioclasa (Pl). E y F: Vista en luz polarizada plana (E) y en nícoles cruzados (F) de fragmento tamaño lapilli y composición dacítica con intercrecimiento de cuarzo y feldespato (Qz+Feld) y laminación dada por alteración a limonitas y minerales opacos (Lim+Op) y esquirlas en la matriz (Esq).

Algunos fragmentos volcánicos presentan bordes enfriados (Figura 5.6A), mientras que algunos líticos accidentales calcáreos poseen bordes parcialmente digeridos por la matriz (Figura 5.6B). En menor proporción, las brechas contienen fiammes de hasta 1 mm de longitud, con formas angulosas y desvitrificación axiolítica, fuerte alteración a limonitas y minerales opacos (Figura 5.6C y 5.6D), ocasionalmente fenocristales de plagioclasa subhedrales y fragmentos accidentales subangulosos de origen intrusivo, con textura hipidiomórfica granular, de grano fino, compuestos por cuarzo,

plagioclasa y biotita. Así como también, cerca de un 5% de cristales fracturados de cuarzo y plagioclasa y restringidamente, feldespatos potásico y circón, en general, con formas subangulosas y tamaños de hasta 1,3 mm.

La matriz de las brechas está formada por un 25 a 30% de esquirlas de vidrio tamaño ceniza fina a gruesa, desvitrificadas y sin soldamiento (Figura 5.6E y 5.6F) El porcentaje de matriz restante está compuesto por vidrio fino recrystalizado a sílice, alterado a limonitas y arcillas, y algunos fragmentos de cristales, mayoritariamente de cuarzo y plagioclasa, con formas subangulares a subredondeadas y tamaños menores a 2 mm.

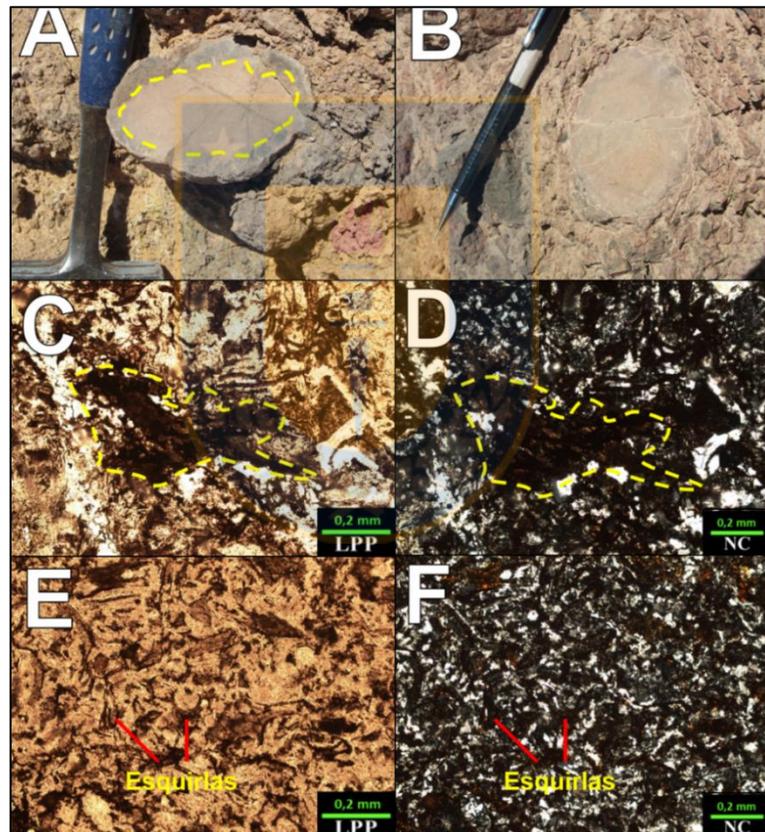


Figura 5.6 A y B: Texturas en fragmentos de la litofacies Brlm. A: Borde enfriado (línea segmentada amarilla) en fragmento volcánico. B: Borde parcialmente digerido por la matriz en fragmento calcáreo. C, D, E y F: Fotomicrografías de la matriz de la litofacies Brlm. A y B: Vista en luz polarizada plana (C) y en nícoles cruzados (D) de fragmento vítreo tamaño lapilli (línea segmentada amarilla) con desvitrificación axial y alteración a limonitas y minerales opacos, en la muestra GSC-025bt. E y F: Vista en luz polarizada plana (E) y en nícoles cruzados (F) de esquirlas vítreas tamaño ceniza fina a gruesa en matriz de brecha lítica masiva, en la muestra GSC-025at.

5.1.2. Interpretación

La presencia de esquirlas vítreas y relictos de ellas en la matriz de las brechas líticas masivas indican un origen explosivo para este depósito, de lo contrario, si sólo contiene fragmentos de roca y cristales, pueden asociarse a depósitos de avalanchas de detritos volcánicos. Específicamente, en el caso de la depositación de las brechas líticas masivas, el flujo piroclástico es más enérgico que durante la depositación de otras litofacies, debido al tamaño de grano de las partículas transportadas. El carácter masivo con una estratificación poco clara puede indicar una sedimentación rápida (Cas y Wright, 1987), en tanto, la zona límite de flujo de la corriente piroclástica es granular o dominada por el escape de fluidos, dado el carácter masivo, la alta concentración de partículas y la ausencia de fábricas direccionales (Branney y Kokelaar, 2002). La amplia variación en el tamaño de grano y sus morfologías heterogéneas, además de la aparición local de bordes de reacción alrededor de clastos son evidencias de contraste termal, que induce un fracturamiento (Willcock *et al.*, 2013), lo que ocurre debido a que la mayoría de los clastos encontrados en las brechas son fragmentos accesorios o accidentales. Por lo anteriormente señalado, los depósitos asociados a la depositación de brechas líticas masivas en el área de estudio son interpretados como una brecha lítica proximal (Branney y Kokelaar, 2002).

5.2. Toba de lapilli masiva (TLm)

5.2.1. Descripción

Corresponden a tobas matrizsoportadas con predominio de fragmentos tamaño lapilli en una matriz de textura fragmental tamaño ceniza gruesa a fina con color gris violeta a gris verdoso, generalmente reemplazada o desvitrificada. A escala de afloramiento son masivas (Figura 5.7), pero en algunos sectores es posible distinguir una estratificación difusa en bancos de 50 cm a 1 m. Representan, aproximadamente, el 40% del depósito del bloque oeste y se concentran en la sección media y basal de éste.

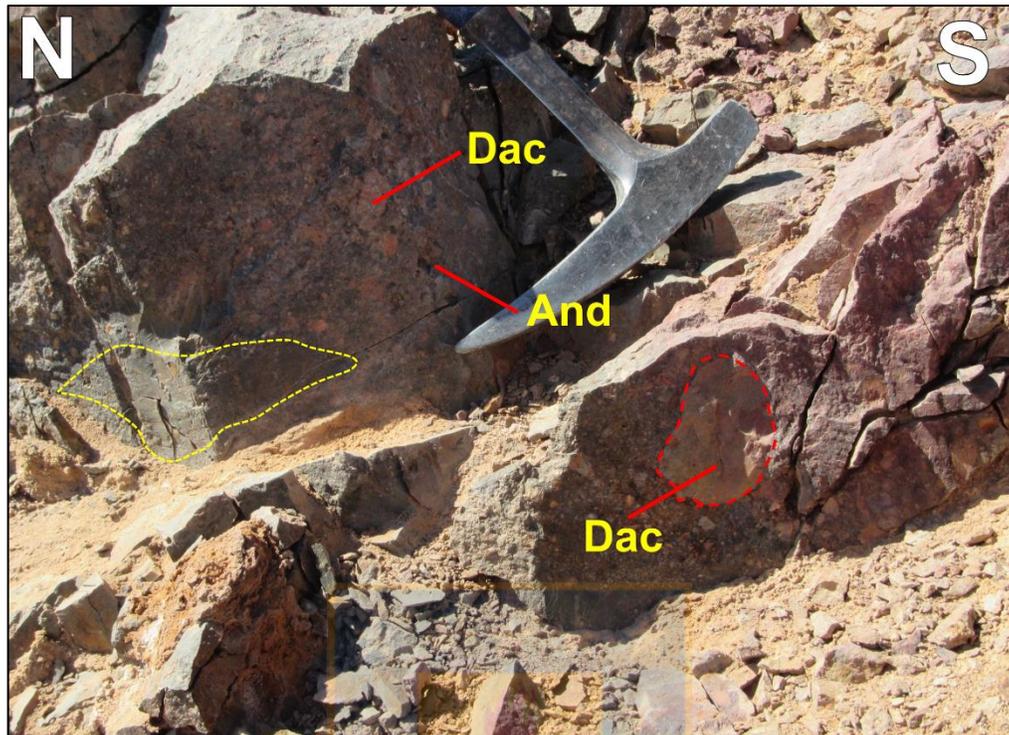


Figura 5.7 Afloramiento de toba de lapilli masiva. Es posible distinguir fragmentos de lava dacítica (Dac y línea segmentada roja) y andesítica (And) y un nivel de ceniza más fina en forma de lente (línea segmentada amarilla), con el color gris característico de la matriz.

Esta litofacies exhibe un dominio de líticos accesorio, de origen volcánico, composición andesítica a dacítica y formas, en general, subangulares, por sobre los juveniles y carece de fragmentos accidentales, ya sean calcáreos o intrusivos. Los de mayor tamaño alcanzan los 6 cm y corresponden a líticos de composición andesítica subangulares de textura porfídica, localmente glomeroporfídica en una masa fundamental pilotaxítica o hialopilítica (Figura 5.8A y 5.8B). En abundante proporción, las tobas de lapilli contienen fragmentos subangulosos a subredondeados de composición dacítica y textura porfídica, con fenocristales de plagioclasa, en una masa fundamental desvitrificada con textura micropoiquilítica (Figura 5.8C y 5.8D). En algunos es posible observar relictos de laminación en rocas volcánicas porfídicas (Figura 5.8E y 5.8F). De manera restringida, se encuentran restos de rocas subredondeados a redondeados con bordes de enfriamiento y composición andesítica con tamaño de grano de lapilli a bloque. Los líticos restantes son fragmentos de tobas de ceniza, tobas soldadas, pómez y fiammes, en general, con formas subangulares y tamaños que no superan los 4 mm.

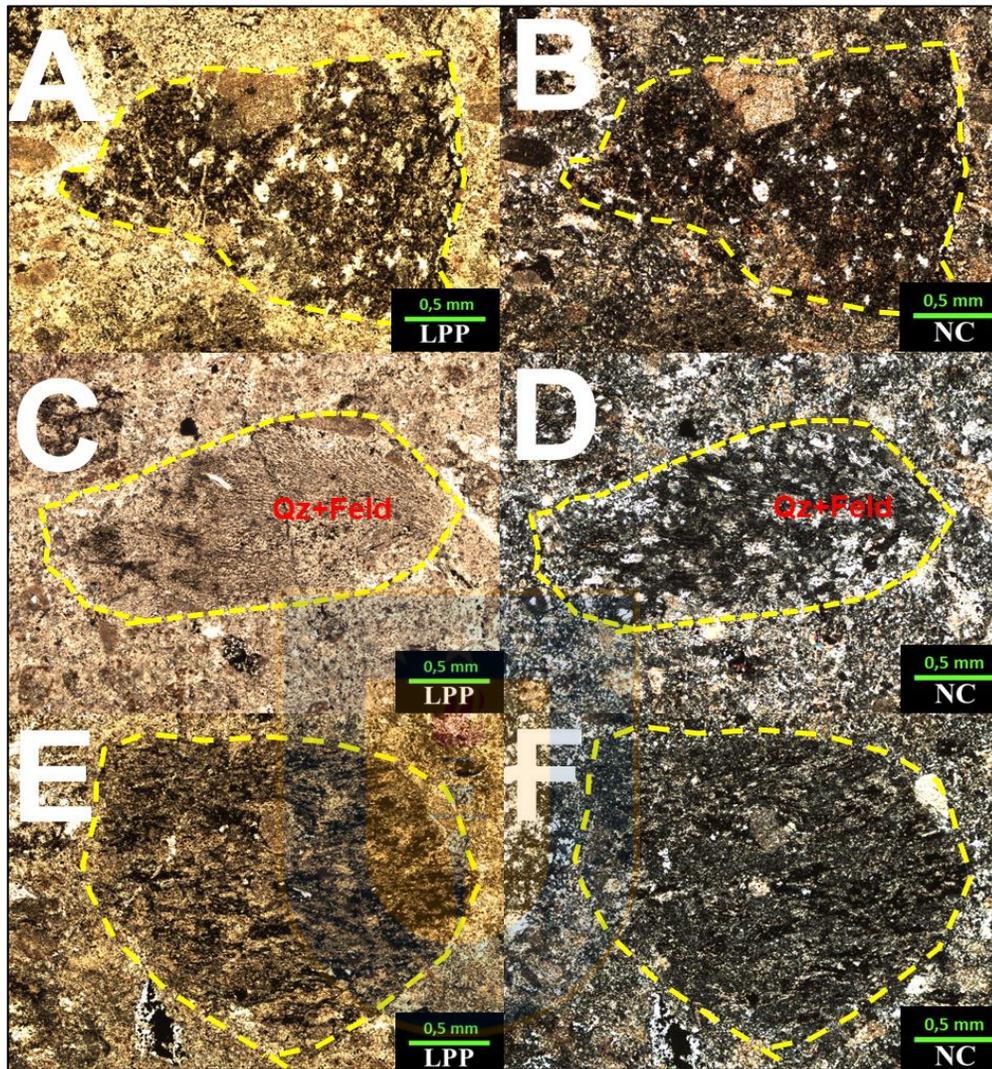


Figura 5.8 Fotomicrografías de la muestra GSC-008t. A y B: Vista en luz polarizada plana (A) y en nícoles cruzados (B) de fragmento andesítico en toba de lapilli masiva (línea segmentada amarilla). C y D: Vista en luz polarizada (C) y en nícoles cruzados (D) de fragmento dacítico con textura micropoiquilítica (Qz+Feld) en toba de lapilli masiva (línea segmentada amarilla). E y F: Vista en luz polarizada (E) y en nícoles cruzados (F) de fragmento dacítico laminado en toba de lapilli masiva (línea segmentada amarilla).

Las tobas de lapilli masivas contienen cantidades variables (10-25%) de fragmentos de cristales, principalmente de cuarzo, plagioclasa y minerales opacos, de tamaño ceniza y, en menor medida, lapilli fino a medio. En tanto, la matriz (50-60%) está compuesta por partículas de vidrio tamaño ceniza fina fuertemente alteradas a arcillas, minerales opacos, carbonatos y limonitas y con esquirlas reemplazadas por arcillas, lo que permite clasificarlas composicionalmente como tobas de lapilli vítreas.

Es posible distinguir estructuras asociadas a la desgasificación o escape de fluidos, moderadamente preservadas, en las tobas de lapilli (Figura 5.9).

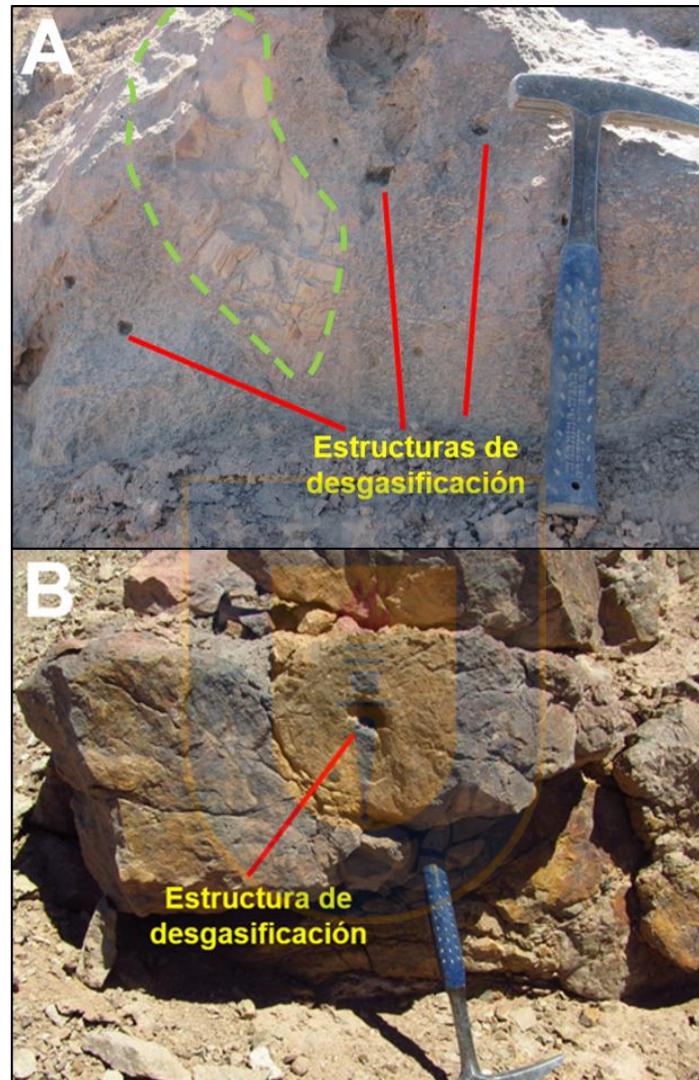


Figura 5.9 Estructuras de desgasificación en toba de lapilli masiva. Sector suroccidental del bloque oeste. A: Vesículas centimétricas subsféricas en toba de lapilli masiva con fragmento volcánico tamaño bloque (línea segmentada verde). B: Vesícula esférica aislada en toba de lapilli masiva.

Se disponen en concordancia (Figura 5.10) sobre las tobas vítreas (Tv) en el sector central del área de estudio, subyacen de manera concordante a dacitas laminadas al NW y se intercalan entre niveles de brechas líticas masivas. Están intruidas por diques andesíticos subverticales, negros a grises, principalmente en el sector occidental y central del bloque oeste, lo cual imprime una fuerte

alteración a las rocas, compuesta principalmente por limonitas y arcillas, que otorgan un color amarillento en superficie. Los afloramientos son extensos a lo largo del Cordón de la Sal y definen franjas irregulares con orientación ENE-WSW.

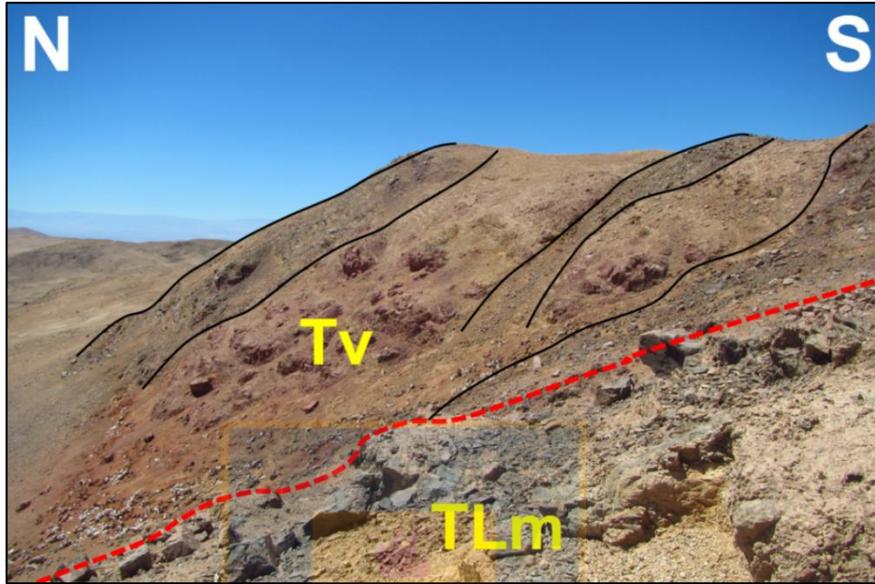


Figura 5.10 Contacto entre tobas vítreas rojas (Tv) y toba de lapilli masiva alterada (TLm) en línea segmentada. Diques negros a grises intruyen a la secuencia (líneas negras).

5.2.2. Interpretación

El tipo de fragmentos encontrados en esta litofacies, que corresponden a líticos volcánicos con bordes de enfriamiento, los componentes de la matriz, entre ellos fiammes y partículas tamaño ceniza, además de las estructuras de desgasificación y la relación con otras litofacies, permiten interpretar a las tobas de lapilli masivas como un depósito originado por el paso de una corriente de densidad piroclástica. La ausencia de estratificación y la homogeneidad del depósito, tanto granulométrica como composicional observada en las tobas de lapilli masivas refleja un comportamiento estable de un flujo piroclástico. El carácter masivo de los depósitos de la litofacie TLm y las estructuras de desgasificación preservadas en algunos afloramientos, son consistentes con el mecanismo de depositación propuesto por Branney y Kokelaar (2002). Estos autores señalan que un flujo piroclástico, a medida que avanza y deposita, compacta y agrada verticalmente, de manera paulatina, generando una presión sobre el depósito previamente formado y no consolidado, proceso mediante el cual ocurre el escape de fluidos.

La falta de evidencias de paleosuelo o retrabajo dentro de la litofacie TLm, además de los cambios graduales e intercalaciones de otras litofacies, sugiere que fue depositada durante un evento de flujo piroclástico único y continuo, sin hiatos claros (Willcock *et al.*, 2013). Puesto que la litofacie TLm no incorpora fragmentos calcáreos dentro de sus componentes, es posible señalar que el sustrato por sobre el cual la corriente fue transportada estaba conformado por depósitos piroclásticos previos, o bien, que la explosión no involucró sustrato calcáreo de la Formación Longacho.

5.3. Tobas vítreas (Tv)

5.3.1. Descripción

Bajo esta denominación se agrupa un conjunto de tobas rojizas a pardo rojizas con tamaño de grano ceniza y, en menor medida, lapilli (Figura 5.11), distribuidas principalmente en la porción basal del bloque oeste. Se encuentran intercaladas entre brechas líticas masivas y tobas de lapilli masivas.

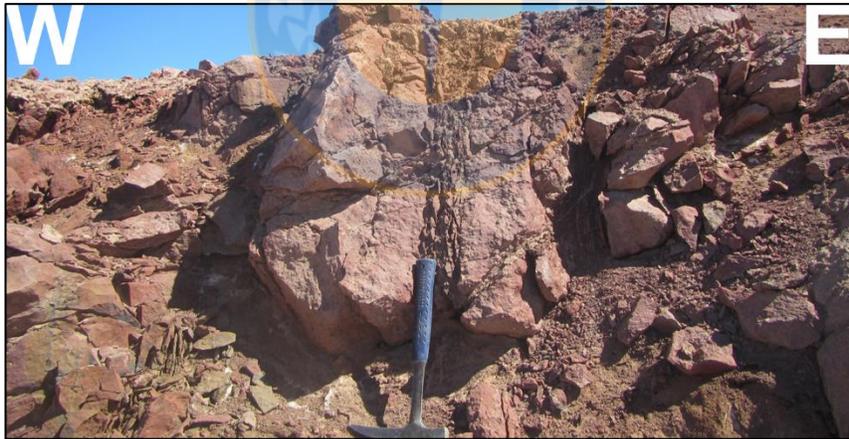


Figura 5.11 Intercalación de tobas vítreas. Alternancia entre toba rojiza y toba vítrea con mayor contenido de lapilli, en tramo superior de columna estratigráfica BO3.

Hacia la base del bloque oeste, en el sector central del área de estudio (Figura 5.12), es posible reconocer diferentes estructuras depositacionales a lo largo de una secuencia formada por brechas líticas masivas, tobas de lapilli masivas y tobas vítreas. Se observa estratificación cruzada a escala de afloramiento (Figura 5.13A y 5.13B), definida internamente por la alineación de fragmentos volcánicos porfídicos oscuros y fragmentos rojizos. Hacia niveles superiores las tobas vítreas se

encuentran laminadas y presentan gradación simétrica, tanto de inversa a normal, como de normal a inversa (Figura 5.13C y 5.13D). De manera restringida, entre las tobas vítreas laminadas, existen lentes centimétricos con mayor contenido de líticos (Figura 5.13F). La laminación es discontinua en detalle y con desarrollo incipiente de fábrica direccional (Figura 5.13E).

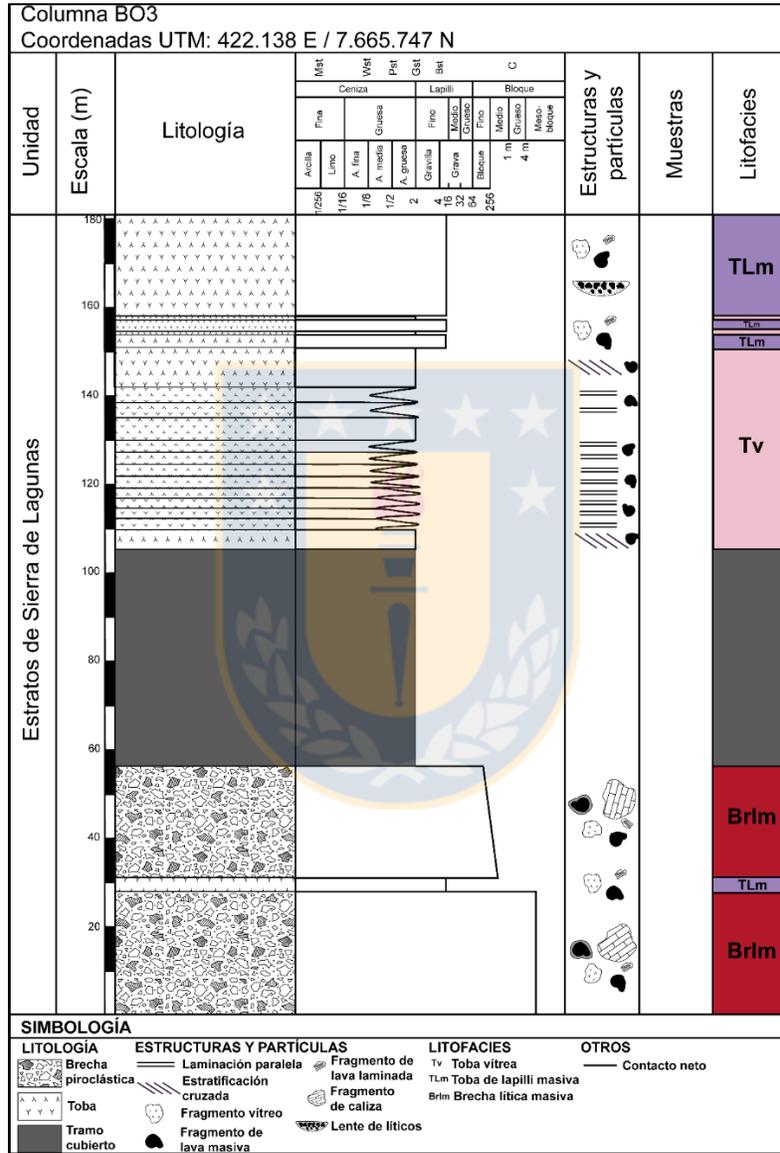


Figura 5.12 Sección estratigráfica BO3. Tobas vítreas con estructuras depositacionales intercaladas con tobas de lapilli masivas y presencia de niveles de brecha lítica masiva hacia la base.

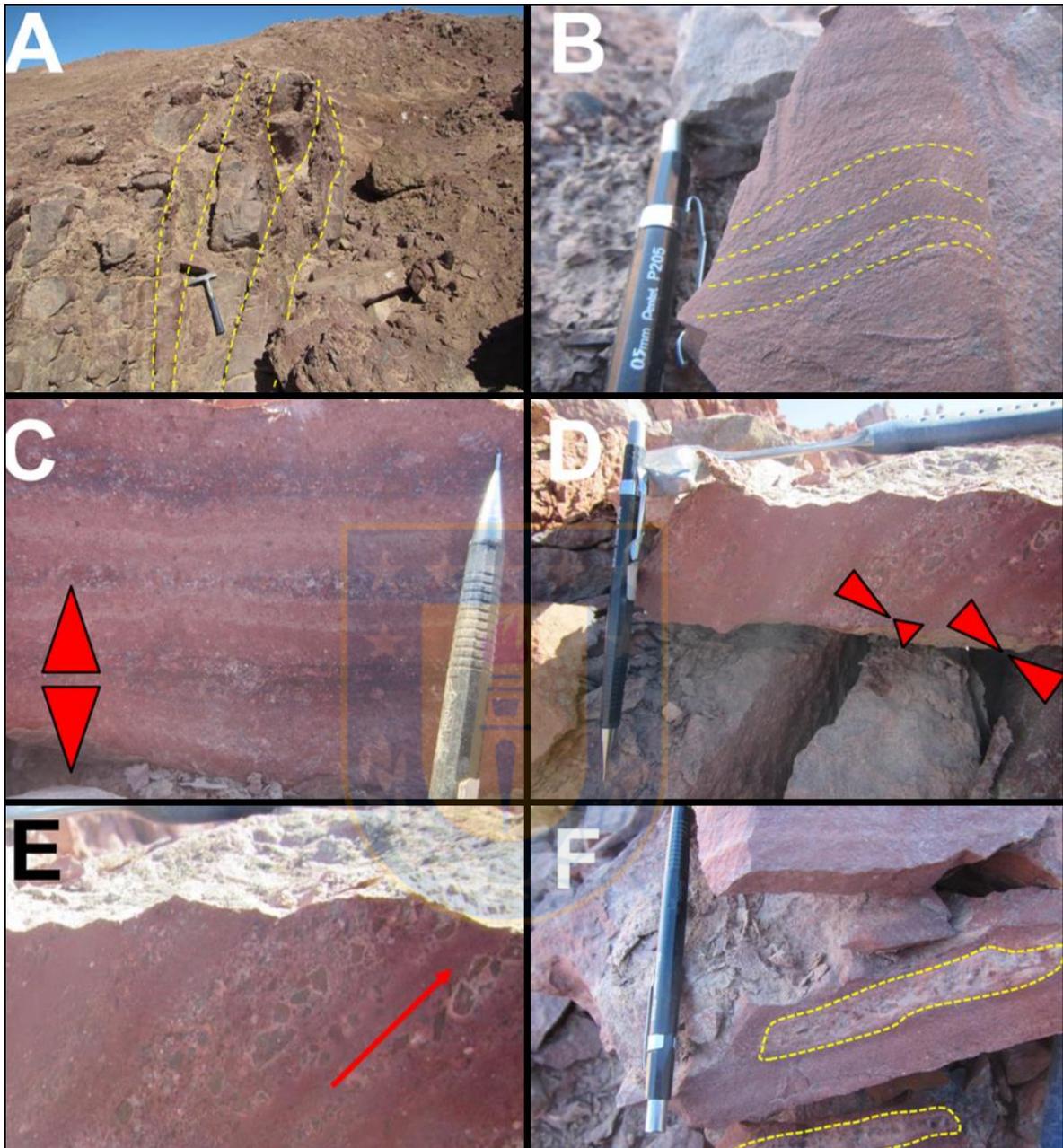


Figura 5.13 Estructuras depositacionales en tobas vítreas: A: Estratificación cruzada a escala de afloramiento (línea segmentada amarilla). B: Estratificación cruzada pobremente desarrollada en toba vítrea masiva (línea segmentada amarilla). C: Gradación simétrica inversa a normal en toba vítreas, marcada por niveles con mayor contenido de granos tamaño lapilli (flechas rojas indican variación en tamaño de grano). D: Gradación simétrica normal a inversa (flechas rojas indican variación en tamaño de grano). E: Desarrollo incipiente de fábrica direccional (flecha roja indica dirección de la fábrica). F: Lentes de fragmentos de roca en toba vítrea (línea segmentada amarilla).

Composicionalmente corresponden a tobas rojas vítreas con tamaño de grano predominante que varía de ceniza a lapilli. Los fragmentos de mayor tamaño (hasta 2,3 mm) corresponden a lavas andesíticas con textura porfídica y abundantes vesículas rellenas por limonita, calcita y, en menor medida, clorita (Figura 5.14A y 5.14B); lavas andesíticas porfídicas con fenocristales de plagioclasa en una masa fundamental pilotaxítica y lavas dacíticas con masa fundamental micropoiquilitica. Localmente existen fragmentos menores a 1 mm de origen intrusivo, formados por cuarzo y biotita con textura hipidiomórfica granular. Entre los fragmentos también se encuentran restos vítreos angulosos con partículas con desvitrificación axial y microlitos de plagioclasa de hasta 0,1 mm (Figura 5.14C y 5.14D). Adicionalmente, tienen fragmentos de cristales de plagioclasa y cuarzo, subangulosos y tamaño menor a 1 mm. La matriz, reemplazada por hematita, limonitas, calcita y arcillas, está formada por un agregado de partículas vítreas tamaño ceniza fina, entre las cuales es posible distinguir esquirlas reemplazadas por carbonatos de hasta 0,1 mm.

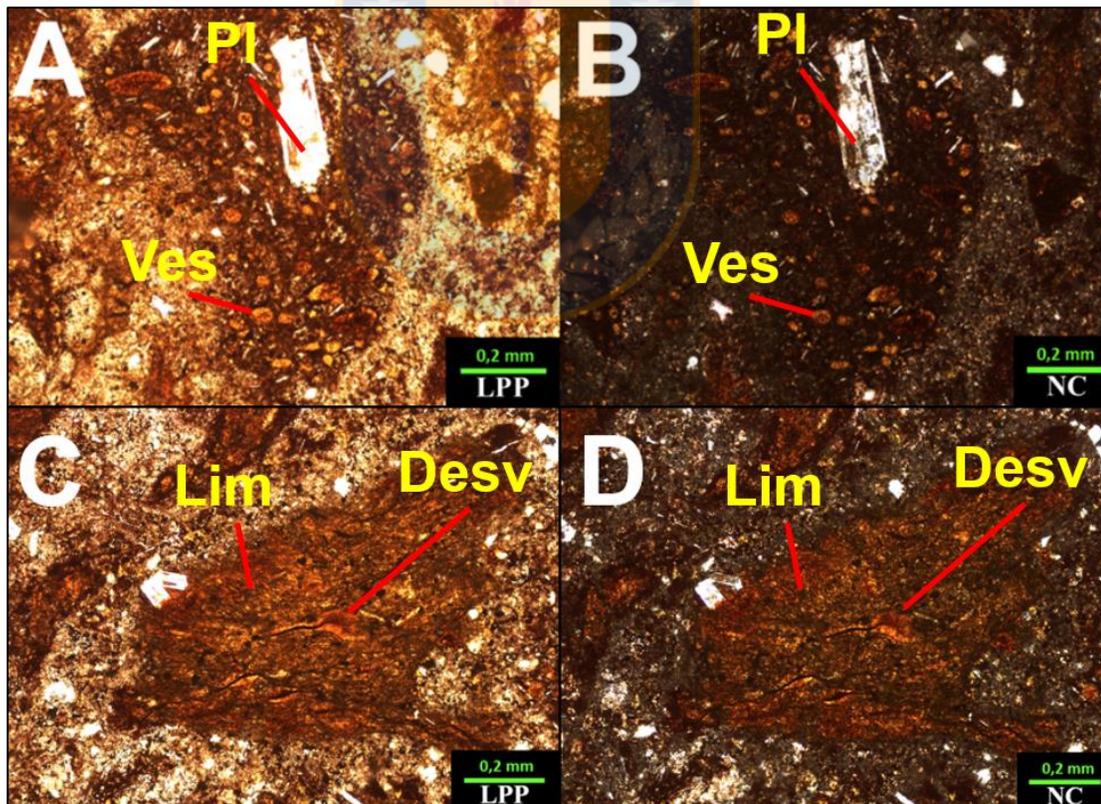


Figura 5.14 Fotomicrografías de la muestra GSC-026t. A y B: Vista en luz polarizada plana (A) y en nícoles cruzados (B) de fragmento volcánico con textura porfídica con fenocristales de plagioclasa (PI) y masa fundamental vesicular (Ves) dentro de toba vítrea del bloque centro. C y D: Vista en luz polarizada plana (C) y en nícoles cruzados (D) de fragmento vítreo anguloso con desvitrificación axial (Desv) y alteración a limonitas (Lim).

4.4.2. Interpretación

La estratificación cruzada y la laminación paralela, estructuras depositacionales observadas en esta litofacies, y la granulometría fina, son comunes en depósitos originados a partir de la corriente diluida en partículas, situada justo encima de un flujo piroclástico (Branney y Kokelaar, 1997; Branney y Kokelaar, 2002) . Estas estructuras se generan en una corriente diluida, puesto que las partículas son depositadas por caída directa o por tracción, con transporte y soporte en una fase fluida turbulenta (Branney y Kokelaar, 2002). Según Branney y Kokelaar (2002), la estratificación paralela o subparalela, la estratificación cruzada y la buena selección indican depositación en zonas límite de flujo dominadas por tracción. Por otra parte, la estratificación subparalela o laminación generada por procesos tractivos difiere de la laminación generada por caída directa en que las láminas individuales son discontinuas en detalle y muestran fábrica, lo que es equivalente con estructuras depositacionales presentes en arenas depositadas por corrientes unidireccionales (Branney y Kokelaar, 2002). Las partículas más finas son total o parcialmente soportadas por un fluido turbulento, en la parte superior de la corriente, en tanto, las más gruesas o densas saltan, se deslizan o ruedan sobre el sustrato (Branney y Kokelaar, 2002). La ocurrencia local de lentes de fragmentos de roca tamaño lapilli refleja un comportamiento inestable de la corriente, posiblemente relacionado a irregularidades en la topografía del sustrato.

5.4. Andesitas y dacitas masivas (ADm)

5.4.1. Descripción

Esta litofacies está definida por lavas masivas de composición predominante andesítica y, en menor medida, dacítica, distribuidas esencialmente en la parte occidental del bloque oeste, sector en el cual están dispuestas sobre una secuencia de tobas de lapilli masivas (TLm) y lavas laminadas (DI), en forma aparentemente concordante (Figura 5.15). Las lavas contienen fenocristales de plagioclasa de 1 a 3 mm, con formas subhedrales a euhedrales en una masa fundamental afanítica de color parda a rojiza y es posible distinguir pequeños cristales subhedrales de minerales máficos fuertemente alterados, que corresponden a relictos de clinopiroxeno reemplazados por clorita,

calcita, limonita y óxidos de hierro. La masa fundamental de las variedades dacíticas corresponde a un intercrecimiento de grano fino entre cuarzo y feldespatos (Figura 5.15A y 5.15B), y presenta, además, minerales opacos y restringidamente, apatito. En tanto, las variedades andesíticas, con menor contenido de cuarzo, muestran masa fundamental pilotaxítica a micropoiquilítica. En el sector sur del bloque sur oeste, las andesitas exhiben una aparente laminación, sin embargo, ésta es producto del reemplazo de la masa fundamental por óxidos de hierro, que da origen a un aspecto bandeado a nivel microscópico.

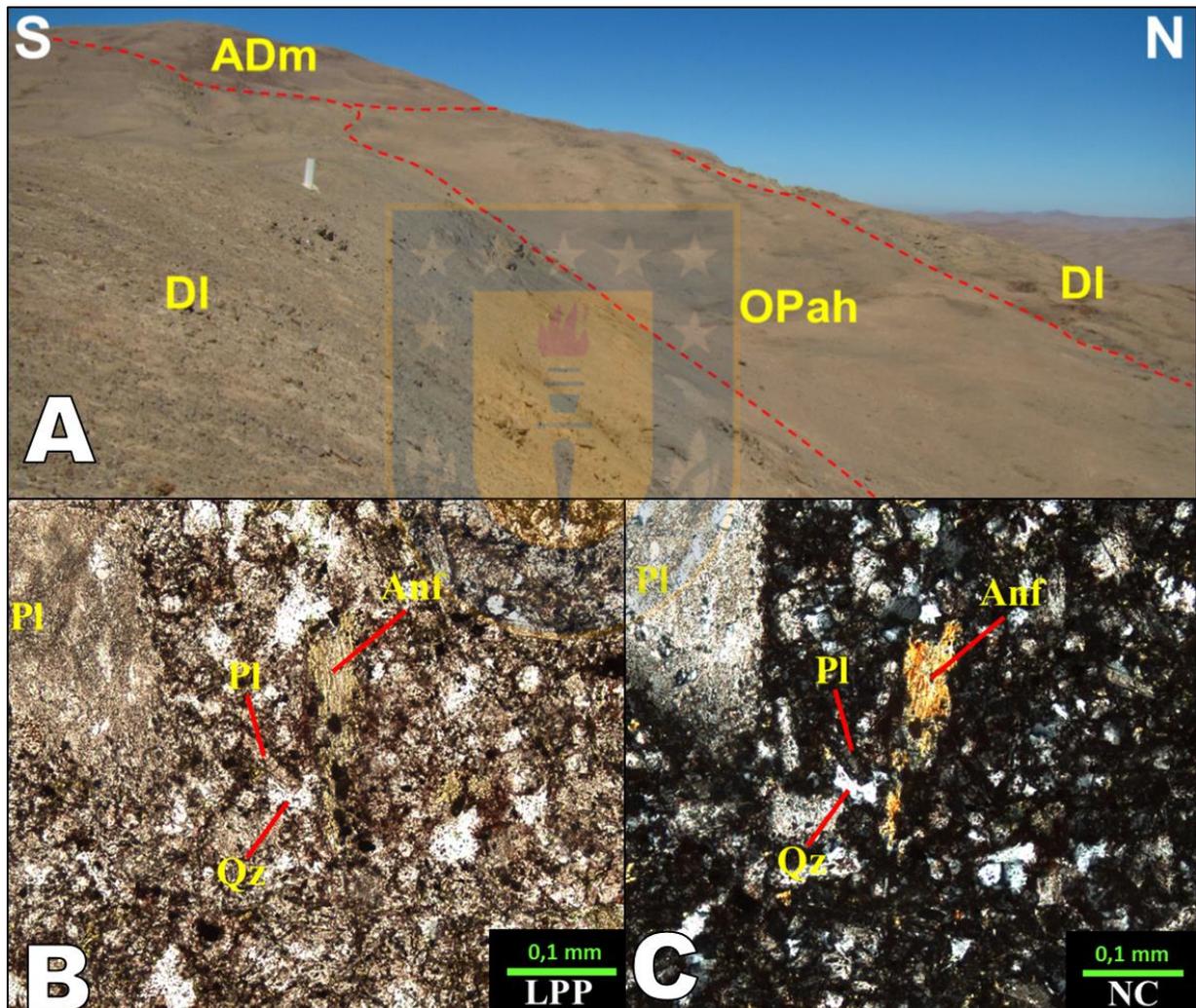


Figura 5.15 Andesitas y dacitas masivas. A: Afloramiento de andesitas a dacitas masivas (ADm) en el sector occidental del área de estudio en aparente concordancia sobre dacitas laminadas (DI) separadas por depósitos correspondientes a las Gravas de Alto Hospicio (OPah). B y C: Vista en luz polarizada plana y B: en nicoles cruzados de la muestra GSC-020t Textura micropoiquilítica por intercrecimiento entre cuarzo (Qz) y plagioclasa (Pl) de la masa fundamental en dacita de anfíbola (Anf).

En asociación con las capas de lava masiva, en algunos sectores es posible encontrar niveles de brechas volcánicas andesíticas a dacíticas, cuyos fragmentos son subangulosos a subredondeados, en una matriz porfídica con fenocristales de plagioclasa y minerales máficos oxidados en una masa fundamental vítrea de color pardo rojizo a gris oscuro (Figura 5.16), con microlitos de plagioclasa visibles microscópicamente. A escala de afloramiento, las brechas limitan la base o el techo de las lavas masivas.

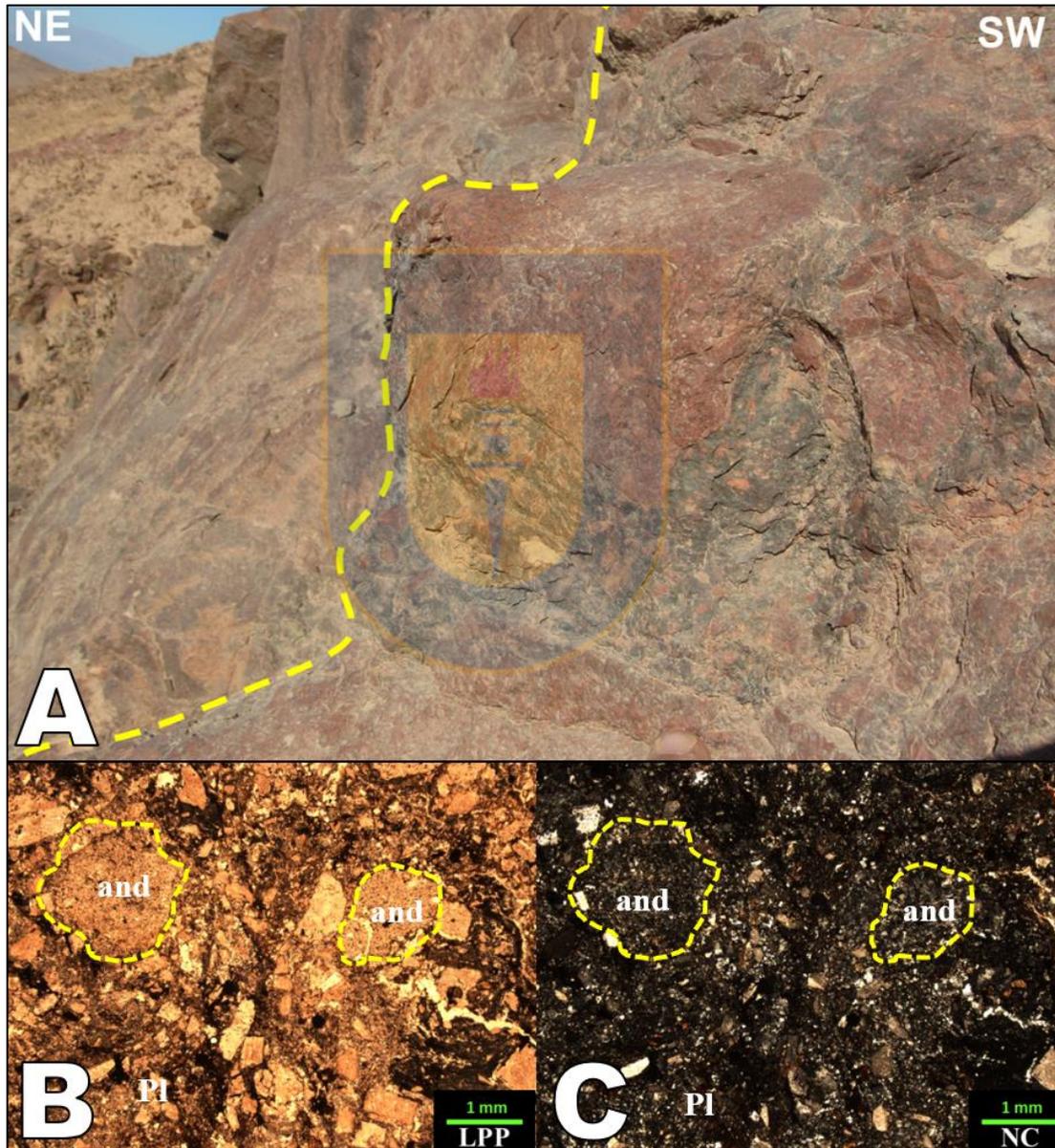


Figura 5.16 A: Lava brechosa andesítica. Andesita con fragmentos de hasta 20 cm de diámetro que constituye la base de nivel de lava masiva. B y C: A: Vista en luz polarizada plana y B: en nícoles cruzados de la muestra GSV-161t. Brecha volcánica con fragmentos de andesitas masivas (and) y masa fundamental vítrea con fenocristales de plagioclasa (Pl).

5.4.2. Interpretación

Las lavas andesíticas a dacíticas masivas, localizadas principalmente en el sector occidental del boque oeste, forman un cuerpo macizo, fuertemente fragmentado y limitado en sus bordes por flujos de lava dacítica y tobas de lapilli masivas. La estructura en planta, la distribución espacial y la relación con las unidades restantes, permiten señalar que posiblemente estas rocas constituyan un domo, con un cuerpo masivo de rocas andesíticas a dacíticas que varía lateralmente a lavas con bandeamiento por flujo hacia partes más externas y zonas brechizadas (Figura 5.17).

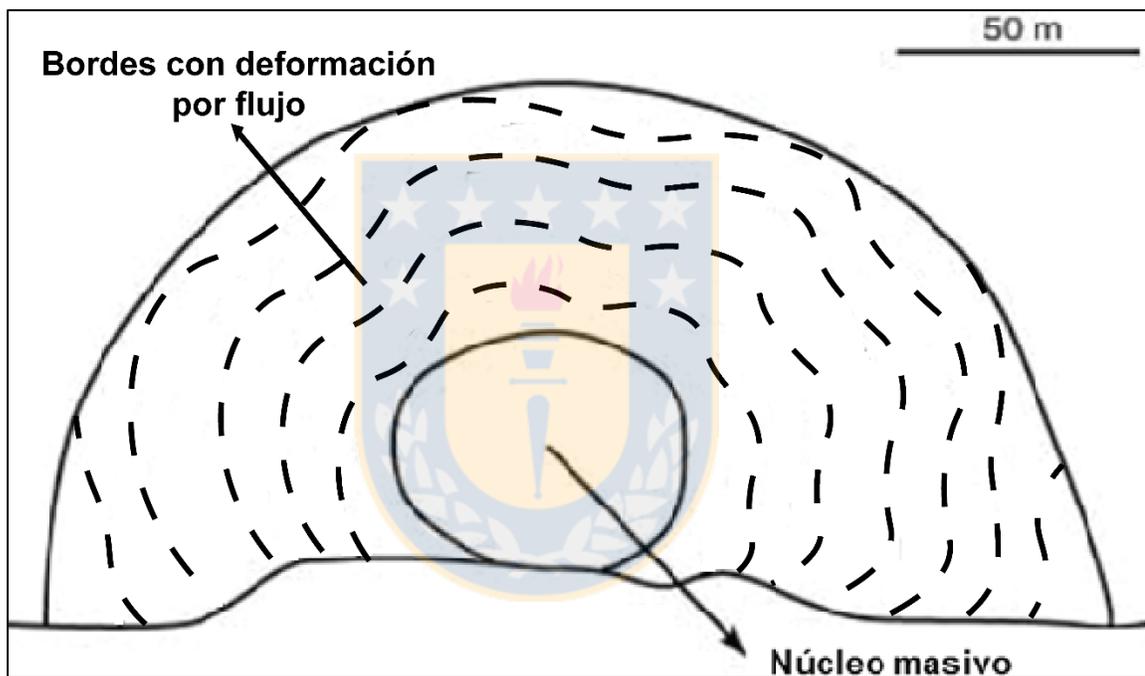


Figura 5.17 Estructura concéntrica de un domo de lava. Núcleo masivo (línea continua negra) y bordes con deformación por flujo (líneas segmentadas negras). Modificado de Buisson y Merle (2002).

5.5. Dacitas laminadas (DI)

5.5.1. Descripción

Las rocas que componen esta litofacies corresponden a lavas dacíticas grises a pardo rojizas con laminación y textura porfídica seriada, localmente glomeroporfídica, en una masa fundamental con textura micropoiquilitica a pilotaxítica. Se distribuyen en el extremo occidental del Cordón de la

Sal dentro del área de estudio, al este del Cerro Chuculay, en afloramientos continuos con fuerte alteración y están dispuestas de manera concordante sobre tobas de lapilli masivas. Se encuentran asociadas a bordes de núcleos macizos de andesitas y dacitas masivas, en el mismo sector, en el que son intruidas por diques negros a grises de composición andesítica y textura afanítica (Figura 5.18).

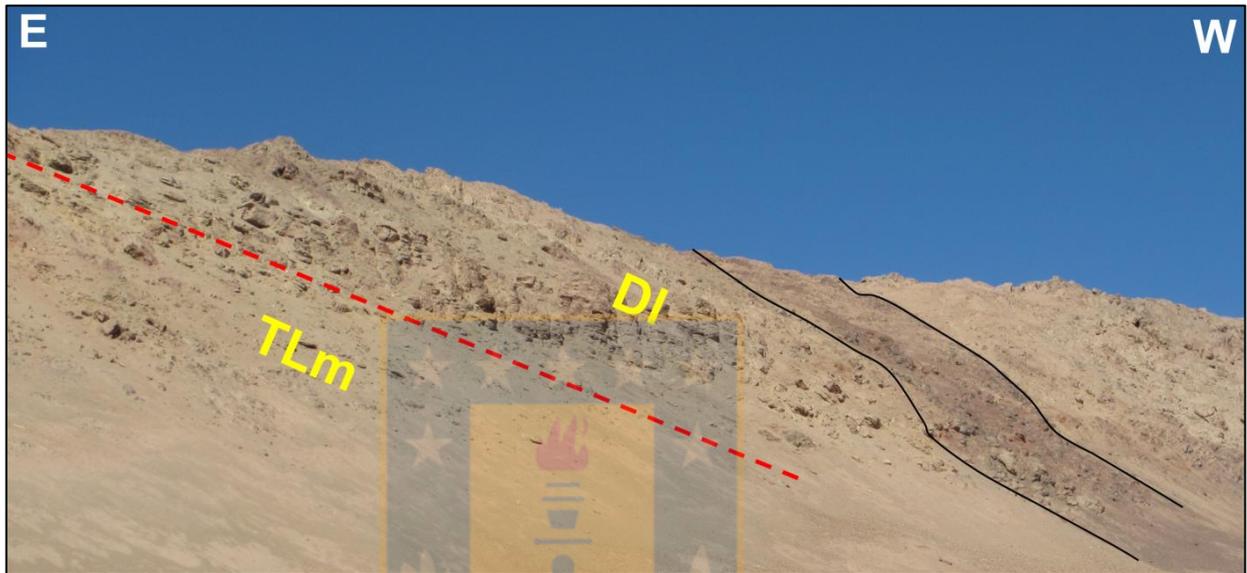


Figura 5.18. Relaciones de contacto de dacitas laminadas. Dacitas laminadas (DI) en contacto (línea segmentada), de manera concordante, sobre toba de lapilli masiva (TLm). La secuencia andesítica es intruida por un dique subvertical de composición andesítica (línea continua).

Muestran laminación milimétrica a centimétrica, en general, bien desarrollada (Figura 5.19A), la cual varía de paralela a irregular y viceversa. La laminación refleja la textura pilotaxítica que exhibe la masa fundamental (Figuras 5.19B y 5.19C) y la textura traquítica de los fenocristales de plagioclasa. Los fenocristales de plagioclasa tienen formas subhedrales a euhedrales con tamaños de hasta 3 mm, alterados moderadamente a sericita y arcillas. Los fenocristales de clinopiroxeno, más escasos, tienen formas subhedrales a euhedrales de hasta 1,5 mm, están fuertemente alterados y formando relictos reemplazados por calcita, clorita, limonitas y óxidos de hierro. De manera local, algunas dacitas contienen fenocristales de anfíbola subhedral con alteración fuerte a clorita. La masa fundamental está compuesta por un intercrecimiento entre feldespatos subhedrales y cuarzo anhedral de tamaño de grano fino (hasta 0,1 mm) que dan origen a una textura micropoiquilitica, proveniente de la desvitrificación de la masa fundamental. Las dacitas tienen apatito, esfeno y circón como minerales accesorio.

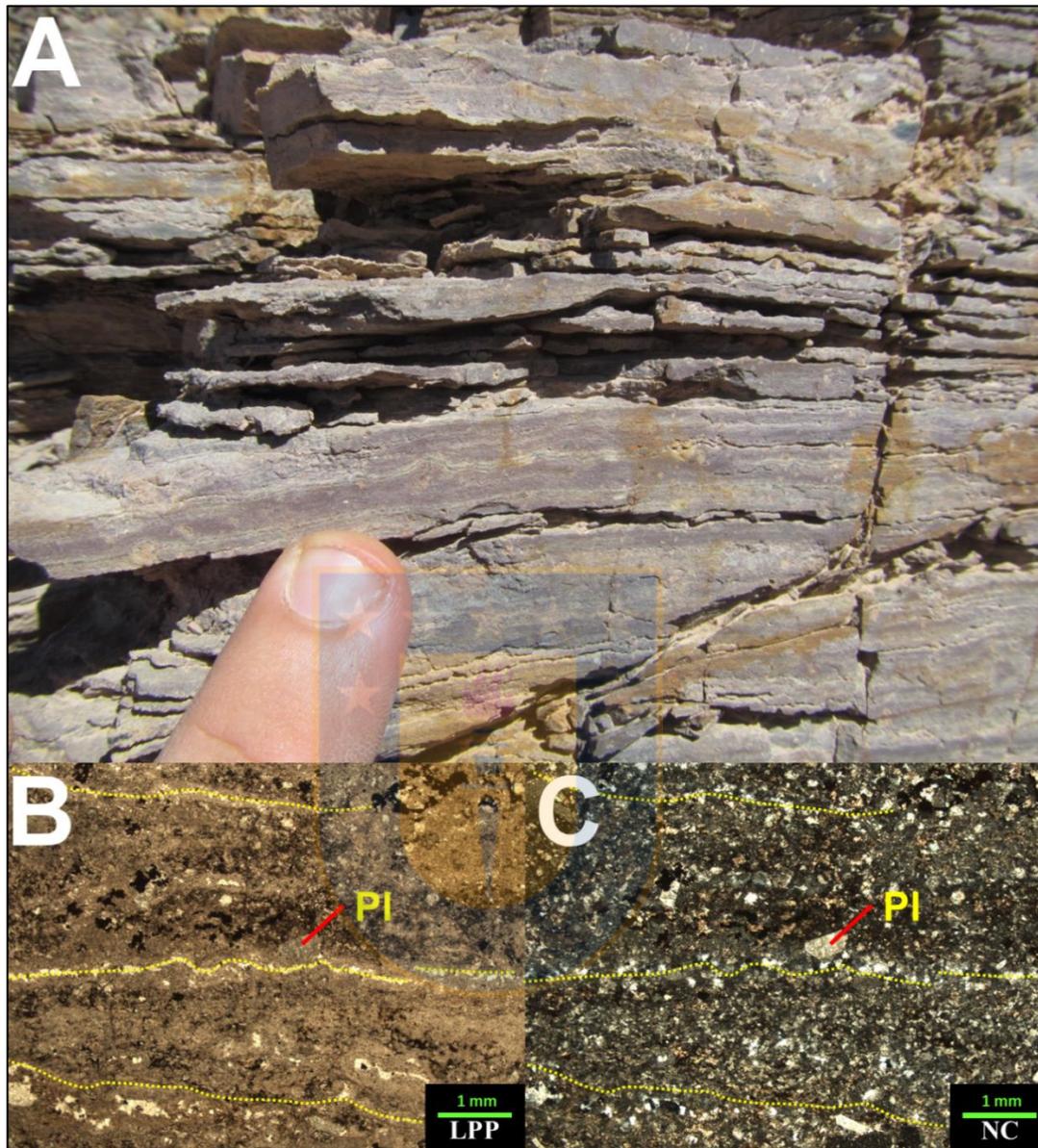


Figura 5.19 Laminación milimétrica en dacitas. A: Laminación a escala de afloramiento que varía de paralela a irregular observada en dacitas. B y C: Vista en luz polarizada plana (B) y en nícoles cruzados (C) de la muestra GSV-164t. Lava dacítica laminada con fenocristales de plagioclasa (Pl). La laminación (líneas segmentadas amarillas) está marcada por la textura orientada de los fenocristales de plagioclasas y los microlitos en la masa fundamental, además de niveles silíceos de reemplazo y ricos en minerales opacos.

A escala de afloramiento, y de manera local, es posible distinguir deformación por flujo en las dacitas laminadas, específicamente, en los márgenes de afloramientos (Figura 5.20A.). Además, se observan cambios laterales a tobas de lapilli que constituyen la litofacie TLm (Figura 5.20B).

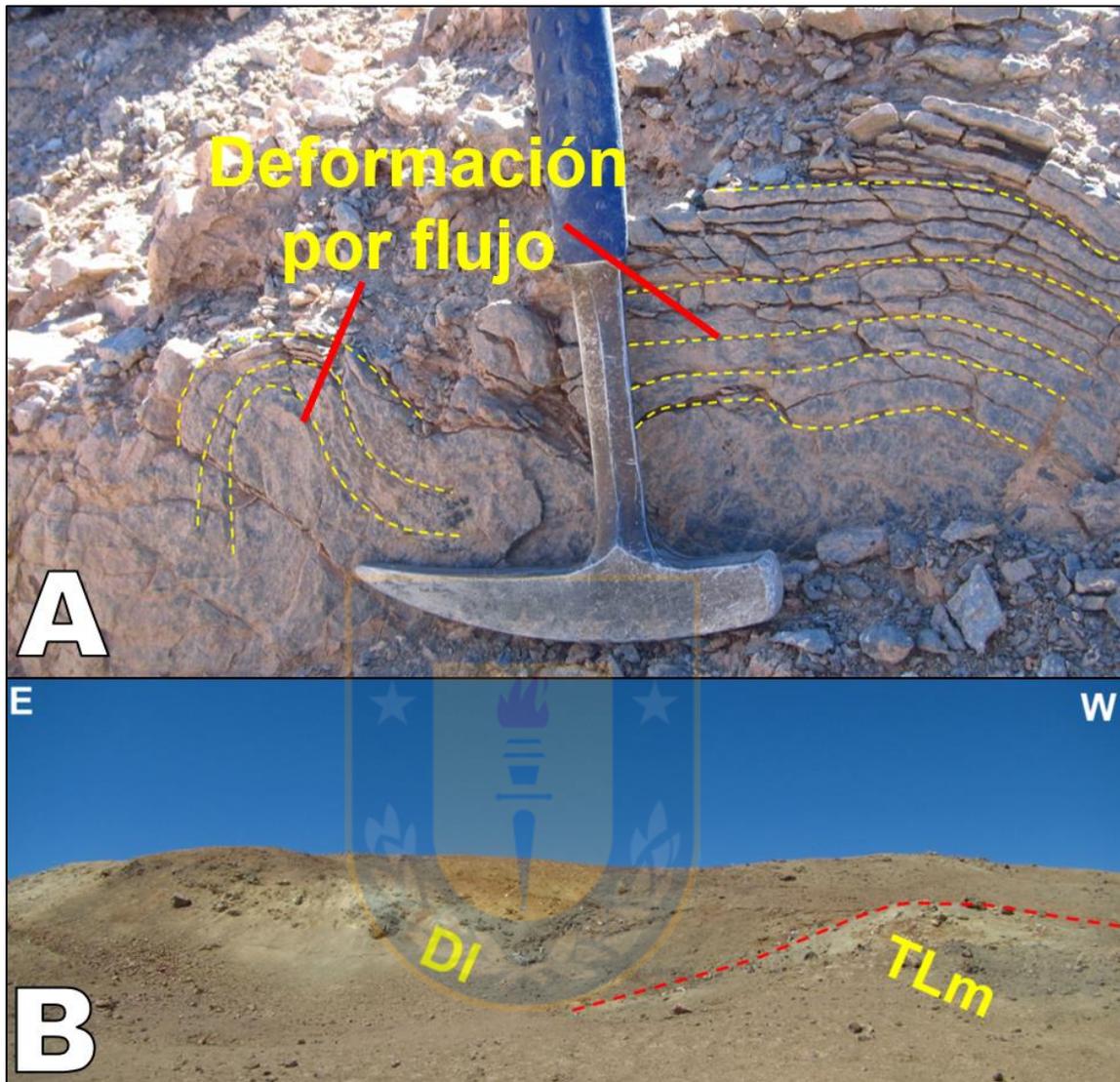


Figura 5.20 Características a escala de afloramiento de dacitas laminadas. A: Deformación por flujo (líneas segmentadas amarillas) en lavas dacíticas laminadas. B: Cambio lateral de lavas dacíticas laminadas a tobas de lapilli en el extremo occidental del área de estudio

5.5.2. Interpretación

La textura pilotaxítica de la masa fundamental en las dacitas laminadas, en general, paralela a lo largo de las secuencias estudiadas, corresponde a una foliación por flujo, específicamente, debido al crecimiento de un domo de composición andesítica a dacítica. Los afloramientos de dacitas laminadas son restringidos a los bordes del cuerpo andesítico a dacítico masivo descrito

anteriormente, lo que se puede interpretar como la parte externa bandeada de un domo en crecimiento (Figura 5.18).

5.6. Toba de lapilli soldada (TLsol)

5.6.1. Descripción

En la parte occidental del bloque centro, intercalado entre tobas de lapilli masivas (TLM), se expone un nivel de aproximadamente 10 m, de tobas de lapilli soldadas, matriz soportadas de aspecto masivo, compactas y color gris a gris oscuro. El soldamiento está definido por vesículas (Figura 5.21A) y fragmentos de roca elongados (Figura 5.21B) y fiammes, de tamaño centimétrico.

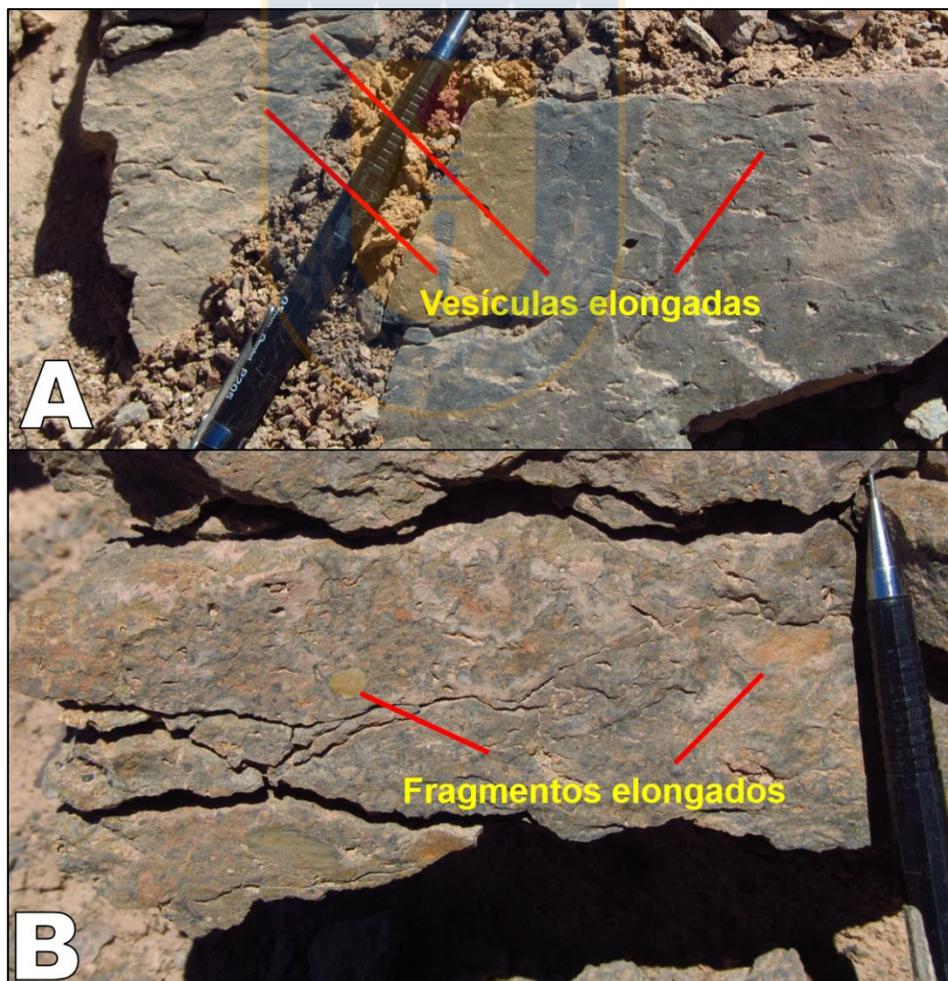


Figura 5.21 Evidencias de soldamiento en toba de lapilli. A: Vesículas elongadas en toba soldada. B: Fragmentos de roca elongados en toba soldada.

Texturalmente corresponden a tobas de lapilli y están compuestas por fragmentos de cristales de plagioclasa y cuarzo de hasta 2 mm y fragmentos volcánicos porfídicos (hasta 5%) con masa fundamental pilotaxítica y formas subredondeadas y tamaño de grano máximo de 5 mm, similares a los presentes en las tobas de lapilli masivas. Los componentes esenciales de esta litofacies son fiammes de hasta 7 mm reemplazadas por arcillas, calcita y sericita (Figura 5.22) y la matriz, constituida por material vítreo tamaño ceniza fina, entre el cual es posible distinguir localmente esquirlas de hasta 0,1 mm con formas cuspidadas y elongadas.

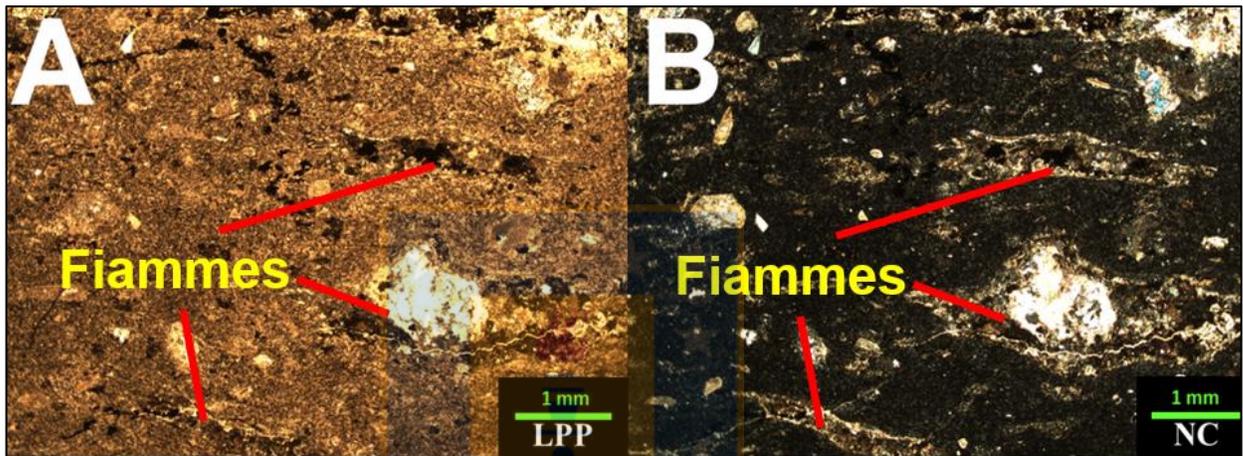


Figura 5.22. Fotomicrografías de la muestra GSC-028t. A: Vista en luz polarizada plana y B: en nícoles cruzados. Fiammes reemplazadas por arcillas, calcita y sericita en matriz vítrea tamaño ceniza fina.

El cambio desde tobas de lapilli masivas a las tobas soldadas que constituyen esta litofacies puede ser gradacional o abrupto. Cabe destacar que la fuerte alteración que afecta a las tobas de lapilli masivas que limitan este nivel, tanto en su base como en el techo, no permite apreciar el tipo de cambio litológico.

5.6.2. Interpretación

El predominio de partículas vítreas, en forma de fiammes, por sobre los fragmentos líticos (hasta 5%), refleja una baja capacidad de la corriente de transportar partículas más densas. Este cambio podría estar relacionado a inestabilidades locales de la corriente o un agotamiento momentáneo, generadas por irregularidades en la topografía o cambios en la dirección del flujo. El soldamiento puede ser explicado por la depositación sucesiva de capas más densas que compactan el depósito sobre el cual se depositan, como las que componen las tobas de lapilli masivas que sobreyacen a

las tobas soldadas. La fuerte alteración que oblitera las texturas depositacionales y estructuras en las tobas de lapilli del bloque norte, debido a la intrusión de numerosos diques andesíticos, no permite registrar la continuidad lateral de este depósito.

5.7. Tobas con lapilli acrecionario (TLac)

5.7.1. Descripción

Tobas de lapilli matrizsoportadas de espesor métrico con abundantes partículas de lapilli acrecionario, con tamaños que van desde 1 mm hasta 6 mm y color pardo rojizo (Figura 5.23). Afloran entre lavas laminadas, en el sector occidental del bloque norte, hacia el techo de la sección estratigráfica del sector occidental del bloque norte.

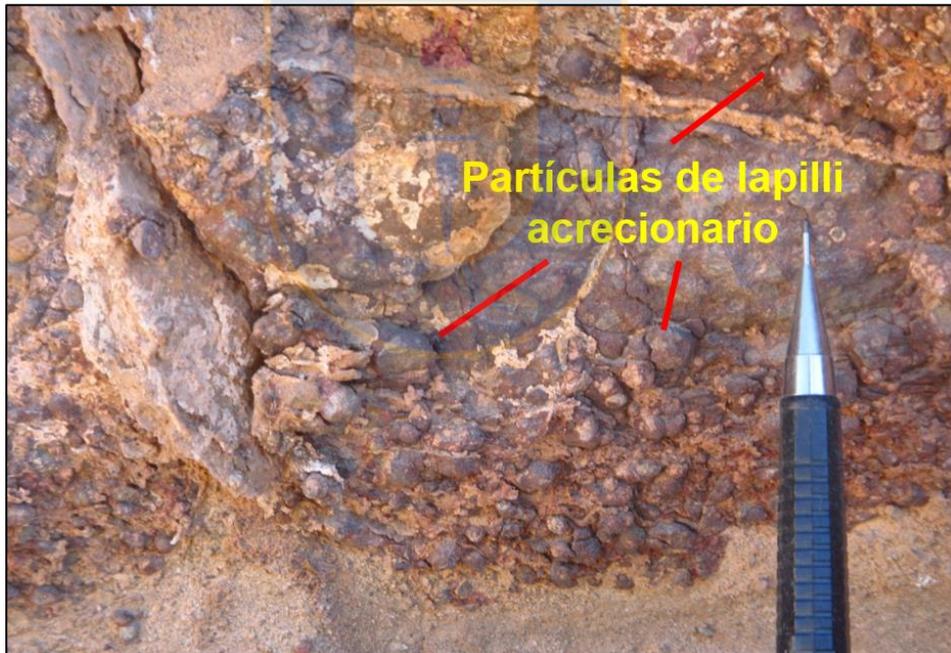


Figura 5.23 Partículas de lapilli acrecionario en toba de lapilli.

Las partículas son redondeadas a subredondeadas y están fuertemente reemplazadas por carbonatos, limonitas y, localmente sílice. La alteración se da de manera concéntrica dentro de las partículas de lapilli acrecionario, con un centro de cuarzo secundario, carbonatos en torno a él y limonitas en los bordes, que le otorgan una coloración parda rojiza a anaranjada. (Figura 5.24). La

fuerte alteración y la mala preservación del depósito dificultan el reconocimiento de estas partículas tanto macroscópicamente como en corte transparente, como es posible observar en la Figura 5.25A y 5.25B, en la cual se pueden reconocer formas las subcirculares con bordes reemplazados por limonitas. Ocasionalmente, las partículas subcirculares exhiben una intensa desvitrificación con textura esferulítica (Figura 5.25C y 5.25D) y, de manera local, se pueden identificar esquirlas de vidrio en la matriz, sin soldamiento y desvitrificadas.

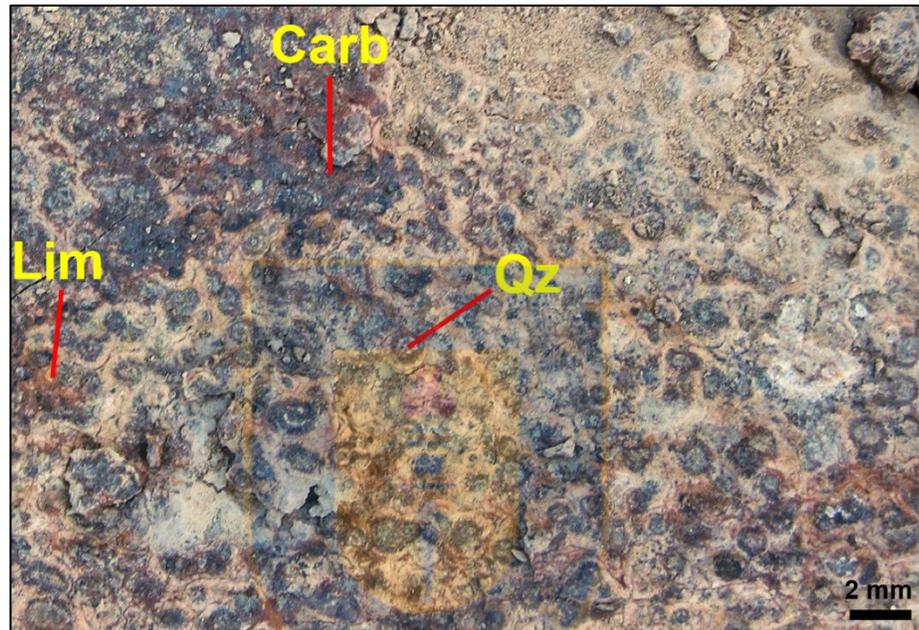


Figura 5.24 Alteración en partículas de lapilli acrecionario. De manera concéntrica, están alteradas a limonitas (Lim), cuarzo secundario (Qz) y carbonatos (Carb).

En el extremo oriental del área de estudio, tobas con lapilli acrecionario con menor contenido de partículas que las observadas en el sector occidental afloran entre los conglomerados y areniscas gruesas calcáreas de la Formación Longacho. Los tamaños de las partículas de lapilli acrecionario varían entre 2 y 20 mm y tienen formas subcirculares y concéntricas, con un núcleo de ceniza fina y laminación milimétrica en los bordes (Figura 5.25E y 5.25F). En el centro tienen abundantes esquirlas de vidrio y localmente son reemplazadas por calcita. El tamaño de grano varía de centro a borde desde ceniza gruesa a ceniza fina. Las rocas que contienen estas partículas son matrizsoportadas y además de las partículas de lapilli acrecionario, presentan fragmentos de tobas vítreas subangulares fuertemente alterados, de hasta, aproximadamente, 3 mm y fragmentos de cuarzo angular muy fino (0,1-0,2 mm). Estas rocas permiten identificar en el área de estudio la

ocurrencia de estas partículas de ceniza, a pesar de que, posiblemente, representen un nivel más próximo a la base, que el que define la litofacies y no son correlacionables.

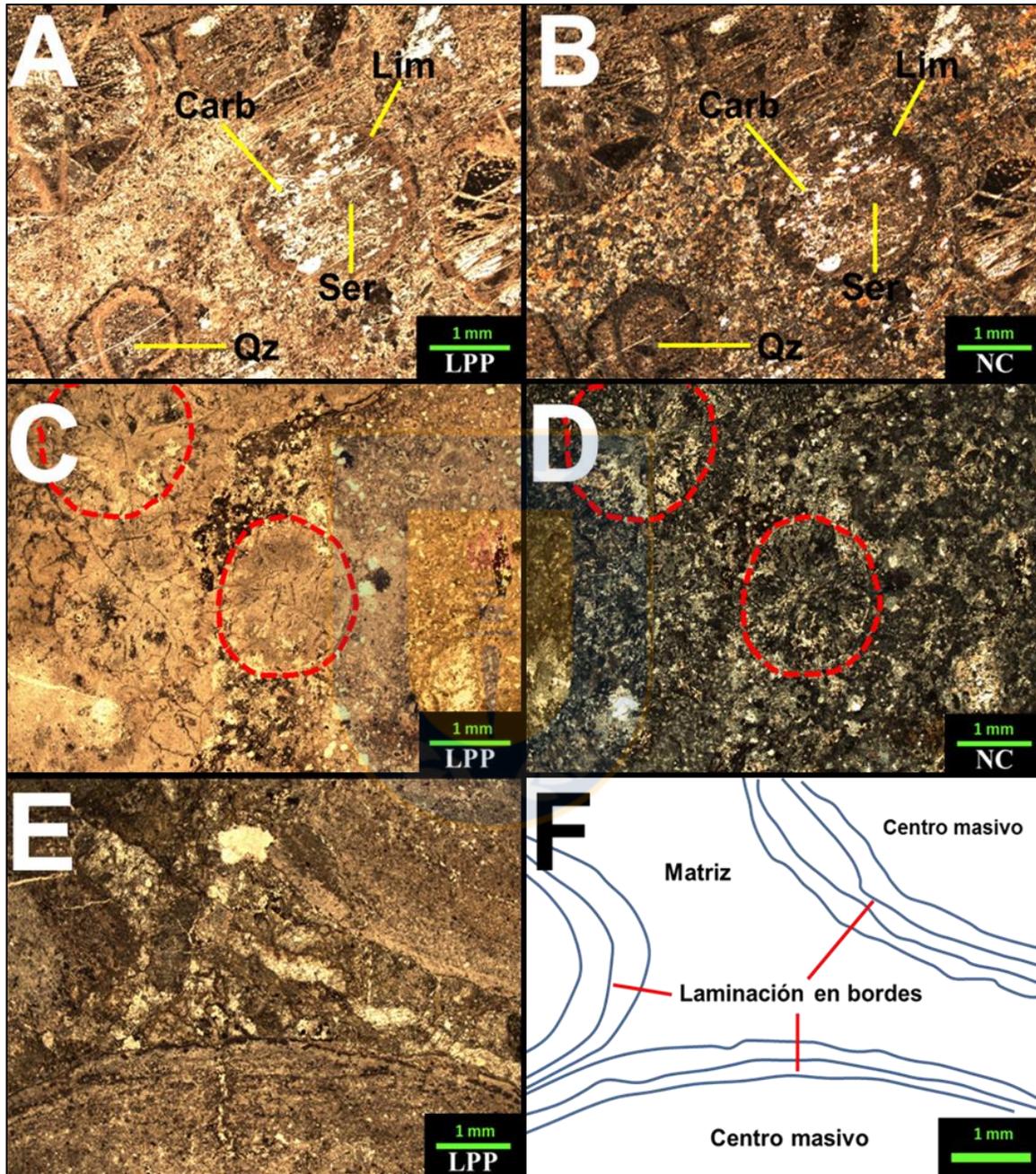


Figura 5.25 Fotomicrografías de partículas de lapilli acrecionario. A y B: Vista en luz polarizada plana (A) u en nícoles cruzados (B) de la muestra GSC-001t. Partículas de lapilli acrecionario fuertemente reemplazadas por carbonatos (Carb), sericita (Ser), cuarzo secundario (Qz) y limonitas (Lim) en los bordes. C y D: Vista en luz polarizada plana (C) y en nícoles cruzados (D) de la muestra GSC-031t. Partículas de lapilli acrecionario (líneas segmentadas rojas) desvitrificadas con textura esferulítica. E y F: Vista en luz polarizada plana de la muestra GSS-191t (E). Detalle del borde laminado de partículas de lapilli acrecionario (F).

Los contactos hacia base y techo, dentro de la sección estratigráfica levantada en el sector occidental del bloque norte (Figura 5.26), son difusos, sin embargo, aparentemente existe relación de contacto neto con las lavas andesíticas masivas que subyacen a las tobas con lapilli acrecionario, así como también ocurre con el paso hacia tobas de lapilli masivas, puesto que no se observa una disminución en la abundancia relativa de partículas de lapilli acrecionario o en el tamaño de grano, que evidencien un cambio gradual o transicional.

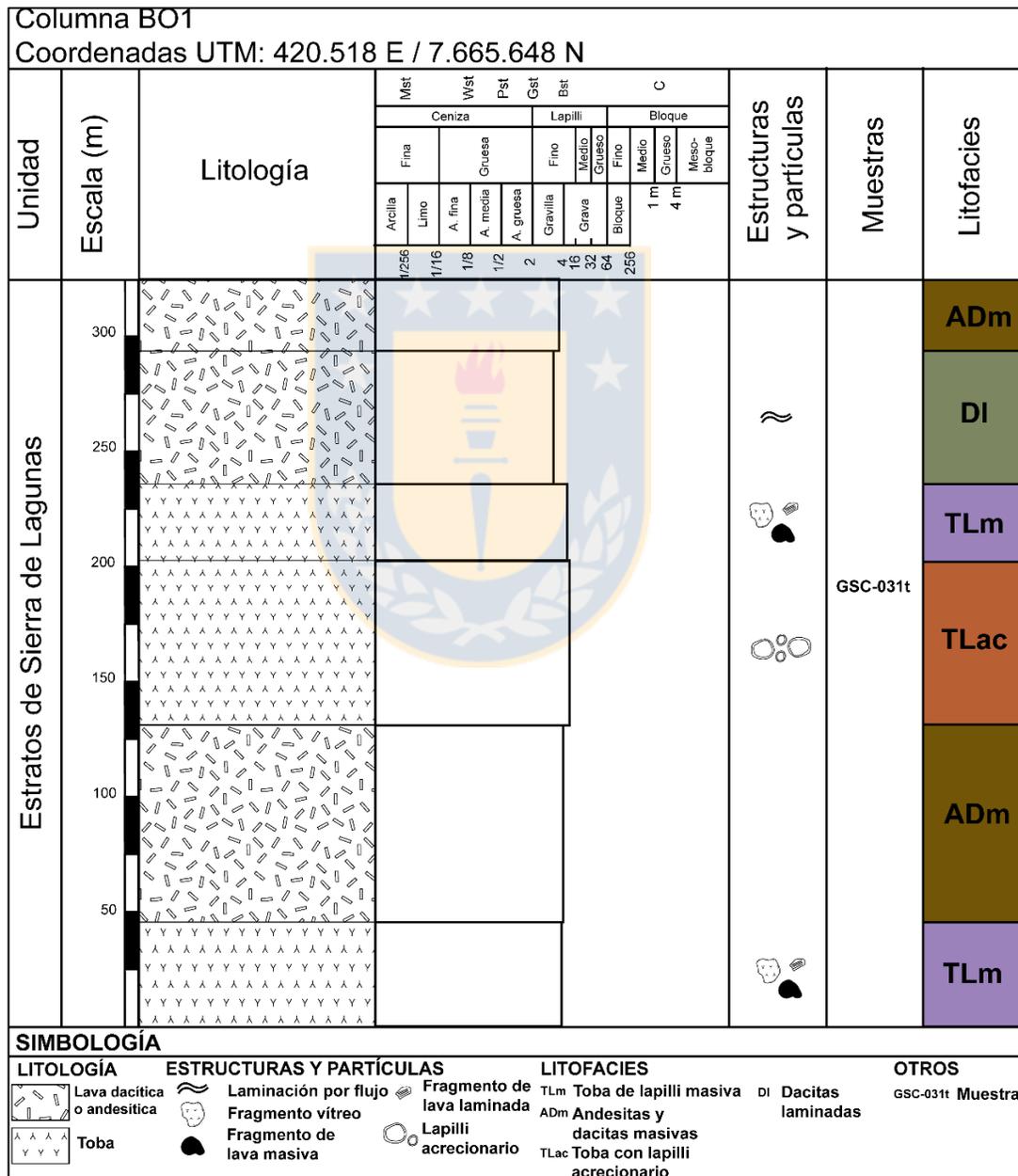


Figura 5.26 Sección estratigráfica BO1. Sector occidental del área de estudio, en el bloque oeste. Nivel métrico de toba de lapilli con partículas de lapilli acrecionario dentro de secuencia compuesta por andesitas masivas, dacitas laminadas y toba de lapilli masiva.

5.7.2. Interpretación

Existen dos vías para explicar la presencia de partículas de lapilli acrecionario dentro del registro de una ignimbrita. La más común y recurrente en la literatura, es que corresponden a un depósito de caída co-ignimbrítico, en el cual, las partículas de lapilli acrecionario son formadas en una pluma de ceniza húmeda, que caen dentro de la corriente piroclástica (Sigurdsson *et al.*, 2015). Brown *et al.* (2010), señalan que las partículas de lapilli acrecionario también se pueden formar por la caída de agregados de ceniza acrecionados en la pluma eruptiva húmeda dentro de la corriente piroclástica, donde debido a la circulación turbulenta, se acrecionan sucesivamente finas láminas de ceniza, de manera concéntrica (Figura 5.27).

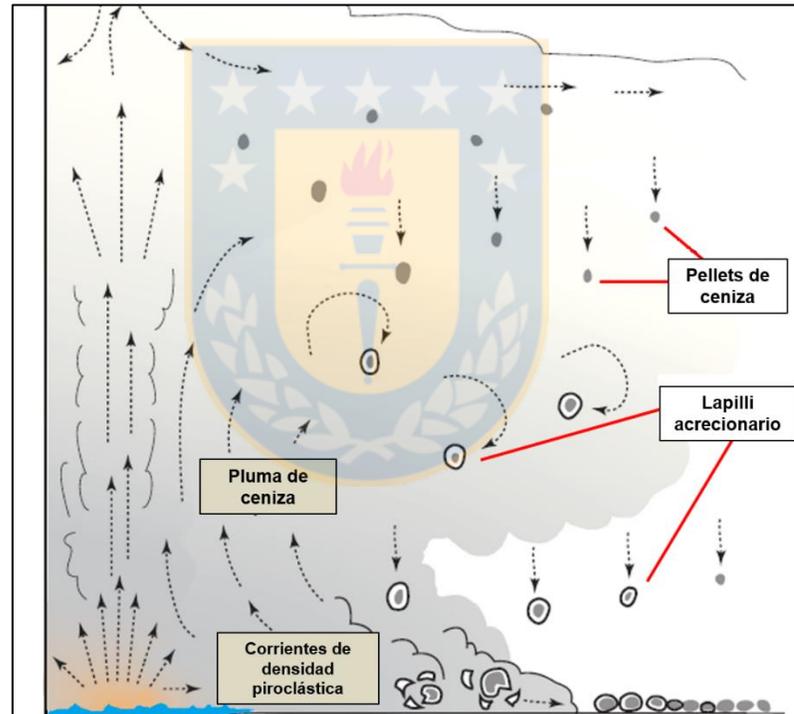


Figura 5.27 Origen de las partículas de lapilli acrecionario. Formación a partir de la acreción de ceniza dentro de la corriente piroclástica, posterior a la formación de pellets en la pluma. En la figura, el aporte de agua proviene de un cuerpo de agua superficial (Modificado de Sigurdsson *et al.*, 2015).

Generalmente, sobre el nivel de lapilli acrecionario, se depositan por caída directa los pellets de ceniza que no fueron incorporados dentro de la corriente. Ambas vías de acreción de partículas de ceniza requieren de humedad en la pluma eruptiva y el agua puede provenir directamente del

magma, por condensación en la atmósfera de los volátiles exsueles, de agua subterránea incorporada en la fuente evaporada durante el paso de la corriente sobre un cuerpo de agua (Brown y Branney, 2004) o propiamente de la humedad atmosférica (Darteville *et al.*, 2002).

La ubicación estratigráfica y la distribución espacial de las tobas con lapilli acrecionario del sector occidental del área de estudio, permiten establecer que el aporte de agua para la humedad de la pluma es atmosférico o freático y que las partículas de lapilli acrecionario fueron originadas dentro de la corriente piroclástica, puesto que se encuentran cubiertas por una capa de toba de lapilli masiva, que indica una continuidad en la acción de la corriente, sin embargo, no existe registro de niveles de pellets de ceniza. En tanto, las partículas de lapilli acrecionario, presentes en el sector oriental, pueden tener su origen en el aporte de humedad desde un cuerpo de agua somero, debido a que se encuentran intercaladas dentro de la secuencia calcárea de la Formación Longacho.

5.8. Alternancia de tobas de ceniza vítreas y tobas de lapilli, vítreas y líticas (TvL)

5.8.1. Descripción

Intercalados dentro de una secuencia de la Formación Longacho compuesta por conglomerados y areniscas calcáreas con restos de bivalvos, dispuestas en inconformidad sobre los Granitoides del Carbonífero Superior, existen niveles de tobas de ceniza vítreas de 50 cm a 1 m de espesor (Figura 5.28). Están constituidas por fragmentos de cristales (25%) de cuarzo, plagioclasa, feldespatos potásico y minerales accesorio como apatito y circón, con tamaños que van desde ceniza fina a ceniza gruesa. Además, contienen fragmentos de roca tamaño ceniza fina a lapilli fino (15%), subangulares (Figura 5.29B), reemplazados por carbonatos y con relictos de cristales de plagioclasa y líticos de origen intrusivo con intercrecimiento entre cuarzo y feldespatos potásico de grano medio a grueso (Figura 5.29A). La matriz (75%) está constituida por vidrio, tamaño ceniza fina, fuertemente argilizado (Figura 5.29B.), en el cual es posible distinguir sombras de esquirlas. Sobre dicha secuencia, se intercalan tobas de lapilli líticas, con abundantes fragmentos dacíticos subangulosos con laminación (Figuras 5.29C y 5.29D) y masivos con masa fundamental

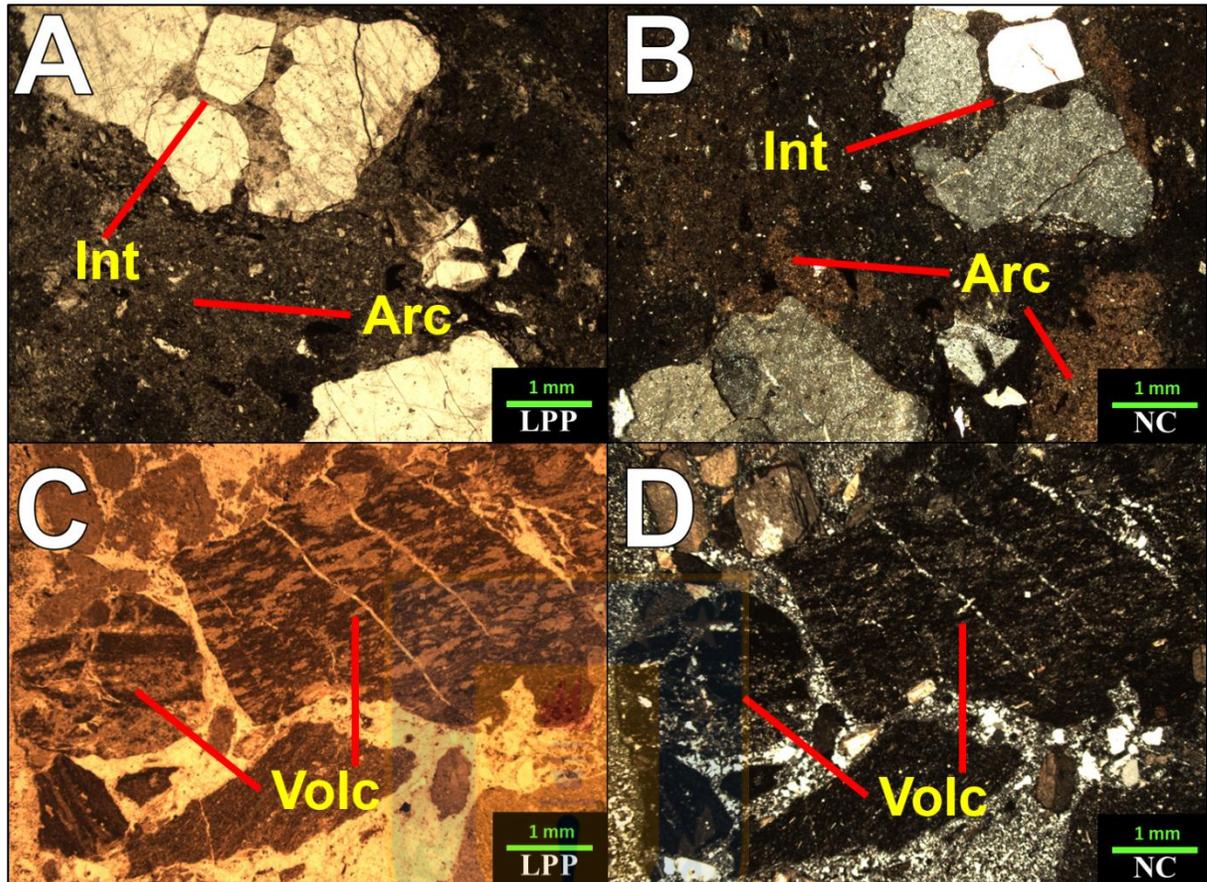


Figura 5.29 Fotomicrografías de muestras de la litofacies TvL. A: Vista en luz polarizada plana de la muestra GSS-168t con fragmento de origen intrusivo (Int). B: Vista en nicoles cruzados de la muestra GSS-168t con fragmento de origen intrusivo y arcilla (Arc), tanto en la matriz como reemplazando posibles fragmentos de roca en toba de ceniza vítrea. C y D: Vista en luz polarizada plana (C) y en nicoles cruzados (D) de la muestra GSS-174t, fragmento de lava dacítica con laminación subparalela en toba de lapilli lítica.

Hacia el extremo oriental del área de estudio, afloran tobas vítreas rojizas oscuras con laminación y estratificadas en bancos de 50 cm (Figura 5.30), con mayor porcentaje de fragmentos de cristales y menor contenido de líticos, entre los que predominan los volcánicos de hasta 3,5 mm, vesiculares, con formas muy angulosas y amígdalas rellenas por sílice (Figura 5.31A y 5.31B). Los fragmentos de cristales, que llegan hasta un 30% y tamaños de hasta 2,4 mm, corresponden a plagioclasa, feldespato potásico y cuarzo, con formas subangulosas a subredondeadas. La matriz contiene abundantes esquiras vítreas con desvitrificación axiolítica y reemplazo local por limonitas, arcillas y calcita, con tamaño de hasta 0,5 mm. De forma subordinada, se intercalan niveles de tobas líticas con tamaño de grano lapilli predominante, con abundantes fragmentos porfídicos vesiculares con bordes rectos y diámetro entre 0,2 y 8 mm, acompañados de partículas vítreas fibrosas y cristales

de plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico en una matriz formada por esquirlas y vidrio recristalizado, con cemento esparítico (Figura 5.31C y 5.31D).

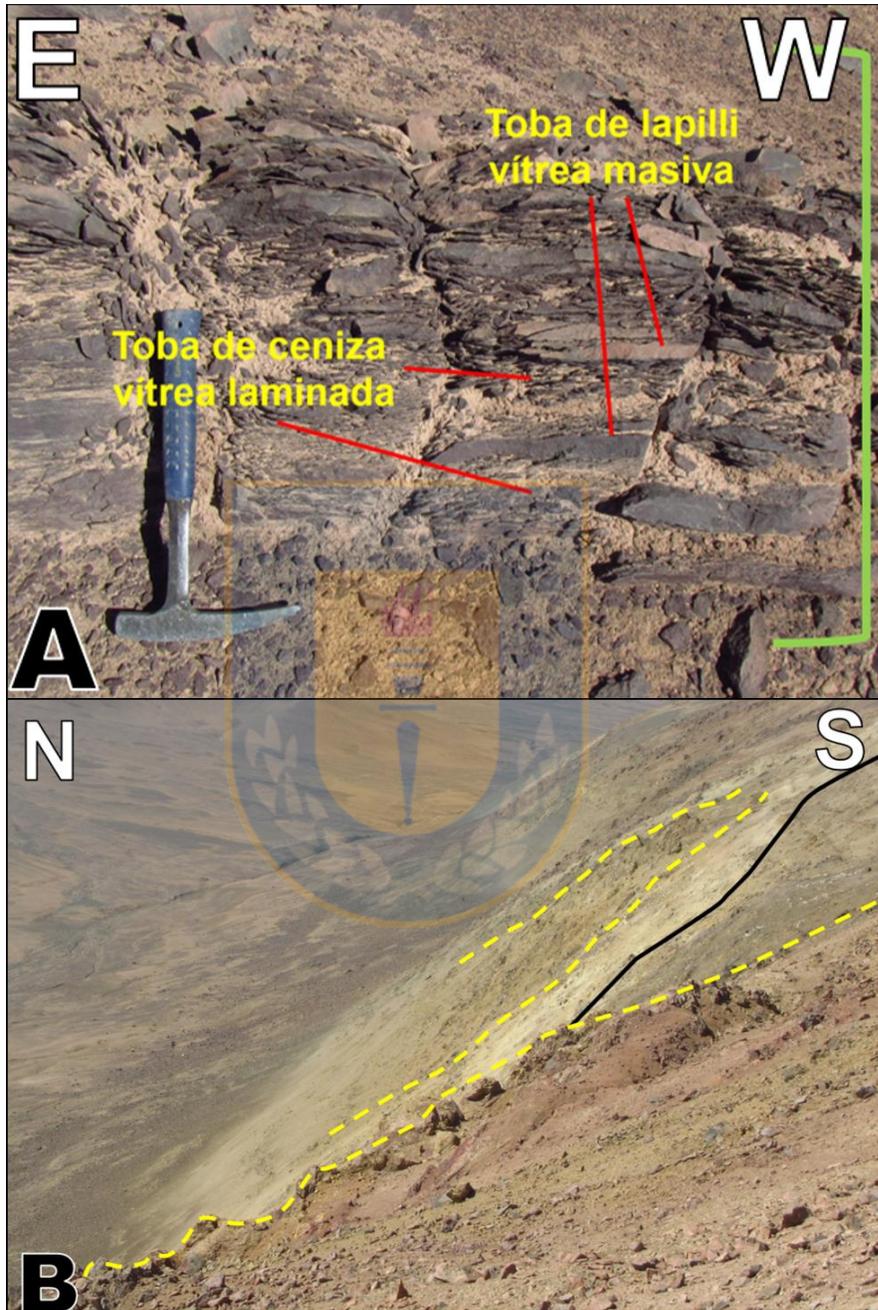


Figura 5.30 Afloramientos de la litofacies TvL. A: Intercalación de toba de ceniza vítrea laminadas y toba de lapilli vítrea en el bloque este. B: Intercalación entre niveles de toba más gruesos y más finos (línea segmentada amarilla) cortada por diques andesíticos (línea negra).

Hacia el bloque oeste, en contacto por falla con la Formación Longacho, afloran tobas vítreas con tamaño de grano ceniza, muy alteradas a limonitas, arcillas y, en algunos sectores, cornificadas debido a la intrusión de numerosos diques negros andesíticos, por lo cual no es posible reconocer estructuras depositacionales o cambios litológicos (Figura 5.31E).

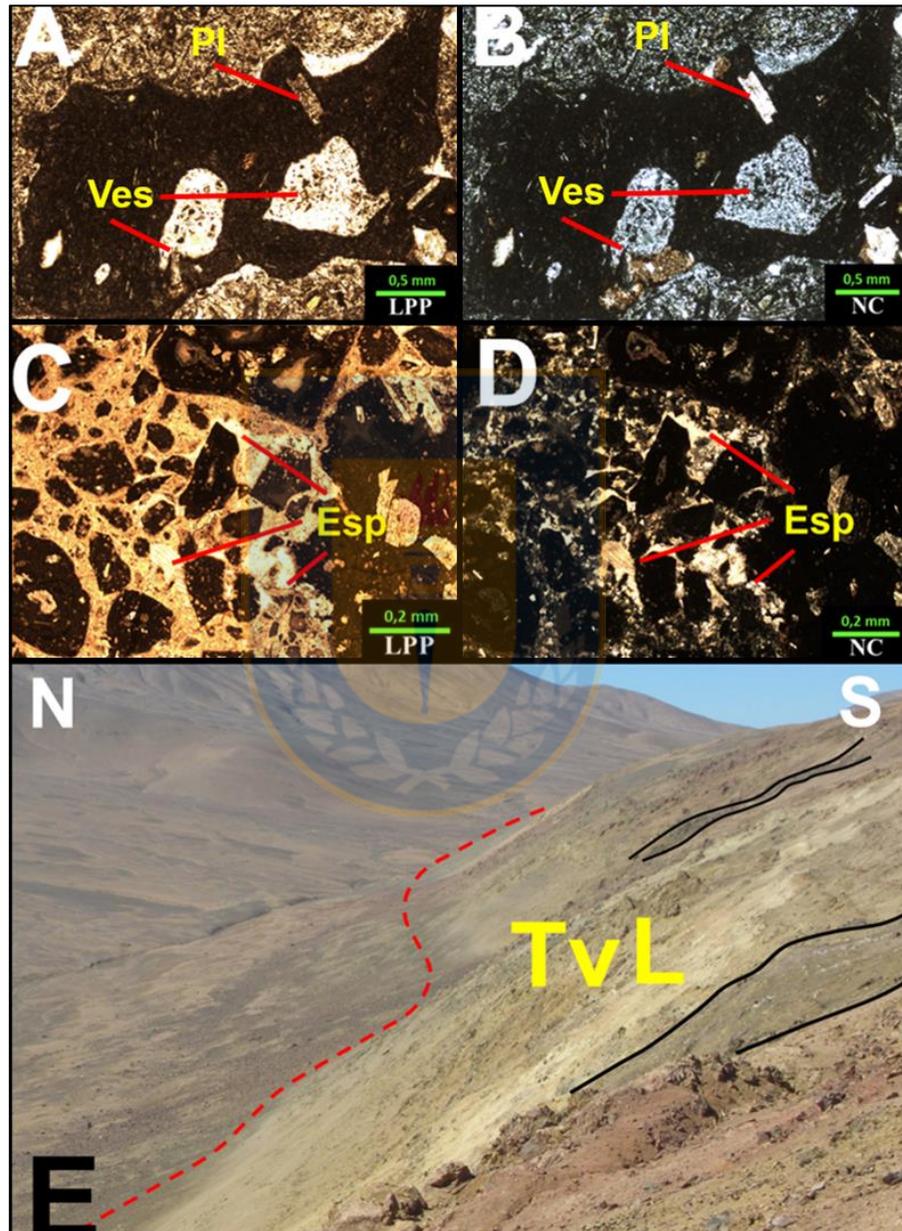


Figura 5.31 Litofacies TvL a escala microscópica y de afloramiento. A y B: Fotomicrografías de la muestra GSC-040t. Vista en luz polarizada plana (A) y en nícoles cruzados (B) de fragmentos muy angulosos de andesitas porfídicas vesiculares (Ves) con fenocristales de plagioclasa (Pl). C y D: Cemento esparítico (Esp) en matriz de toba vítrea. E: Fuerte alteración con coloración amarilla y rojiza en tobas vítreas del bloque este intruidas por diques negros andesíticos (líneas negras).

5.8.2. Interpretación

La intercalación de tobas de ceniza vítreas y tobas de lapilli vítreas y líticas, tanto masivas como laminadas es interpretada como el registro del paso de un flujo granular, con mayor concentración de partículas, que origina la parte masiva, acompañado de una corriente diluida superior que transporta las partículas más finas, y origina estructuras deposicionales como, por ejemplo, la laminación paralela. El mecanismo de deposición propuesto para la litofacie TvL es el mismo que origina las litofacies Tv y TLm, sin embargo, en este caso los límites entre cada parte de la corriente no están claros, debido a la fuerte alteración de las rocas.

La intercalación de niveles de la litofacies TvL entre rocas calcáreas de origen marino de la Formación Longacho, el reemplazo por carbonatos de la matriz y algunos fragmentos de tobas y el cemento esparítico, sugieren una posible depositación subacuática de material piroclástico en un ambiente continental. No se puede establecer un origen submarino para estas rocas de la Formación Longacho, puesto que no se registra la presencia de lavas almohadilladas o *pillows*, hialoclastitas o fósiles marinos a lo largo de la secuencia del bloque oriental en este estudio.

5.9. Brecha dacítica de bloques y ceniza (Bd)

5.9.1. Descripción

En las cercanías del contacto entre la Formación Longacho y los Estratos de Sierra de Lagunas se intercala entre las tobas vítreas rojizas, un nivel restringido de brecha monomítica (Figura 5.32A) con fragmentos angulosos a subangulosos, tamaño bloque y fracturamiento prismático (Figura 5.32D), en una matriz de color verde, muy disgregada, con fragmentos de cristales de plagioclasa menores a 2 mm. Los fragmentos tamaño bloque corresponden a dacitas de anfíbola con abundantes fenocristales (35%) de plagioclasa y anfíbola, en una masa fundamental micropoiquilítica (Figura 5.32B y 5.32C) reemplazada por cuarzo secundario, calcita, limonitas y clorita. Algunos fragmentos dacíticos tienen esquinas redondeadas a subredondeadas y en general, poseen nulo o bajo contenido de vesículas.

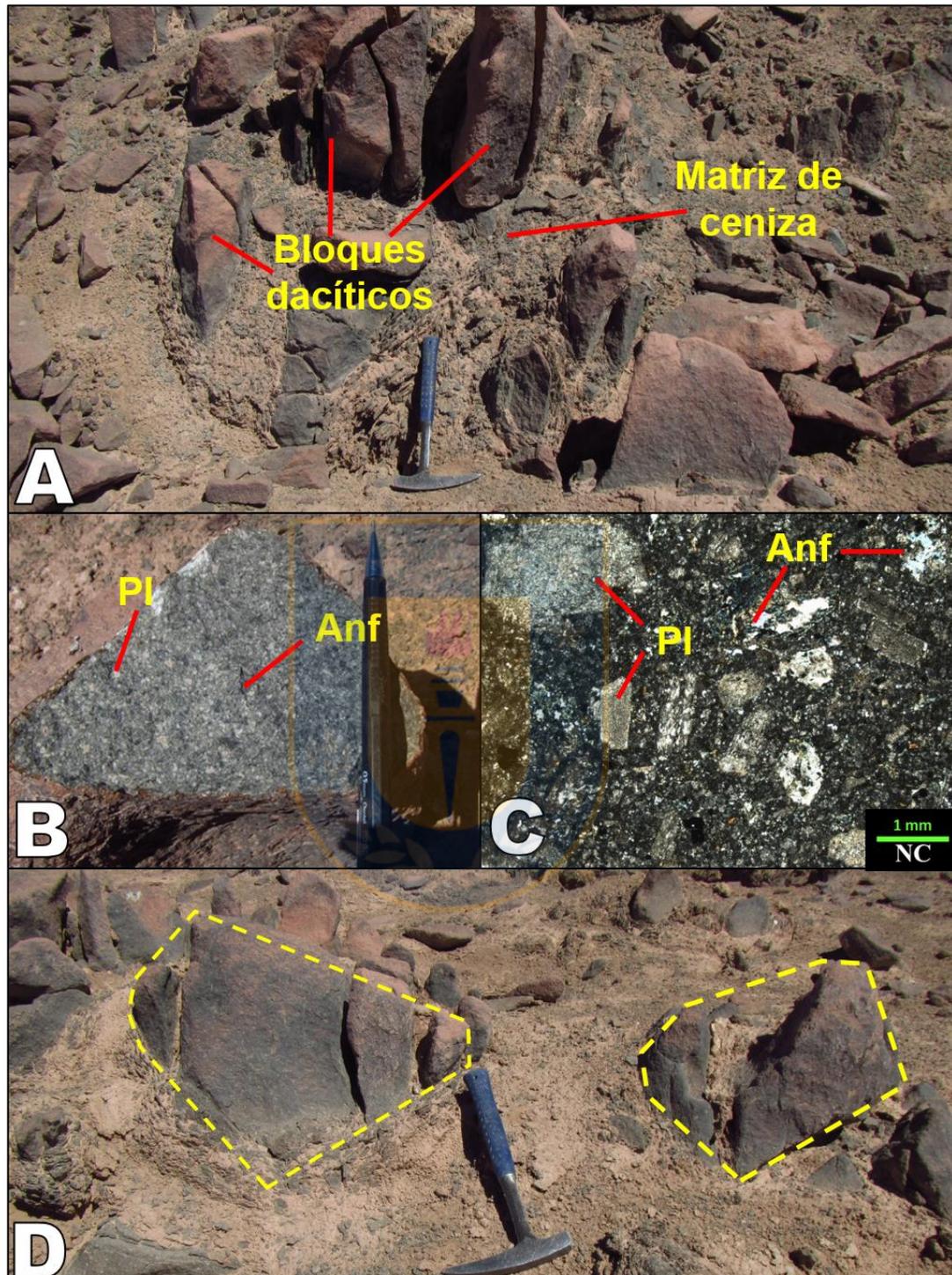


Figura 5.32 Brecha dacítica de bloques y ceniza. A: Afloramiento de brecha dacítica de bloques y ceniza. B: Fragmento dacítico en brecha piroclástica intercalada entre tobas vítreas rojizas. C: Vista en nícoles cruzados de la muestra GSC-044t. Dacita porfídica con fenocristales de plagioclasa (Pl) y anfíbola (Anf) en una masa fundamental con intercrecimiento micropoiquilítico entre cuarzo y feldespató alcalino. D: Fracturamiento prismático en bloques dacíticos.

5.9.2. Interpretación

El carácter monomítico, los fragmentos tamaño bloque y fracturamiento prismático en matriz de ceniza, la mala selección y la disposición en capas de espesor restringido, permiten interpretar la litofacie Bd como un depósito originado a partir de un flujo de bloques y ceniza (*block and ash flow*). Este tipo de flujo corresponde a un subtipo de corriente de densidad piroclástica generado por el colapso gravitacional o por una disrupción explosiva de domos de lava riodacíticos a andesíticos (Figura 5.33). Su temperatura de emplazamiento es alta (400-600° C) y están fuertemente controlados por la topografía, confinados, generalmente, a valles, donde pueden alcanzar espesores de más de 100 m. Son comunes las fracturas prismáticas en los fragmentos, que indican su emplazamiento a alta temperatura; y estructuras tipo “corteza de pan”, reflejo del escape de volátiles continuo durante la fragmentación (Sigurdsson *et al.*, 2015).

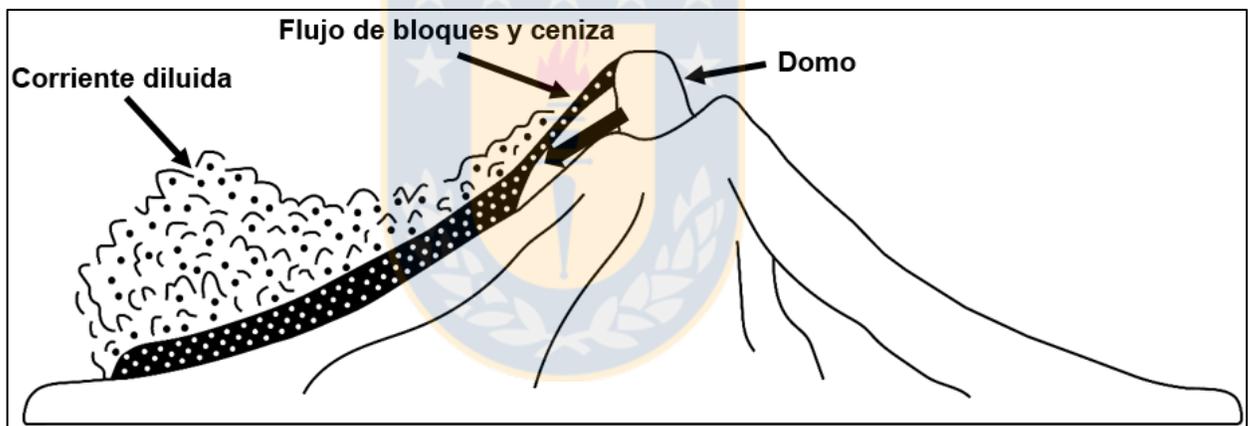


Figura 5.33 Generación de un flujo de bloques y ceniza a partir del colapso de un domo. Modificado de Cas y Wright (1987).

6. DISCUSIÓN

6.1. Sucesiones de facies

La disposición homoclinal de las rocas que constituyen la sección superior de los Estratos de Sierra de Lagunas, a lo largo del Cordón de la Sal, permite el análisis de dos secuencias distintas y continuas de base a techo, con variaciones laterales locales. La primera está situada en el bloque este y la segunda en el bloque oeste. La intercalación de las litofacies posibilita una interpretación conjunta de asociaciones de facies para diferentes partes de los depósitos y un acercamiento a la comprensión de la dinámica de flujo de las corrientes de densidad piroclásticas.

6.1.1. Bloque este

6.1.1.1. Descripción

La primera sucesión de facies corresponde al denominado bloque este, que de base a techo está formada por tobas vítreas intercaladas entre rocas calcáreas de la Formación Longacho, tobas vítreas y de lapilli, tanto masivas como laminadas, brechas dacíticas de bloques y ceniza, y, finalmente, una potente secuencia, muy alterada, de tobas de ceniza vítreas y tobas de lapilli, vítreas y líticas (Figura 6.1B).

6.1.1.2. Asociaciones de facies

a) Litofacies TvL y Bd: la intercalación de tobas de ceniza y tobas de lapilli y el paso de tobas masivas a tobas laminadas, y viceversa, es el resultado de cambios granulométricos y texturales que pueden ser interpretados como una interdigitación que se origina por el paso de una corriente de densidad piroclástica. Dicha corriente está formada por una parte basal densa en partículas, que deposita las litologías más gruesas y otra superior diluida en partículas, que conforma los depósitos más finos (Branney y Kokelaar, 2002), como es esquematizado en la Figura 6.1C. El paso hacia litologías más finas puede ser el reflejo de un agotamiento de la corriente de densidad piroclástica.

(Branney y Kokelaar, 2002; Benedini *et al.*, 2014). La intercalación de tobas entre las rocas calcáreas de la Formación Longacho sugiere la interacción entre un cuerpo de agua y procesos volcánicos explosivos continentales, a diferencia de los establecidos como submarinos en la carta Mamiña (Tomlinson *et al.*, 2015), en afloramientos de los Estratos de Sierra de Lagunas. El nivel de brecha dacítica de bloques y ceniza, explicado como el colapso de un domo dacítico, constituye un evento de depositación único, puesto que no se intercala con la litofacies TvL hacia niveles superiores de la secuencia del bloque este.

6.1.2. Bloque oeste

6.1.2.1. Descripción

La segunda sucesión de facies, situada en el bloque oeste está constituida de base a techo por brechas líticas masivas, tobas vítreas, tobas de lapilli masivas y, hacia techo, lavas andesíticas a dacíticas masivas y laminadas, con niveles menores de tobas soldadas y tobas con partículas de lapilli acrecionario (Figura 6.1A). La secuencia del bloque este está cortada por una falla de orientación aproximada N-S, que la pone en contacto con brechas líticas masivas y, además, se interdigita con rocas de la Formación Longacho.

6.1.2.1. Asociaciones de facies

a) Litofacies BrIm, TLm y Tv: de la misma manera que la litofacies TvL en el bloque este, a lo largo del bloque oeste es posible observar intercalaciones entre distintas litofacies. Hacia la base del bloque, la litofacies BrIm está intercalada y exhibe una relación de gradación con las litofacies TLm y Tv (Figura 6.1A). La alternancia entre las litofacies señaladas refleja variaciones en la dinámica de la corriente piroclástica, particularmente, en la concentración de partículas, velocidad, estabilidad y competencia, lo cual puede ser resultado de una topografía irregular del sustrato al momento del paso de la corriente piroclástica (Branney y Kokelaar, 2002; Willcock *et al.*, 2013). Lo anterior se puede interpretar como el resultado del paso de una corriente de densidad piroclástica con una porción diluida o pluma situada en su parte superior

que deposita partículas en suspensión (Branney y Kokelaar, 2002; Sigurdsson *et al.*, 2015) sobre un sustrato de brechas líticas masivas, originadas por un flujo previo (Figura 6.1C).

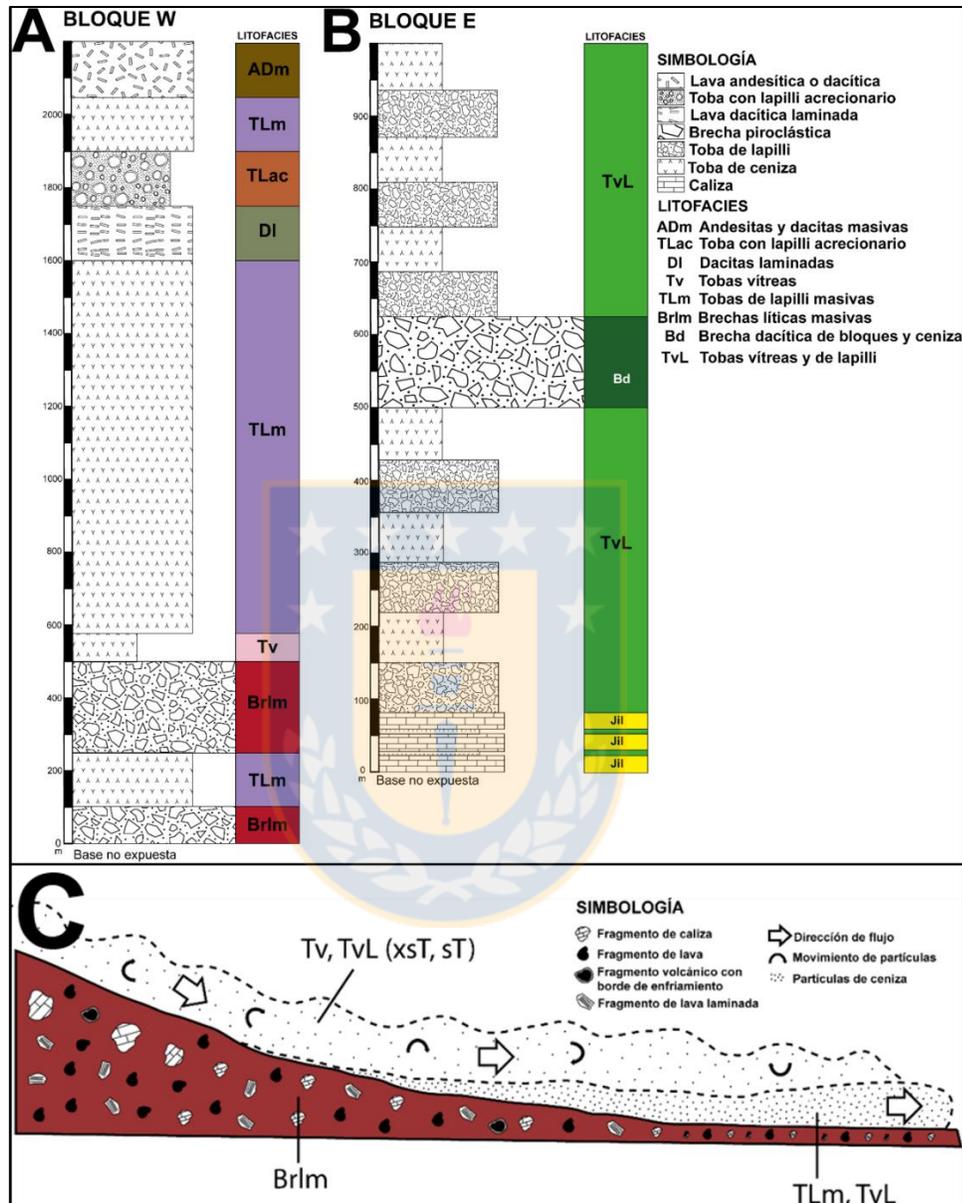


Figura 6.1 Asociaciones de facies. A: Secuencia generalizada para el bloque este. B: Secuencia generalizada para el bloque oeste. C: Esquema de deposición de tobas de lapilli masivas (TLm) a partir del flujo piroclástico, asociadas a tobas vítreas (Tv) estratificadas (sT) o con estratificación cruzada (xsT), sobre el sustrato (Brlm). Modificado de Branney y Kokelaar (2002).

b) Litofacies TLm y TLsol: el nivel de tobas soldadas (TLsol) intercalado entre potentes capas de tobas de lapilli masivas de la litofacies TLm, ricas en líticos, es resultado de la deformación o soldamiento de los piroclastos debido al calor de la corriente (Branney y Kokelaar, 2002). Esto

también puede deberse al peso de una parte de la corriente más cargada en partículas o con mayor competencia, puesto que una corriente de densidad piroclástica puede presentar variaciones verticales en la intensidad del soldamiento, debido a cambios reológicos en las partículas contenidas dentro de la corriente (Branney y Kokelaar, 1992; Branney y Kokelaar, 2002). Dichos cambios en el comportamiento del flujo están relacionados a variaciones temporales en la composición de las partículas, contenido de volátiles, temperatura, tamaño de grano de las partículas transportadas y contenido de líticos (Branney y Kokelaar, 2002). Branney y Sparks (1990), en tanto, señalan que la deformación y alineación de los fragmentos puede ser resultado de la compactación durante la diagénesis.

- c) **Litofacies ADm, DI y TLM:** en el techo de la secuencia generalizada del bloque oeste, lavas andesíticas y dacíticas masivas y lavas dacíticas laminadas, que constituyen la litofacies ADm y DI, respectivamente, se encuentran intercaladas con capas métricas de la litofacies TLM (Figura 6.1B). La alternancia entre estas litofacies puede interpretarse como el paso de una corriente de densidad piroclástica sobre rocas andesíticas y dacíticas, con variaciones temporales en la competencia y en la topografía del sustrato, de manera simultánea a la emisión de flujos de lava andesítica o dacítica que conforman un domo en crecimiento. La actividad de un domo de lava puede dar origen a corrientes de densidad piroclástica sólo por dos vías (Sigurdsson *et al.*, 2015). La primera corresponde al colapso gravitacional del domo, que genera depósitos de bloque y ceniza y la segunda a las explosiones laterales de domos generadas por una rápida descompresión y posterior colapso, que dan origen a corrientes de densidad piroclásticas muy erosivas, con abundantes líticos accesorio y depósitos que gradan desde brechas a capas más finas con estratificación paralela y cruzada (Sigurdsson *et al.*, 2000; Branney y Kokelaar, 2002; Sigurdsson *et al.*, 2015). La ausencia de depósitos de bloque y ceniza relacionados directamente al domo puede ser explicada por un crecimiento endógeno del cuerpo volcánico (Benedini *et al.*, 2014), o bien, por la erosión del mismo depósito.
- d) **TLac:** el nivel de toba con lapilli acrecionario entre las litofacies anteriores representa un episodio único dentro de la secuencia con la formación de una columna eruptiva húmeda (Branney y Kokelaar, 2002; Sigurdsson *et al.*, 2015).

6.1.3. Temporalidad de bloques

Las diferencias litológicas entre las litofacies del sector oriental y occidental del área de estudio, la relación de contacto tectónico entre ambos bloques y la ausencia de litologías sedimentarias en el bloque oeste, las cuales son dominantes en el bloque este, permiten establecer una discontinuidad en el registro geológico dentro de la sección estudiada de los Estratos de Sierra de Lagunas.

La disposición homoclinal, con manteo hacia el oeste, sitúa la base de la secuencia estudiada de los Estratos de Sierra de Lagunas en el bloque este, en la interdigitación de la litofacies TvL con las rocas calcáreas de la Formación Longacho.

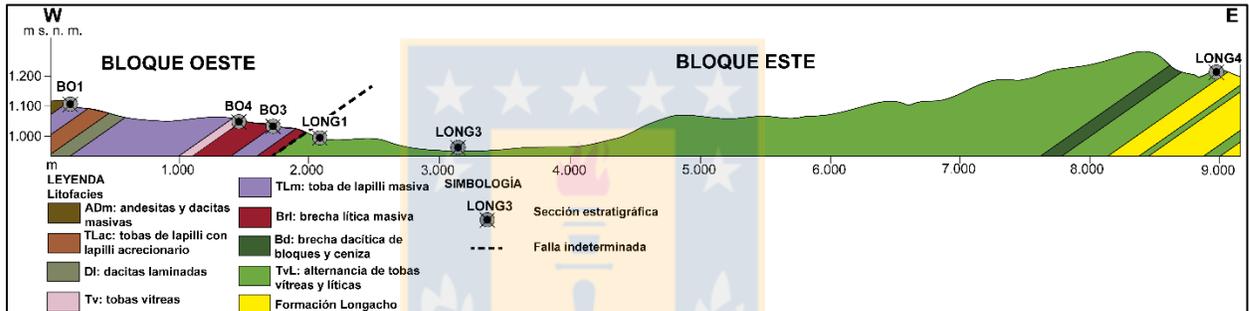


Figura 6.2 Perfil esquemático a lo largo del Cordón de la Sal. Relación temporal y de contacto estructural entre las rocas de los bloques este y oeste, con la ubicación aproximada de las secciones estratigráficas levantadas durante este trabajo.

6.2. Modelo eruptivo

A partir de la combinación del estudio de detalle de litofacies volcánicas y los afloramientos de la Formación Longacho en el área de estudio y se propone un modelo eruptivo dividido en dos etapas para los depósitos que constituyen la sección superior de los Estratos de Sierra de Lagunas.

6.2.1. Bloque este

La primera etapa se inicia con la actividad explosiva de un centro eruptivo situado en el bloque este. En dicho sector se forma una pluma eruptiva que genera depósitos de caída, tanto en ambiente continental, como en el cuerpo de agua en el cual se está depositando la Formación Longacho, y una o más corrientes de densidad piroclásticas (Figura 6.3A). Lo anterior da origen a la litofacies

TvL, que se interdigita entre rocas de la Formación Longacho y, a su vez, se dispone sobre ésta. Parte de la corriente de densidad piroclástica puede entrar en contacto con el cuerpo de agua asociado a la Formación Longacho, en el que se forman las partículas de lapilli acrecionario observadas, de manera local, en el bloque este. A continuación, cesa la actividad explosiva y comienza a formarse un domo dacítico en el centro eruptivo del bloque este, cuyo colapso genera un flujo de bloques y ceniza, correspondiente a la litofacie Bd (Figura 6.3B). Finalmente, continúa la actividad explosiva, sin formación de una pluma eruptiva, con la depositación de tobas de ceniza sobre las brechas dacíticas de bloques y ceniza (Bd), originadas a partir de corrientes de densidad piroclásticas (Figura 6.1C). De manera simultánea, en el bloque oeste se comienza a formar progresivamente un domo dacítico relacionado a la litofacie DI.

6.2.2. Bloque oeste

La segunda etapa se inicia con el cese de la actividad eruptiva en el bloque este y el inicio de la actividad explosiva en el bloque oeste. En primer lugar, se deposita la litofacie BrIm, interpretada como una brecha co-ignimbrítica, que representa la parte basal de un flujo de grandes proporciones, que erosiona el sustrato e incorpora fragmentos de calizas de la Formación Longacho. Corrientes de densidad piroclásticas dan origen a las litofacies TLm, Tv y TLsol, que se depositan sobre la litofacie BrIm, con la cual también se interdigitan, debido a cambios en la competencia de los flujos piroclásticos e irregularidades en la topografía. Tanto las brechas de la litofacie BrIm, como las tobas de las litofacies Tv y TLm incorporan en la corriente, debido a la actividad explosiva y la capacidad erosiva del flujo, fragmentos del edificio volcánico, es decir, andesitas y dacitas de las litofacies ADm y DI, las cuales siguen fluyendo, en forma de coladas, por las laderas del centro eruptivo, de manera paralela a la actividad explosiva (Figura 6.4A). Posteriormente, se produce una columna eruptiva con aporte de humedad, posiblemente desde un cuerpo de agua situado en las inmediaciones del centro eruptivo, puesto que ninguna de las litofacies presenta evidencias de depositación subacuática, esto es, texturas o intercalación con rocas marinas. En dicha pluma se forman las partículas de lapilli acrecionario, que caen sobre los depósitos generados por las corrientes de densidad piroclásticas anteriormente señaladas (Figura 6.4B). Por último, continúa la

actividad efusiva con los flujos de lava andesíticos y dacíticos de la litofacies ADm, alrededor del domo dacítico constituido por la litofacies DI (Figura 6.4C).

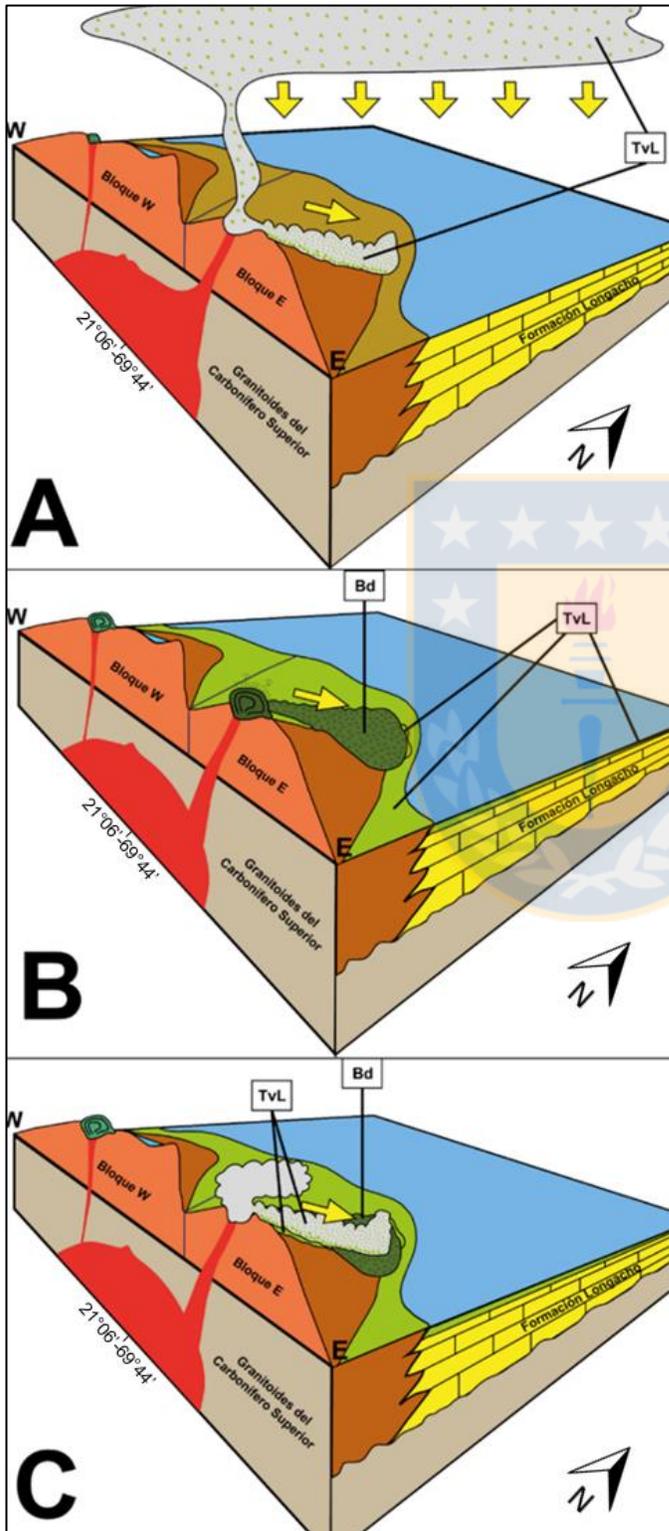


Figura 6.3 Diagramas esquemáticos para la interpretación de la evolución del sistema magmático en el bloque este y las distintas litofacies asociadas. A: Depósitos de caída y corrientes de densidad piroclásticas que marcan el inicio explosivo de la actividad eruptiva. B: Formación de un domo dacítico y posterior colapso que deposita brechas de bloques y ceniza. C: Actividad explosiva con generación de corrientes de densidad piroclásticas.

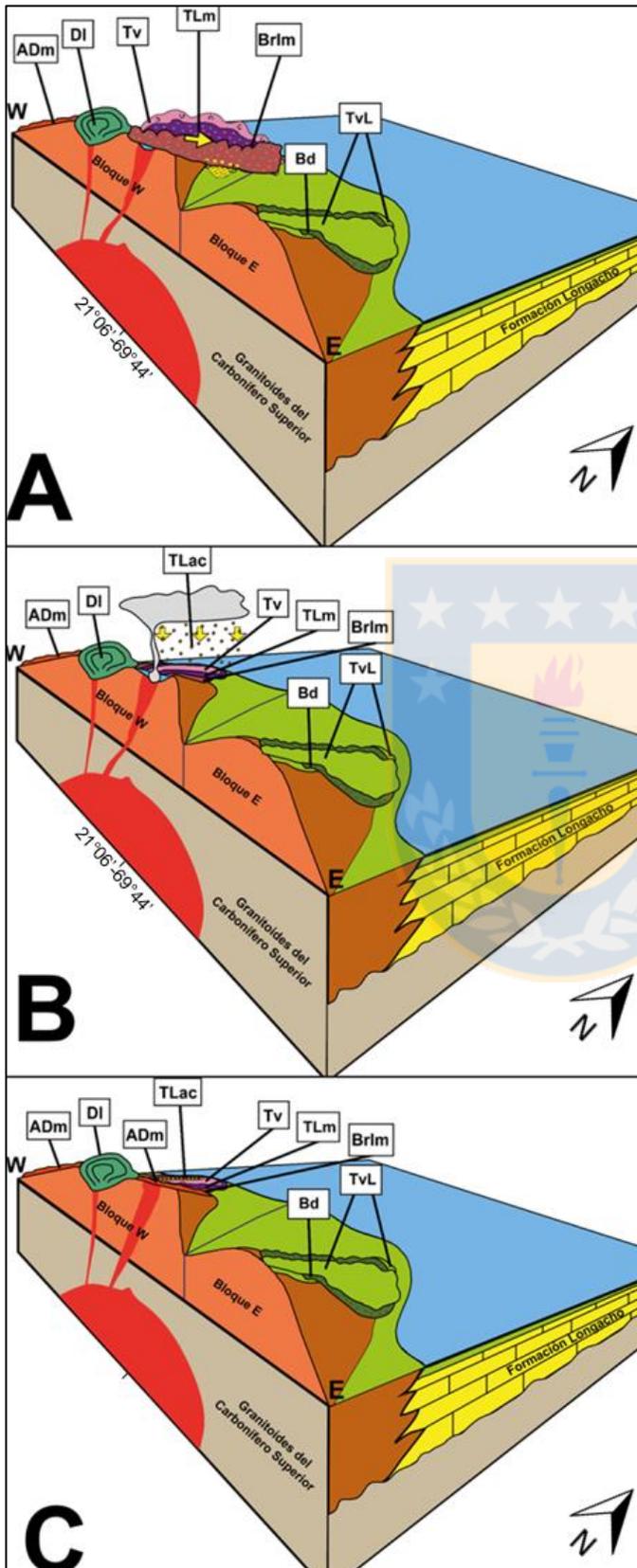


Figura 6.4 Diagramas esquemáticos para la interpretación de la evolución del sistema magmático en el bloque oeste y las distintas litofacies asociadas. A: Actividad explosiva y efusiva, con corrientes de densidad piroclásticas (litofacies Brlm, TLm y Tv), coladas de lava (litofacies ADm) y crecimiento de domo dacítico (litofacies DI). B: Formación de pluma eruptiva húmeda y partículas de lapilli acrecionario (litofacies TLac). C: Actividad efusiva con coladas de lavas andesíticas y dacíticas (litofacies ADm).

6.3. Volcanismo del Triásico Superior al Jurásico Inferior en el norte de Chile

Los Estratos de Sierra de Lagunas abarcan un rango de edad que va desde el Triásico Superior hasta el Jurásico Inferior (Sepúlveda *et al.*, 2014). Los afloramientos estudiados en el Cordón de la Sal, son, en parte, contemporáneos a los depósitos calcáreos del Sinemuriano de la Formación Longacho, con los que engranan lateralmente y se disponen, además, de manera suprayacente. Numerosas unidades depositadas durante este lapso exhiben características similares a las descritas para los Estratos de Sierra de Lagunas, tanto en la Región de Antofagasta, como en la Región de Atacama y corresponden, en general, a secuencias volcánicas y piroclásticas estrechamente relacionadas con rocas sedimentarias originadas en distintos ambientes depositacionales.

6.3.1. Características geotectónicas

Durante el Mesozoico, específicamente, entre el Triásico Superior y el Kimmeridgiano, se depositan una serie de unidades marinas y volcánicas en la denominada Cuenca Marginal del norte de Chile (Prinz *et al.*, 1994). La actividad volcánica, relacionada con la subducción, tiene su máxima expresión a lo largo de la Cordillera de la Costa, entre los 20°-29°S, que constituye el arco magmático del Jurásico, en tanto, las rocas marinas se sitúan al este, en el tras-arco (Gröschke *et al.*, 1988; Prinz *et al.*, 1994) y tienen su origen en la transgresión del Nórico, consecuencia del desmembramiento de Pangea (Prinz *et al.*, 1994).

Charrier *et al.* (2007) divide la evolución deposicional de las cuencas Triásicas en Chile en dos etapas durante el denominado ciclo pre-Andino, que representa la evolución del margen continental después de la estructuración de Gondwana. La primera etapa, que abarca desde el Paleozoico hasta el Pérmico tardío se caracteriza por una fase de rift con un ciclo de transgresiones y regresiones resultantes, asociados a volcanismo local pérmico. La segunda etapa, desde el Triásico Medio al Jurásico Inferior, marcada por una fase de tectónica extensional con depósitos marinos y continentales, asociado a volcanismo félsico. Durante este lapso de tiempo comprendido entre el Nórico y el Pliensbachiano, o localmente el Toarciano, predominan los depósitos continentales y marinos en las cuencas triásicas (Charrier *et al.*, 2007). Los depósitos del Jurásico Inferior

continúan la sedimentación marina o continental que comienza durante el Triásico Superior, como es el caso de la cuenca Profeta-La Ternera, situada aproximadamente entre los 22°-26°S (Charrier *et al.*, 2007), en la que se depositan formaciones como La Ternera, Cifuncho, Profeta y Pan de Azúcar, entre otras. Intercaladas entre las secuencias sedimentarias es posible encontrar tobas y lavas producto de un volcanismo de composiciones basálticas a riolíticas (Charrier *et al.*, 2007).

En línea con los trabajos de Gröschke *et al.* (1988) y Prinz *et al.* (1994); Oliveros *et al.* (2006) y Vásquez *et al.* (2015), entre otros, proponen, por medio de análisis geoquímicos, estratigráficos y petrológicos, que las rocas volcánicas observadas en el Norte Grande de Chile son resultado de la subducción que comienza a configurar el margen andino. El comienzo de la subducción Andina está marcado por la segmentación del margen sudamericano durante el Jurásico, entre los 18° y los 37°S (Mpodozis y Ramos, 1989).

6.3.2. Unidades del norte de Chile afines con los Estratos de Sierra de Lagunas

Las formaciones Pan de Azúcar (Hettangiano-Sinemuriano) y Posada de los Hidalgo (Sinemuriano) están constituidas por rocas marinas y volcánicas, respectivamente, y se distribuyen principalmente en la Cordillera de la Costa de la Región de Antofagasta (Naranjo y Puig, 1984; Ramírez *et al.*, 2015). Se disponen bajo areniscas bajocianas y lavas amigdaloidales y brechas de la Formación La Negra, del Sinemuriano-Aaleniano en esta latitud. Existe una relación de engrane lateral entre facies volcánicas submarinas efusivas y explosivas (Formación Posada de los Hidalgo) y rocas sedimentarias (Formación Pan de Azúcar), lo que evidencia que el volcanismo jurásico inicial en la zona, al menos, durante el Sinemuriano, se desarrolló en un ambiente marino próximo a centros eruptivos submarinos (Ramírez *et al.*, 2015). En la Cordillera de la Costa, entre Taltal y Chañaral, Baeza & Quinzio (1991) describen rocas calcáreas del Hettangiano-Sinemuriano asignadas a las formación Posada de los Hidalgo. Dicha unidad exhibe intercalaciones volcánicas andesíticas durante el Sinemuriano inferior, interpretadas por Baeza & Quinzio (1991) como manifestaciones de la Formación La Negra en el área, en un ambiente de intra-arco volcánico, dispuestas, en algunas localidades, en concordancia sobre rocas sedimentarias de la Formación Pan de Azúcar.

En la Carta Baquedano, a los 23°S, Basso (2004) correlaciona la Formación Pan de Azúcar con los Estratos de Rencoret (Triásico Superior-Jurásico Inferior). Esta unidad está compuesta, principalmente, por rocas sedimentarias marinas con presencia de niveles volcánicos hacia techo. Se encuentra en aparente contacto transicional con lavas andesíticas e intercalaciones sedimentarias de la Formación La Negra. Las rocas de esta unidad han sido interpretadas como productos de la depositación en un ambiente marino poco profundo con actividad volcánica incipiente que se hace dominante a partir del Sinemuriano (Basso, 2004).

A lo largo de la Precordillera de la Región de Antofagasta, en la Carta Augusta Victoria, Montecino *et al.* (2015a) describen rocas volcánicas efusivas y explosivas intercaladas con rocas sedimentarias continentales y marinas en la Formación Sierra de Varas, del Triásico Superior (Nórico-Rético). Simultáneamente, entre el Triásico Superior y el Jurásico Inferior, se deposita la Formación Cerro La Ballena compuesta por tobas, lavas andesíticas e intercalaciones sedimentarias de origen aluvial.

Hacia el este, en la Cordillera de Domeyko de la Región de Antofagasta, es posible observar una relación similar entre las formaciones Cerro Guanaco, de origen volcánico y Sierra de Varas, de ambiente fluvio-lacustre (Contreras, 2014; Contreras *et al.*, 2015), ambas del Triásico Superior. Las rocas volcánicas de la Formación Cerro Guanaco han sido interpretadas como depósitos formados en un ambiente volcánico continental subaéreo explosivo (Contreras *et al.*, 2015). Específicamente, el Miembro inferior, formado por lavas y tobas de composición andesítica a dacítica, corresponde a partes proximales del centro efusivo, en tanto, el Miembro superior, compuesto por brechas tobáceas, aglomerados, tobas de ceniza y coladas riolíticas intercaladas con areniscas y conglomerados, se interpretan como el colapso de un domo con flujos de lava riolítica y resedimentación fluvial (Alfaro, 2014; Alfaro *et al.*, 2015).

En la Cordillera de la Costa de las regiones de Antofagasta y Atacama está expuesta la Formación Cifuncho del Triásico Superior-Jurásico Inferior, en la que se intercalan rocas sedimentarias interpretadas como depósitos fluviales (Contreras F. *et al.*, 2015) y como depósitos de ríos trezados, lagos efímeros, sabkhas y conos aluviales con niveles de tobas y flujos de detritos andesíticos (Suárez y Bell, 1994). En la Carta Cifuncho, en la Cordillera de la Costa de la Región

de Antofagasta, la Formación Cifuncho engrana lateralmente con rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Formación Agua Chica, ambas del Nórico (Contreras *et al.*, 2013), mientras que en las cartas Bahía Isla Blanca y Taltal, se dispone concordante, con una transición gradual y en relación de engranaje lateral con rocas marinas y escasas tobas intercaladas de la Formación Pan de Azúcar (Escribano *et al.*, 2013). Ambas unidades subyacen de manera concordante a depósitos litorales y tobas subacuáticas de la Formación Pan de Azúcar, del Jurásico Inferior. En tanto, en la Región de Atacama, subyacen rocas marinas del Hettangiano-Sinemuriano de la misma unidad, pero sin evidencias de actividad eruptiva. La intercalación de rocas volcánicas de composición andesítica, principalmente, es asociada por Suárez y Bell (1994) a un volcanismo calcoalcalino de subducción.

Bell y Suárez (1995) describen a la Formación La Ternera como una potente secuencia de sedimentos clásticos terrígenos con intercalaciones de rocas volcánicas andesíticas y basálticas, depositada entre el Triásico Superior y el Jurásico Inferior, posiblemente hasta fines del Hettangiano (Charrier *et al.*, 2007). Está expuesta en la precordillera de la Región de Atacama, y los autores la interpretan como un sistema de canales de ríos trenzados con un graben o semi-graben intravolcánico con emisión de lavas intermedias a máficas a partir del Triásico Superior (Sepúlveda y Naranjo, 1982; Bell y Suárez, 1995).

6.3.3. El arco volcánico y el tras-arco durante el Jurásico Inferior en el norte de Chile

Las unidades depositadas entre el Triásico Superior tardío y el Jurásico Inferior temprano (Hettangiano-Sinemuriano) entre los 20° y los 28° latitud sur, constituyen un eje de orientación aproximada N-S. A lo largo de esta franja se interdigitan unidades sedimentarias marinas y continentales con productos volcánicos explosivos y efusivos, tanto submarinos como subaéreos. Estas rocas se distribuyen a lo largo de la actual Cordillera de la Costa y la sedimentación se inicia durante el Triásico Superior tardío en la denominada “Cuenca Marginal del norte de Chile”, con un peak de actividad durante el comienzo del Jurásico (Prinz *et al.*, 1994). Lo anterior coincide con el inicio de la emisión de productos volcánicos y es interpretado por Prinz *et al.* (1994) como el reflejo de la interacción entre el arco volcánico y la cuenca de tras-arco. Las características

geoquímicas indican que el magmatismo del Triásico tardío al Jurásico temprano puede ser asociado a la subducción en el margen andino (Oliveros *et al.*, 2011; Oliveros *et al.*, 2015; Vázquez *et al.*, 2015).

Las rocas sedimentarias también han sido agrupadas por Charrier *et al.* (2007), en la denominada, “Cuenca Profeta-La Ternera” (22°-28° latitud S), que abarca las formaciones Pan de Azúcar, Cifuncho, Quebrada El Salitre, La Ternera y la sección inferior de la Formación Profeta, que se distribuyen, principalmente, en la Cordillera de Domeyko y, de manera local, en la Cordillera de la Costa y la Depresión Intermedia. Estos depósitos coinciden espacialmente con los señalados por Prinz *et al.* (1994) y se encuentran en continuidad con las rocas de los Estratos de Sierra de Lagunas y la Formación Longacho, estudiadas a lo largo de este trabajo.

Puesto que las rocas triásico-jurásicas expuestas al norte y al sur de los 22° de latitud sur presentan características litológicas similares, es posible establecer el trazado del arco volcánico en la actual Cordillera de la Costa (Figura 6.5), con la cuenca de tras-arco situada al este. Los depósitos sedimentarios son principalmente marinos, lo cual tiene relación con los distintos episodios transgresivos y regresivos documentados para este periodo (Charrier *et al.*, 2007) y la formación de la Cuenca Marginal del norte de Chile (Prinz *et al.*, 1994).

El cuadro cronoestratigráfico de la Figura 6.6 permite apreciar que a lo largo del norte de Chile, durante el Hettangiano-Sinemuriano, y en parte del Triásico Superior, es un rasgo repetitivo la depositación de diversas secuencias volcánicas efusivas y explosivas, de origen subaéreo y submarino, asociadas estrechamente a cuencas sedimentarias continentales y marinas, tal como ocurre con las rocas volcánicas de los Estratos de Sierra de Lagunas y las rocas calcáreas de la Formación Longacho.

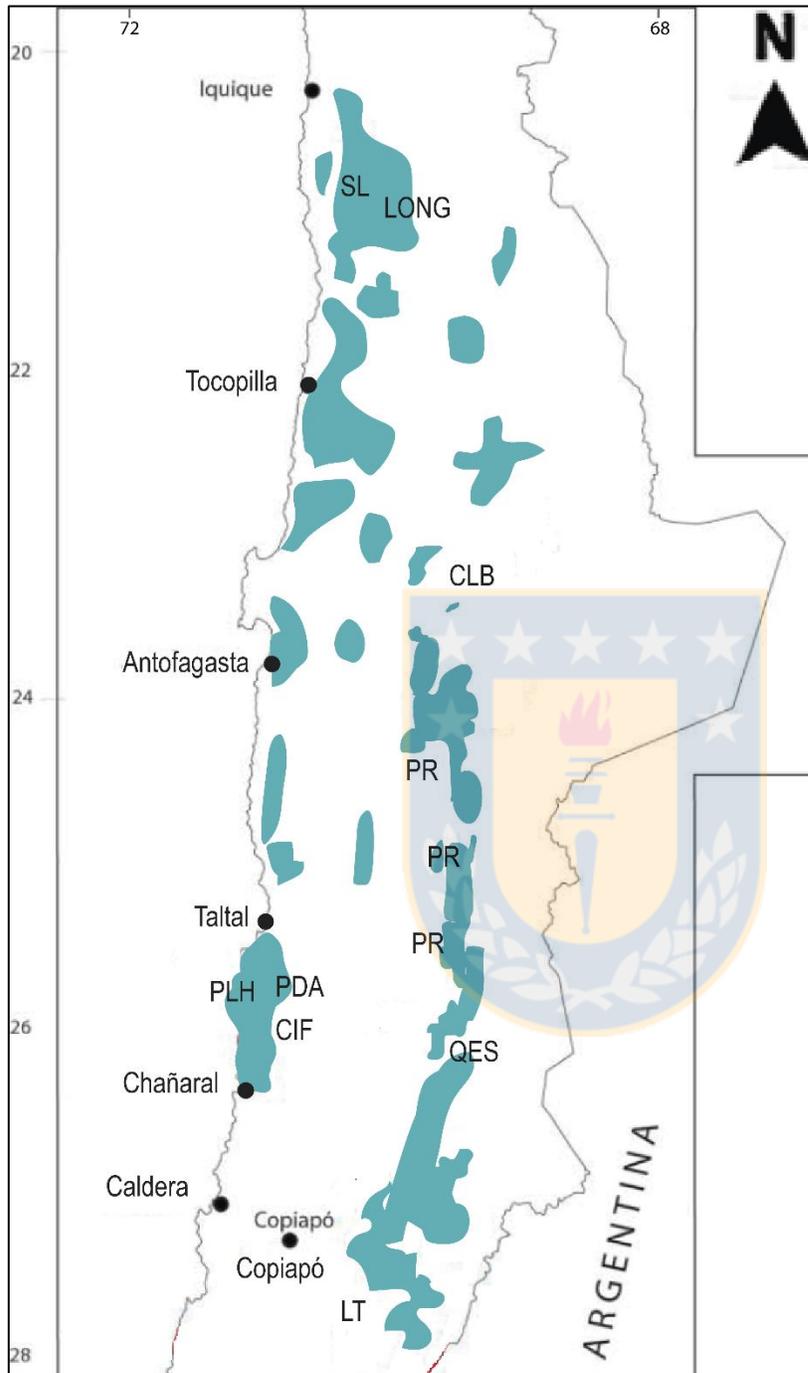


Figura 6.5 Mapa del norte de Chile entre los 20°-28° de latitud sur. Diferentes unidades volcánicas y sedimentarias marinas y continentales depositadas entre el Triásico Superior tardío y el Jurásico (Gröschke *et al.*, 1988; Prinz *et al.*, 1994; Charrier *et al.*, 2007; Vásquez y Sepúlveda, 2013; Sepúlveda *et al.*, 2014). SL: Estratos de Sierra de Lagunas. LONG: Formación Longacho. CLB: Formación Cerro La Ballena. PR: Formación Profeta (sección inferior). PDA: Formación Pan de Azúcar. QES: Formación Quebrada El Salitre. CIF: Formación Cifuncho. LT: Formación La Ternera. PLH: Formación Posada de los Hidalgo.

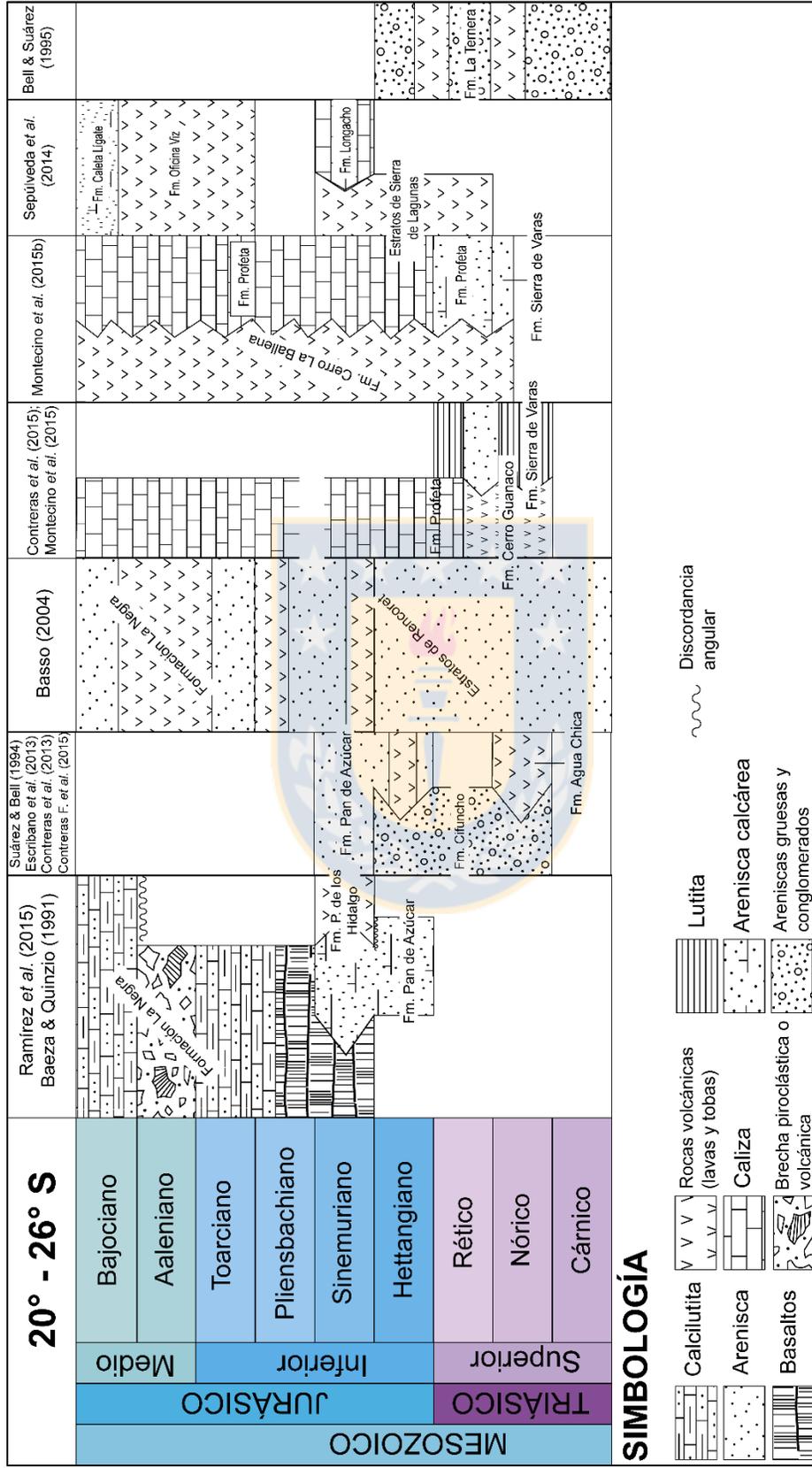


Figura 6.6 Cuadro cronostratigráfico con unidades volcánicas y sedimentarias desde el Triásico Superior al Jurásico Medio, entre los 20° y 26° de latitud sur.

7. REFERENCIAS

- ALFARO, R. 2014. Estratigrafía de las rocas triásicas de la Formación Cerro Guanaco (Nueva unidad) en la Cordillera de Domeyko, sector Sierra de Varas. Región de Antofagasta. (24°48-25°00 Lat. Sur). Memoria para optar al Título de Geólogo (Inédito), Universidad Católica del Norte, Departamento de Ciencias Geológicas: 74 pp. Antofagasta.
- ALFARO, R.; WILKE, H.; GONZÁLEZ, R.; PERALTA, A. y MARTÍNEZ, A. 2015. Nuevos antecedentes acerca del ambiente de depositación de las rocas volcánicas triásicas de la Formación Cerro Guanaco (Precordillera de Antofagasta, Chile). *In XIV Congreso Geológico Chileno*. Actas: 4 pp. La Serena.
- ALLMENDINGER, R. y GONZÁLEZ, G. 2010. Neogene to Quaternary Tectonics of the Coastal Cordillera, northern Chile. *Tectonophysics*. Vol. **495** (1–2): 93-110.
- ALLMENDINGER, R.; GONZÁLEZ, G.; YU, J.; HOKE, G. y ISACKS, B. 2005. Trench-parallel shortening in the northern Chilean forearc: tectonic and climatic implications. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. **117**: 89–104.
- BAEZA, L. y QUINZIO, L. 1991. Transgresión marina en el Hettangiano basal de Posada Los Hidalgos, sur de Taltal, región de Antofagasta, Chile. *In VI Congreso Geológico Chileno*. Actas: 4 pp. Viña del Mar.
- BASSO, M. 2004. Carta Baquedano, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica N° **82**: 26 pp. 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

- BELL, C. y SUÁREZ, M. 1995. Triassic alluvial braidplain and braided river deposits of the La Ternera Formation, Atacama region, northern Chile. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **8**: 1-8.
- BENEDINI, L.; GREGORI, D.; STRAZZERE, L.; FALCO, J. y DRISTAS, J. 2014. Lower Pliensbachian caldera volcanism in high-obliquity rift systems in the western North Patagonian Massif, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **56**: 1-19.
- BLANCO, N.; VÁSQUEZ, P.; SEPÚLVEDA, F.; TOMLINSON, A.; QUEZADA, A. y LADINO, M. 2012. Levantamiento geológico para el fomento de la exploración de recursos minerales e hídricos de la Cordillera de la Costa, Depresión Central y Precordillera de la Región de Tarapacá (20°-21°S). Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado **IR-12-50**: 246 pp. 7 mapas escala 1:100.000. Santiago.
- BOBENRIETH, L. 1980. Geología de los cuadrángulos Cerro Desamparado y Cerro Soledad, Regiones de Tarapacá y Antofagasta. Memoria de Título, Universidad de Chile, Departamento de Geología: 172 pp. Santiago.
- BRANNEY, M. y KOKELAAR, B. 1992. A reappraisal of ignimbrite emplacement: progressive aggradation and changes from particulate to non-particulate flow during emplacement of high-grade ignimbrite. *Bulletin of Volcanology*. Vol. **54**: 504-520.
- BRANNEY, M. y KOKELAAR, B. 1997. Giant bed from a sustained catastrophic density current flowing over topography: Acatlan ignimbrite, México. *Geology*. Vol. **25**: 115-118.
- BRANNEY, M. y KOKELAAR, B. 2002. Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites. *Geological Society of London*: 143 pp. Londres.

- BRANNEY, M. J. y SPARKS, R. S. J. 1990. Fiamme formed by diagenesis and burial-compaction in soils and subaqueous sediments. *Journal of the Geological Society*. Vol. **147**: 919-922. Londres.
- BROWN, R.; BRANNEY, M.; MAHER, C. y DÁVILA-HARRIS, P. 2010. Origin of accretionary lapilli within ground-hugging density currents: evidence from pyroclastic couplets on Tenerife. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. **122 (1-2)**: 305-320.
- BRÜGGEN, J. 1950. Fundamentos de la Geología de Chile. Instituto Geográfico Militar: 374 pp. Santiago.
- BUISSON, C. y MERLE, O. 2002. Experiments on internal strain in lava dome cross sections. *Bulletin of Volcanology*. Vol. **64 (6)**: 363-371.
- CARRIZO, D.; GONZÁLEZ, G. y DUNAI, T. 2008. Constricción neógena en la Cordillera de la Costa, norte de Chile: neotectónica y datación de superficies con ^{21}Ne cosmogénico. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **35 (1)**: 1-38. Santiago.
- CAS, R. y WRIGHT, J. 1987. Volcanic Successions: Modern and Ancient. Allen and Unwin: 528 pp. Londres.
- CECIONI, G. y GARCÍA, F. 1960. Observaciones geológicas en la cordillera de la Costa de Tarapacá. Instituto de Investigaciones Geológicas. Boletín N°6: 28 pp. Santiago.
- CHARRIER, R.; PINTO, L. y RODRÍGUEZ, M. 2007. Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. The Geology of Chile. Moreno, T. y Gibbons, W. (Eds). *The Geological Society of London*: 21-114. Londres.
- CONTRERAS, J. 2014. Estratigrafía de la Formación Sierra de Varas, Cordillera de Domeyko, Región de Antofagasta entre coordenadas 7.273.103-7.268.892 m N; 481.320-482.290

m E. Memoria para optar al Título de Geólogo (Inédito), Universidad Católica del Norte, Departamento de Ciencias Geológicas: 74 pp. Antofagasta.

CONTRERAS, J.; GONZÁLEZ, R. y WILKE, H. 2015. Registros triásicos de depósitos volcánicos-piroclásticos dentro de una configuración lacustre, Cordillera de Domeyko, Antofagasta. Norte de Chile. *In XIV Congreso Geológico Chileno*. Actas: 3 pp. La Serena.

CONTRERAS, J.; ESPINOZA, M.; DE LA CRUZ, R.; JORQUERA, R.; KRAUS, S.; RAMÍREZ, C.; NARANJO, J.; ESCRIBANO, J. y MARTÍNEZ, P. 2013. Carta Cifuncho, Regiones de Antofagasta y Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica N° **161**. 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

CONTRERAS F., J.; ESPINOZA, M.; PEÑA, M. y ARRIAGADA, C. 2015. Evolución estructural mesozoica de la Cordillera de la Costa del norte de Chile (25-26°S). *In XIV Congreso Geológico Chileno*. Actas: 5 pp. La Serena.

DARTEVELLE, S.; ERNST, G.; STIX, J. y BERNARD, A. 2002. Origin of the Mount Pinatubo climactic eruption cloud: Implications for volcanic hazards and atmospheric impacts. *Geology*. Vol. **30 (7)**: 663-666.

ESCRIBANO, J.; MARTÍNEZ, P.; DOMAGALA, J.; PADEL, M.; ESPINOZA, M.; JORQUERA, R.; CONTRERAS, J.; DE LA CRUZ, R.; CALDERÓN, M. 2013. Cartas Bahía Isla Blanca y Taltal, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica N° **164-165**: 74 pp. 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

FISHER, R. y SCHMINCKE, H. 1984. *Pyroclastic Rock*, Springer: 472 pp. Berlín.

- GALLI, C. 1957. Las formaciones geológicas en el borde occidental de la puna de Atacama, sector de Pica, Tarapacá. *Minerales*. Vol. **56**: 14-26. Santiago.
- GALLI, C. y DINGMAN, R. 1962. Cuadrángulo Pica, Alca, Matilla y Chacarilla, con un estudio sobre los recursos de agua subterránea, Provincia de Tarapacá. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile N° **7-10**: 125 pp. 4 mapas escala 1:50.000. Santiago.
- GARCÍA, F. 1967. Geología del Norte Grande de Chile. In Symposium sobre el Geosinclinal Andino N° **3**, Sociedad Geológica de Chile: 138 pp. Santiago.
- GONZALEZ, G. y CARRIZO, D. 2003. Segmentación, cinemática y cronología relativa de la deformación tardía de la Falla salar del Carmen, Sistema de Fallas de Atacama, (23°40'S), norte de Chile. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **30 (2)**: 223-244. Santiago.
- GONZÁLEZ, G.; GERBAULT, M.; MARTINOD, J.; CEMBRANO, J.; ALLMENDINGER, R.; CARRIZO, D. y ESPINA, J. 2008. Crack formation on top of propagating reverse faults of the Chuculay Fault System northern Chile: insights from field data and numerical modeling. *Journal of Structural Geology*. Vol. **30**: 791–808.
- GOTTMAN, J. y MARTÍ, J. 2008. Caldera Volcanism: Analysis, Modelling, and Response. North Holland, Elsevier: 516 pp.
- GRÖSCHKE, M.; HILLEBRANDT, A.; PRINZ, P.; QUINZIO, L. y WILKE, H. 1988. Marine Mesozoic paleogeography in northern Chile between 21-26°S. In *The Southern Central Andes*. Springer. 103-117. Berlín
- HERVÉ, M. 1987a. Movimiento sinistral en el Cretácico Inferior de la Zona de Falla de Atacama al Norte de Paposo (24°S), Chile. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **31**: 37-42. Santiago.

- HERVÉ, M. 1987b. Movimiento normal de la falla Paposo, zona de falla de Atacama, en el Mioceno, Chile. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **31**: 31-36. Santiago.
- KOSSLER, A. 1998. Der Jura in der Küstenkordillere von Iquique (Nordchile)-Palaontologie, Lithologie, Stratigraphie, Palaogeographie. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe A Geologie und Paläontologie*. Vol. **197**: 1-161. Berlín.
- KRAMER, W.; SIEBEL, W.; ROMER, R.; HAASE, G.; ZIMMER, M. y EHRLICHMANN, R. 2005. Geochemical and isotopic characteristics and evolution of the Jurassic volcanic arc between Arica (18°30'S) and Tocopilla (22°S), north Chilean Coastal Cordillera. *Chemie der Erde*. Vol. **65**: 47-68.
- LE MAITRE, R., STRECKEISEN, A., ZANETTIN, B., LE BAS, M., BONIN, B., BATEMAN, P., y LAMEYRE, J. 2002. *Igneous rocks: A classification and glossary of terms; Recommendations of the International Union of Geological Sciences*. In Subcommission on the Systematics of Igneous rocks. Cambridge University Press. 256 pp. Cambridge.
- LOCKWOOD, J. y HAZLETT, R. 2010. *Volcanoes: Global Perspectives*. Wiley: 552 pp.
- LLAMBÍAS, E.; KLEIMAN, L. y SALVAREDI, J. 1993. El magmatismo Gondwánico. In Ramos V. A. (ED.): *Geología y Recursos Naturales de Mendoza, Relatorio*. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos: 53-64. Mendoza.
- MAKSAEV, V. y MARINOVIC, N. 1980. Cuadrángulos Cerro de la Mica, Quillagua, Cerro Posada y Oficina Prosperidad, Región de Antofagasta. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile N° **45-48**: 63 pp. 4 mapas escala 1:50.000. Santiago.

- MARINOVIC, N. 2007. Carta Oficina Domeyko, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica N° **105**: 41 pp. 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.
- MARQUARDT, C.; MARINOVIC, N. y MUÑOZ, V. 2008. Geología de las Ciudades de Iquique y Alto Hospicio, Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica N° **113**: 33 pp. 1 mapa escala 1:25.000. Santiago.
- MARTIN, U. y NEMETH, K. 2007. Practical volcanology-Lecture notes for understanding volcanic rocks from field based studies. Geological Institute of Hungary: 221 pp. Budapest.
- MONTECINO, D.; ASTUDILLO, N.; FERRANDO, R. y OLIVEROS, V. 2015a. Nuevo esquema estratigráfico para las sucesiones triásicas expuestas en el área de Augusta Victoria, Región de Antofagasta. *In XIV Congreso Geológico Chileno*. Actas: 4 pp. La Serena.
- MONTECINO, D.; ASTUDILLO, N.; FERRANDO, R. y OLIVEROS, V. 2015b. Condiciones de sedimentación y evolución de la cuenca triásica superior del Profeta, entre los 24°00' y 24°30'S, Cordillera de Domeyko, Región de Antofagasta. *In XIV Congreso Geológico Chileno*. Actas: 4 pp. La Serena.
- MPODOZIS, C. y KAY, S. 1992. Late Paleozoic to Triassic evolution of the Gondwana margin: Evidence from Chilean Frontal Cordilleran batholiths (28°S to 31°S). *Geological Society of America Bulletin*. Vol. **104 (8)**: 999-1014.
- MPODOZIS, C. y RAMOS, V. 1989. The Andes of Chile and Argentina. In: Ericksen, G.E., Cañas Pinochet, M.T., Reinemund, J.A. (Eds.), *Geology of the Andes and its Relation to Hydrocarbon and Mineral Resources*. Houston, Texas, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources. Earth Sciences Series. Vol. **11**: 59-90. Houston.

- NARANJO, J. y PUIG, A. 1984. Hojas Taltal y Chañaral, Regiones de Antofagasta y Atacama, Chile, Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica Chile, Serie Geología Básica N°. **62-63**: 140 pp. 1 mapa escala 1:250.000. Santiago
- OLIVEROS, V.; FÉRAUD, G.; AGUIRRE, L.; FORNARI, M. y MORATA, D. 2006. The Early Andean Magmatic Province (EAMP): $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating on Mesozoic volcanic and plutonic rocks from the Coastal Cordillera, northern Chile. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol. **157**: 311-330.
- OLIVEROS, V.; VÁSQUEZ, P.; CREIXELL, C.; VALLEJOS, D. y VALIN, X. 2012. Geological study of the Triassic to Lower Jurassic volcano-sedimentary units in northern Chile: the quest to Andean subduction initiation. *In XIII Congreso Geológico Chileno*. Actas: 3 pp. Antofagasta.
- PARFITT, L. y WILSON, L. 2009. *Fundamentals of physical volcanology*. John Wiley y Sons: 230 pp.
- PASKOFF, R.; CUITINO, L. y PETIOT. 1998. Carácter relicto de la Gran Duna de Iquique, Región de Tarapacá, Chile. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **25 (2)**: 255-263. Santiago.
- PRINZ, P.; WILKE, H. y VON HILLEBRANDT, A. 1994. Sediment accumulation and subsidence history in the Mesozoic marginal basin of northern Chile. *Tectonics of the southern central Andes: structure and evolution of an active continental margin*. Vol. **2**: 219 pp. Berlín.
- RAMÍREZ, C.; NARANJO, J.; SUÁREZ, M.; VILLA, V.; VARAS, L. y CONTRERAS, J. 2015. Estratigrafía y litofacies de las formaciones Pan de Azúcar, Posada de los Hidalgo y La Negra, al sur de Taltal. *In XIV Congreso Geológico Chileno*. Actas: 4 pp. La Serena.

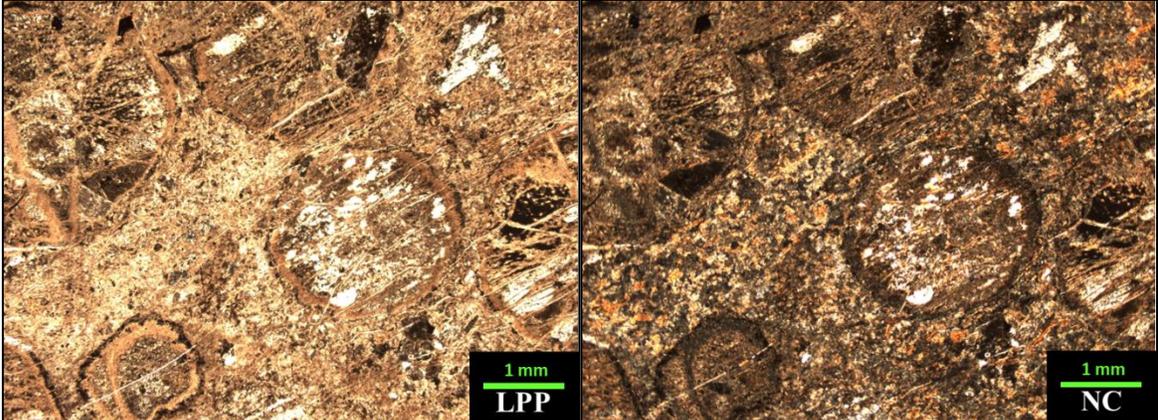
- SCHEUBER, E. y GONZÁLEZ, G. 1999. Tectonics of the Jurassic–Early Cretaceous magmatic arc of the north Chilean Coastal Cordillera (22°–26°S): a story of crustal deformation along a convergent plate boundary. *Tectonics*. Vol. **18**: 895–910.
- SEPÚLVEDA, F. y VÁSQUEZ, P. 2012. El Grupo Huantajaya: Nuevo esquema estratigráfico para las unidades de la cuenca de trasarco jurásica en la Cordillera de la Costa del área de Iquique (20°-21°S). *In XIII Congreso Geológico Chileno*. Actas: 3 pp. Antofagasta.
- SEPÚLVEDA, F.; VÁSQUEZ, P. y QUEZADA, J. 2014. Cartas Patillos y Oficina Victoria, Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica N° **167-168**. 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.
- SCHMID, R. 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. *Geology*. Vol. **9**: 41-43.
- SIGURDSSON, H.; HOUGHTON, B.; MCNUTT, S.; RYMER, H. y STIX, J. (EDS.). 2015. The encyclopedia of volcanoes. Elsevier. 1421 pp. Londres
- SKÁRMETA, J. y MARINOVIC, N. 1981. Geología de la Hoja Quillagua. Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile N° **51**: 63 pp. 1 mapa escala 1:250.000. Santiago.
- STRECKEISEN, A. 1973. Classification and nomenclature recommended by the IUGS subcomission on the Systematics of Igneous Rocks. *Geotimes*. Vol. **8 (10)**: 26-30.
- SUÁREZ, M. y BELL, C. 1994. Braided rivers, lakes and sabkhas of the upper Triassic Cifuncho formation, Atacama region, Chile. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **7**: 25-33.

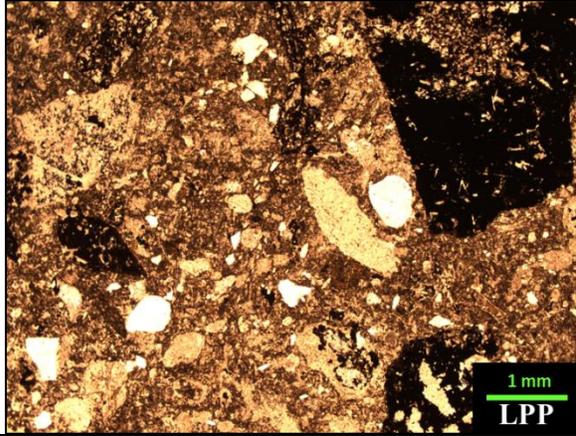
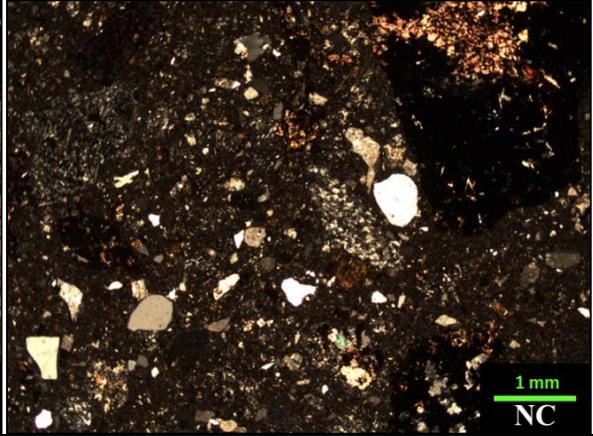
- TOMLINSON, A.; BLANCO, N. y LADINO, M. 2015. Carta Mamiña, Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica N° **17**: 49 pp. 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.
- THOMAS, A. 1970. Cuadrángulos Iquique y Caleta Molle, Provincia Tarapacá. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile N° **21-22**: 52 pp. 2 mapas escala 1:50.000. Santiago.
- VÁSQUEZ, P. y SEPÚLVEDA, F. 2013. Cartas Iquique y Pozo Almonte, Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica N°. **162-163**: 144 pp. 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.
- VÁSQUEZ, P.; SEPÚLVEDA, F. y NIELSEN, S. 2012. Morfoestratigrafía de las terrazas marinas en Punta Patache (20°49'S): Observaciones y edades ¹⁴C en guano fósil asociado. *In* XIII Congreso Geológico Chileno. Actas: 4 pp. Antofagasta.
- VÁSQUEZ, P.; SEPÚLVEDA, F. y QUEZADA, A. 2015. 110 Millones de años de volcanismo andesítico (Triásico Superior-Cretácico Inferior) en la Cordillera de la Costa (20°00'-21°15'): nuevas edades U/Pb. *In* XIV Congreso Geológico Chileno. Actas: 5 pp. Antofagasta.
- VÁSQUEZ, P.; GLODNY, J.; FRANZ, G.; FREI, D. y ROMER, R. 2011. Early Mesozoic Plutonism of the Cordillera de la Costa (34-37°S), Chile: constraints on the onset of the Andean Orogeny. *The Journal of Geology*. Vol. **119** (2): 159-184.
- WILLCOCK, M.; CAS, R.; GIORDANO, G. y MORELLI, C. 2013. The eruption, pyroclastic flow behaviour, and caldera in-filling processes of the extremely large volume (>1290 km³), intra-to extra-caldera, Permian Ora (Ignimbrite) Formation, Southern Alps, Italy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 102-126.

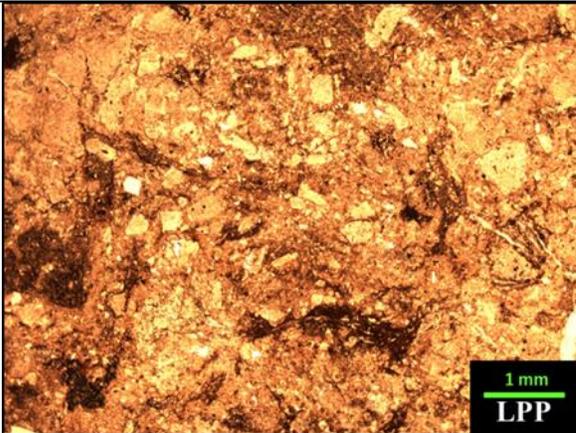
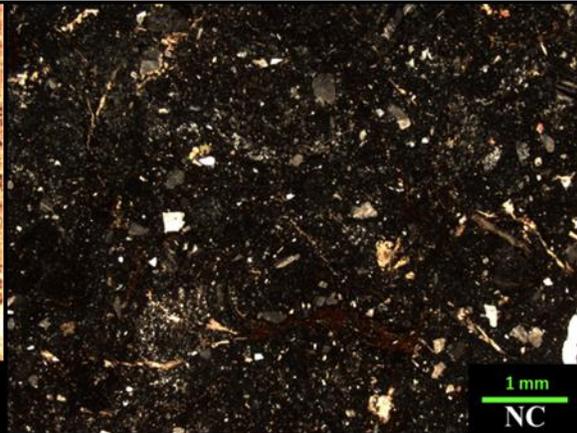
ANEXO
PETROGRAFÍA
Descripción microscópica de muestras

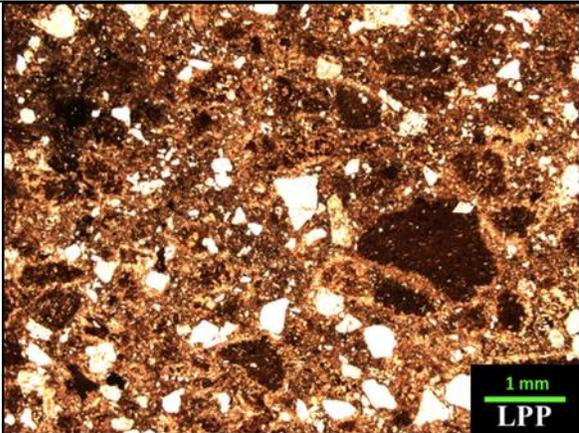
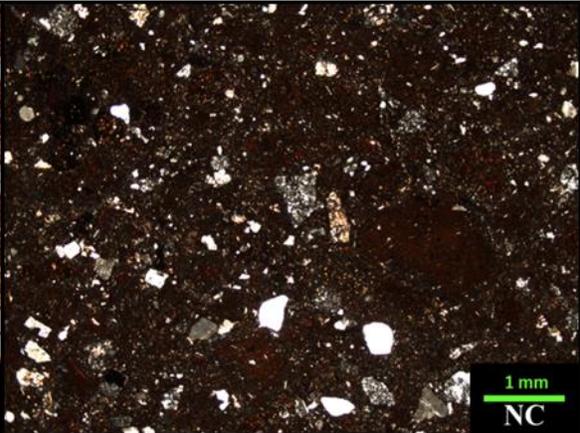


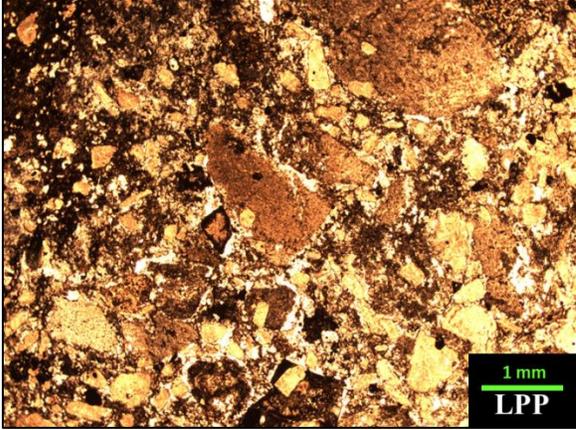
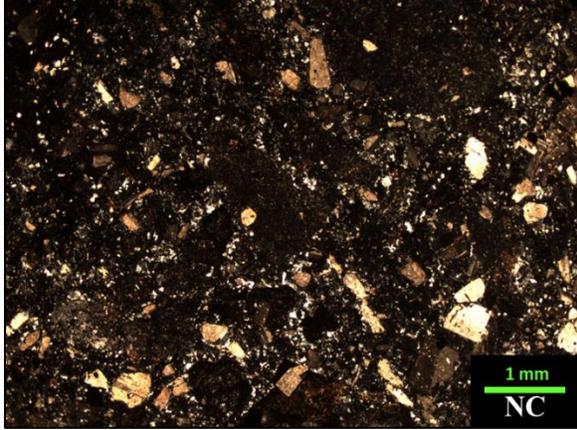
1. ROCAS VOLCANOCLÁSTICAS

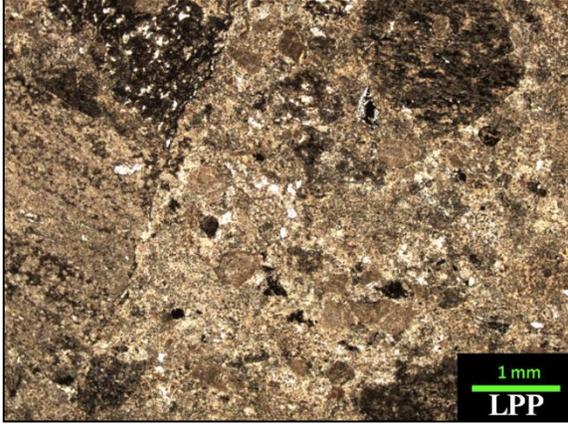
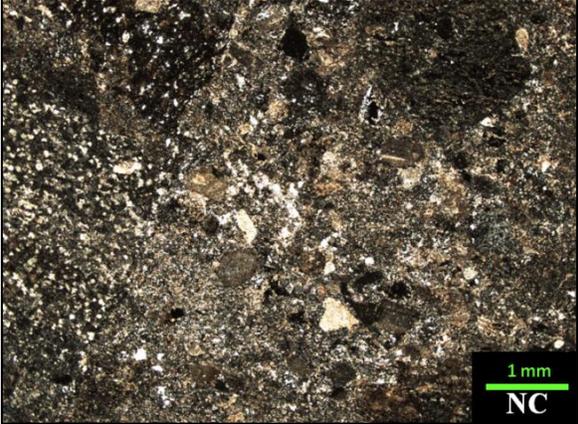
Muestra GSC-001t			
			
Ubicación	7.665.750 m N / 420.836 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Toba de lapilli con lapilli acrecionario (TLac)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	15	Cristales o fragmentos de cristales prismáticos reemplazados masivamente por sericita.	0,05-2
	15		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Lapilli acrecionario	45	Partículas subesféricas de 1 a 5 mm con laminación en los bordes, localmente formada por calcita, mineral que también rellena las partículas, junto a sericita, limonita y cuarzo secundario.	1-5
	40		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Matriz	40	Vidrio tamaño ceniza fina recristalizado y alterado en la matriz.	
	40		
Observaciones	La roca presenta un fuerte fracturamiento subhorizontal con relleno de calcita microgranular y fracturas radiales. Exhibe una coloración amarillenta por alteración a limonitas y en la matriz se observa cuarzo secundario poligonal.		

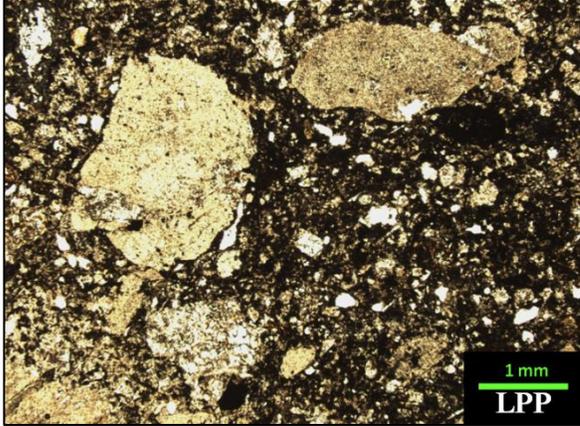
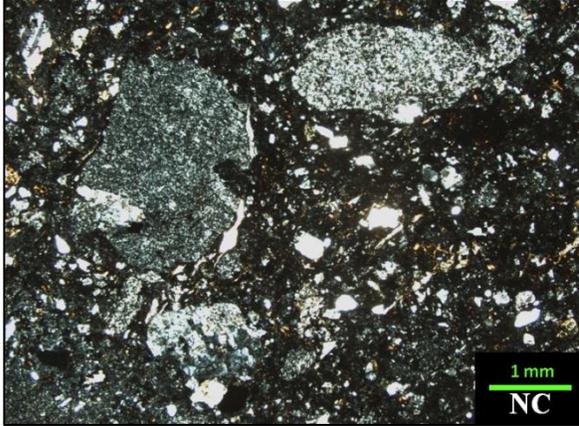
Muestra GSC-002t			
			
Ubicación	7.665.730 m N / 421.525 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Toba de lapilli masiva (TLm)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea a lítica	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	9	Fragmentos subangulares con leve alteración a arcillas y sericita y localmente calcita.	0,1-1,5
Cuarzo	14	Fragmentos subredondeados a subangulares. Localmente presentan extinción ondulosa.	0,15-2,2
Minerales opacos	2	Cristales subredondeados a subangulares diseminados en la roca.	0,1-0,5
	25		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos	35	Fragmentos subangulares levemente porfídicos con masa fundamental recrystalizada. Reemplazados por calcita y minerales opacos. Se observa un fragmento redondeado con borde de enfriamiento, con textura glomeroporfídica y otros porfídicos con masa fundamental pilotaxítica a hialopilítica.	2,5-6
	35		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Escoria	10	Fragmentos subangulares vesiculares de color negro, localmente presentan cristales de plagioclasa.	
Vidrio desvitrificado	30	Compone la matriz y se encuentra alterado a arcillas, minerales opacos y limonitas.	
	40		
Observaciones			

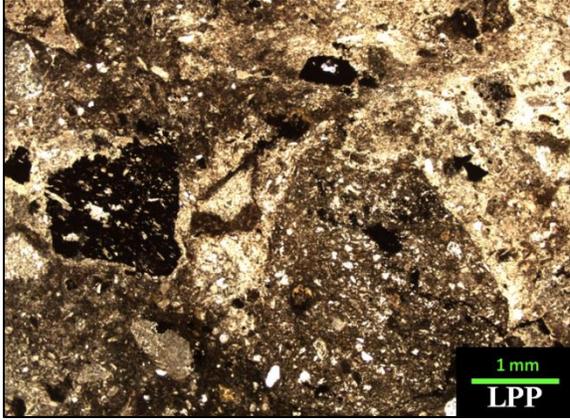
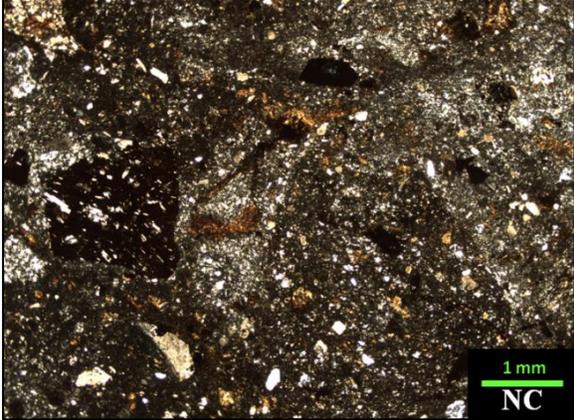
Muestra GSC-004t			
			
Ubicación	7.665.728 m N / 422.069 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Toba de lapilli masiva (TLM)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	10	Fragmentos subangulares con alteración moderada a sericita, arcillas y calcita.	0,05-2
Cuarzo	12	Fragmentos angulares a subangulares, frescos.	0,05-1,5
Minerales opacos	3	Fragmentos subangulares a subredondeados asociados a limonitas.	0,05-0,5
	25		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos	18	Fragmentos subangulares a subredondeados porfídicos con masa fundamental parcialmente recristalizada a agregado de sílice microcristalina.	0,5-3
Indeterminados	7	Fragmentos subangulares con fuerte reemplazo por limonitas (posibles fiammes o tobas).	0,5-2,2
	25		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Vidrio fino	50	Partículas de vidrio tamaño ceniza fina que componen la matriz.	
	50		
Observaciones			

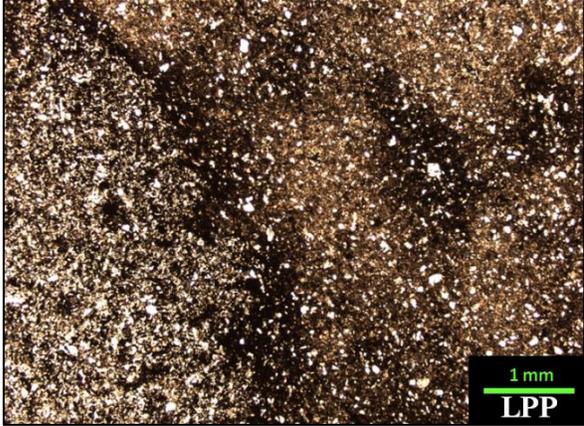
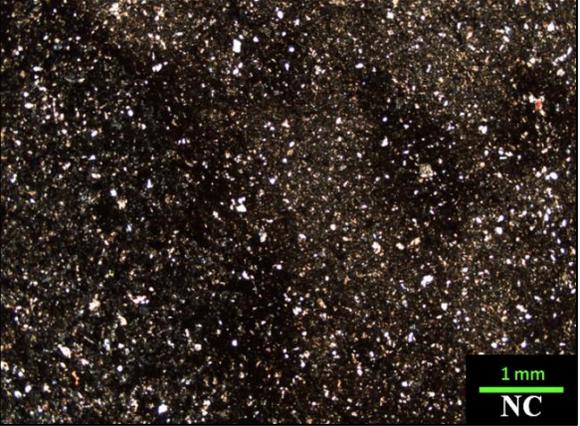
Muestra GSC-005t			
			
Ubicación	7.665.732 m N / 422.080 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Clasificación	Textural	Toba	
	Composicional	Toba vítrea a cristalolítica.	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	5	Fragmentos angulares a subangulares y frescos.	0,05-0,7
Plagioclasa	17	Fragmentos subangulosos parcialmente alterados a sericita, arcillas y calcita.	0,05-0,8
Minerales opacos	3	Fragmentos subredondeados a subangulares diseminados en la matriz.	0,05-0,2
	25		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos	30	Fragmentos subangulares localmente porfídicos y con masa fundamental hialopilitica. Ocasionalmente hay fragmentos pilotaxíticos. Están fuertemente reemplazados por hematita y limonitas y localmente por calcita.	0,1-2
	35		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Vidrio fino	40	Agregado vítreo fino, tamaño ceniza, que compone la matriz.	
	40		
Observaciones	Abundante hematita y limonitas en la matriz y reemplazando a fragmentos volcánicos le otorga coloración rojiza a la muestra. La muestra corresponde a un fragmento dentro de una brecha piroclástica.		

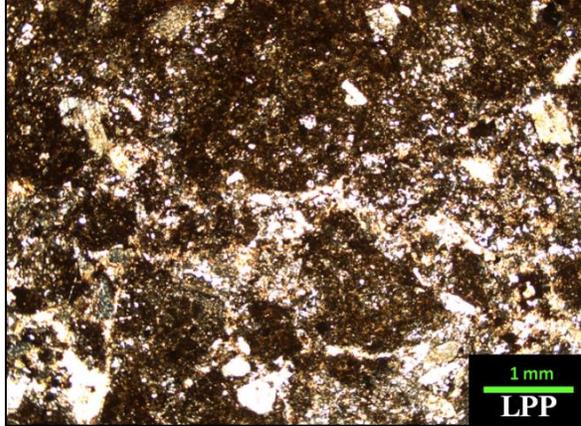
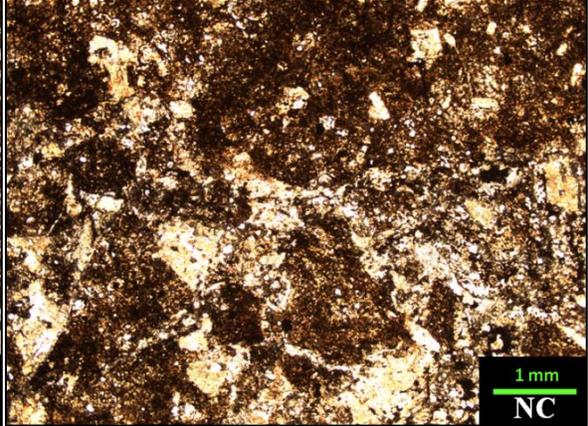
Muestra GSC-006t			
			
Ubicación	7.665.779 m N / 421.954 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Brecha lítica masiva (Brlm)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	15	Fragmentos subangulares a subredondeados reemplazados parcialmente por arcillas y, en menor medida, sericita.	0,05-1,8
Minerales opacos	5	Cristales subangulares a subredondeados diseminados en la matriz.	0,01-0,25
	20		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos	25	Fragmentos subangulares a subredondeados con textura porfídica y masa fundamental pilotaxítica o hialopílica.	0,6-3,5
Indeterminados	5	Fragmentos subangulares recristalizados a agregado microcristalino de sílice.	1-2
	30		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Vidrio fino	50	Vidrio en la matriz, de tamaño ceniza, parcialmente recristalizado a agregado microcristalino de sílice.	
	50		
Observaciones	La muestra corresponde a fragmento presente en brecha piroclástica.		

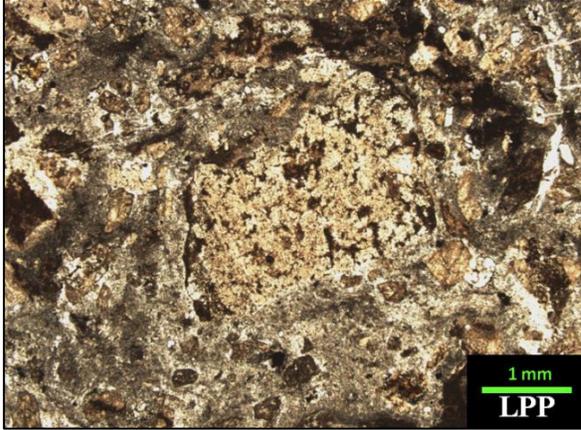
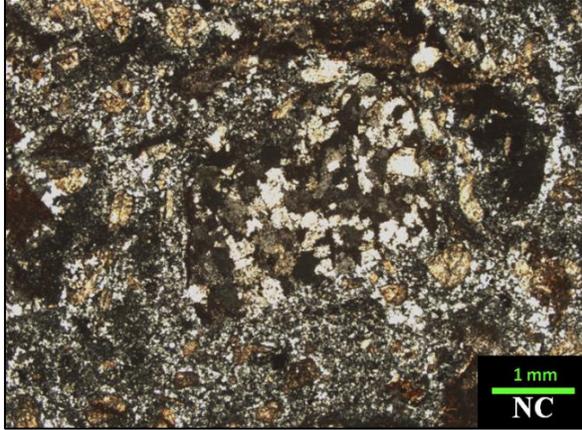
Muestra GSC-008t			
			
Ubicación	7.665.579 m N / 420.668 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Toba de lapilli masiva (TLm)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	7	Fragmentos subangulosos fuertemente argilizados.	0,05-1,5
Cuarzo	3	Fragmentos subangulosos a angulosos, frescos y con extinción ondulosa.	0,05-1,3
	10		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos laminados	15	Fragmentos subangulosos a subredondeados con fenocristales de plagioclasa y masa fundamental con laminación que bordea los fenocristales. Fuerte reemplazo por minerales opacos.	0,5-3
Volcánicos masivos andesíticos	5	Fragmentos subangulosos a subredondeados con fenocristales de plagioclasa en una masa fundamental afanítica a levemente hialopilítica, reemplazada por minerales opacos.	0,5-2,5
Volcánicos masivos dacíticos	15	Fragmentos subredondeados con fenocristales de plagioclasa en una masa fundamental felsosídica. Los fenocristales de plagioclasa exhiben un reemplazo local a epidota.	0,6-4
Reemplazados por sílice	5	Fragmentos subredondeados reemplazados totalmente por agregado síliceo de grano fino, anhedral.	0,5-3,5
	40		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Matriz vítrea	50	Matriz vítrea totalmente argilizada y localmente reemplazada por calcita y sílice de grano fino. Es posible reconocer formas similares a esquirilas en la matriz, que se encuentran desvitrificadas a arcillas.	
Observaciones	La roca presenta un 1% de vesículas subredondeadas de hasta 1 mm rellenas por arcillas.		

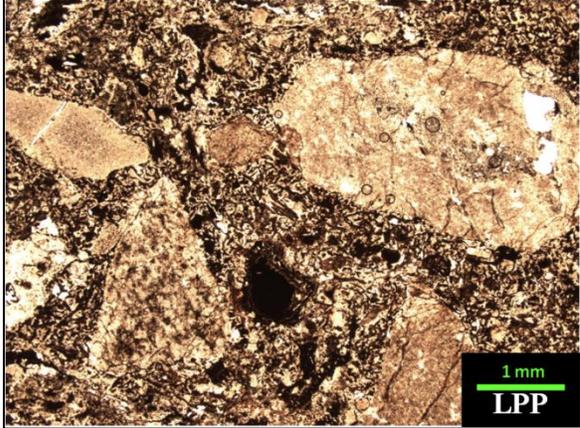
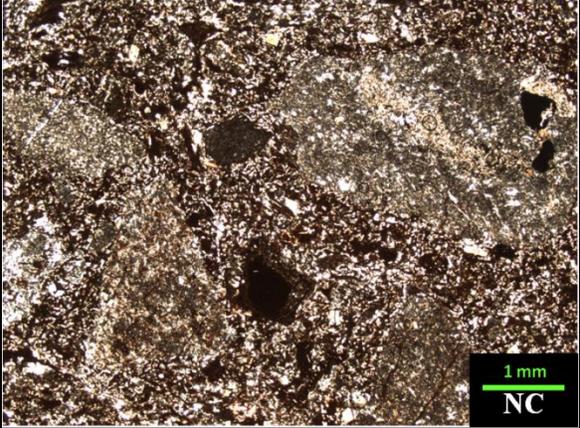
Muestra GSC-010t			
			
1 mm LPP		1 mm NC	
Ubicación	7.664.638 m N / 420.464 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Toba de lapilli masiva (TLm)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	10	Fragmentos subangulosos a angulosos y localmente subredondeados, frescos. Ocasionalmente presentan embahiamientos de matriz.	0,05-1,5
Plagioclasa	5	Pequeños fragmentos subangulosos a angulosos reemplazados por arcillas.	0,05-0,1
	15		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos dacíticos	30	Fragmentos porfídicos subredondeados a subangulosos con fenocristales de plagioclasa subhedrales en una masa fundamental reemplazada por sílice o micropoiquilítica.	0,5-5
Indeterminados	5	Fragmentos subangulosos reemplazados por arcillas, calcita y limonitas.	0,05-1,3
	35		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Matriz	50	Fuertemente reemplazada por minerales opacos, hematita, limonitas, calcita y arcillas.	
	50		
Observaciones	La roca es cortada por numerosas vetillas milimétricas de calcita.		

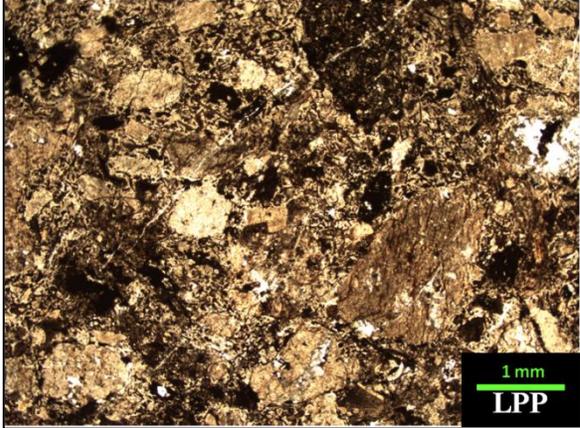
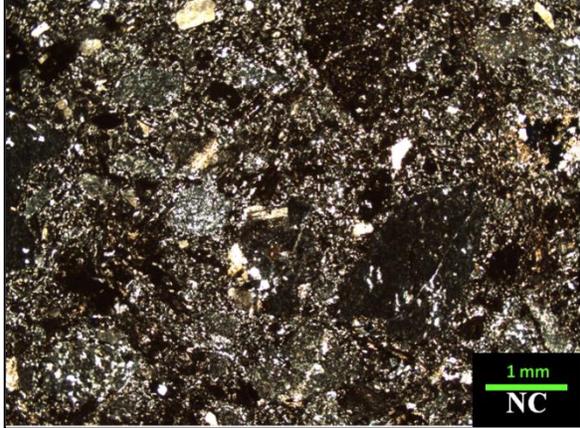
Muestra GSC-012t			
			
Ubicación	7.665.588 m N / 421.309 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacías	Toba de lapilli masiva (TLM)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental, esferulítica.		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	4	Fragmentos subangulosos moderadamente alterados a arcillas y sericita.	0,1-1
Cuarzo	6	Fragmentos angulosos a redondeados con embahiamiento de matriz en algunos granos.	0,15-1
	10		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos oxidados	10	Fragmentos angulosos a subangulosos, fuertemente oxidados, con textura porfídica y masa fundamental hialopilítica. Localmente presenta vesículas irregulares a subcirculares.	0,35-5
Volcánicos ácidos	20	Fragmentos subangulosos con vesículas rellenas por cuarzo secundario y textura levemente porfídica. La masa fundamental se encuentra desvitrificada y presenta esferulitas radiales. Ocasionalmente es posible observar laminación en la misma desvitrificación.	0,2-14
	30		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Matriz	60	Vidrio tamaño ceniza fina que presenta localmente textura esferulítica. Moderadamente alterada a limonitas y clorita	
	60		
Observaciones			

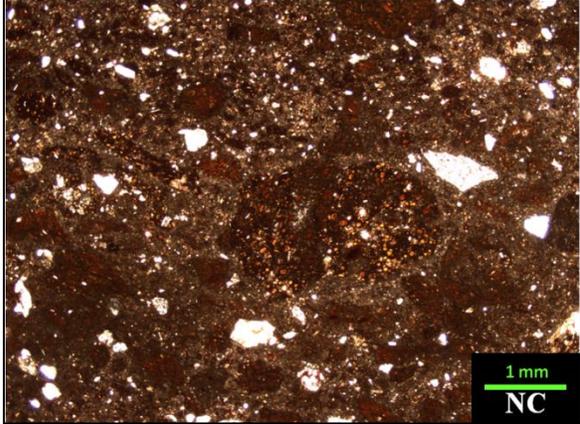
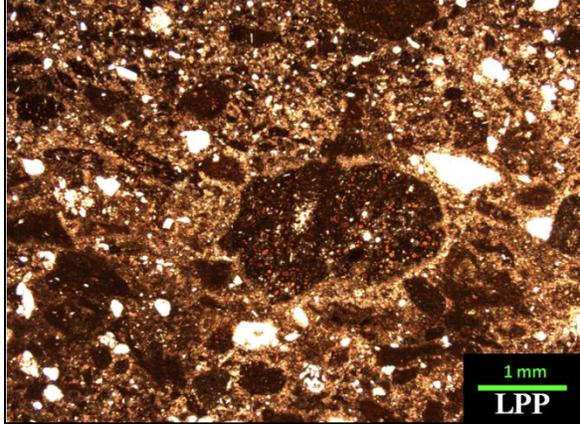
Muestra GSC-015t			
			
Ubicación	7.664.929 m N / 421.238 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacias	Toba de lapilli masiva (TLm)		
Clasificación	Textural	Toba	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	15	Fragmentos subangulosos a angulosos y localmente subredondeados, frescos.	0,05-0,2
Plagioclasa	5	Fragmentos subangulosos alterados levemente a arcillas.	0,05-0,2
Minerales opacos	3	Fragmentos subredondeados reemplazados levemente por óxidos de hierro.	0,05-0,3
	23		
b) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Matriz	77	Matriz vítrea de grano fino, fragmental, con esquirlas de hasta 1 mm. Reemplazada localmente por calcita, sericita, sílice, arcillas y óxidos de hierro.	
	77		
Observaciones	La roca presenta partículas subsféricas de hasta 1 cm de diámetro, que posiblemente corresponden a concreciones, puesto que no exhiben características asignables a lapilli acrecionario u otra partícula piroclástica.		

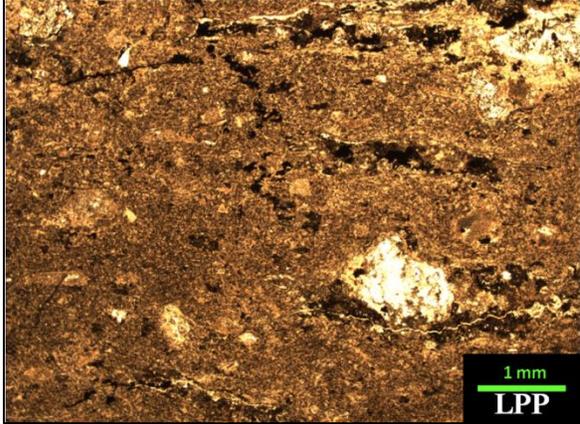
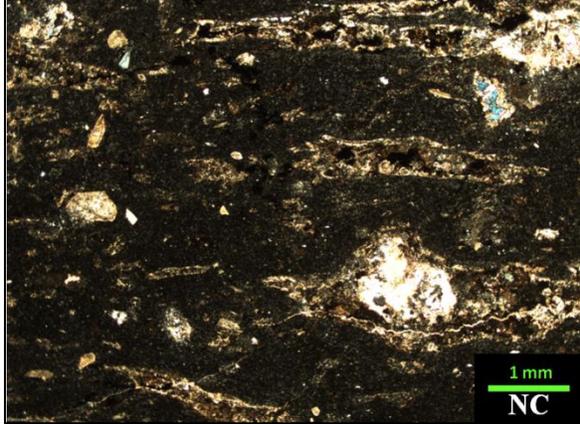
Muestra GSC-017t			
			
Ubicación	7.665.121 m N / 421.841 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Tobas vítreas (Tv)		
Clasificación	Textural	Toba	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	3	Fragmentos subredondeados a subangulosos, frescos.	0,05-0,2
Plagioclasa	15	Fragmentos subangulosos, reemplazados parcialmente por arcillas.	0,1-2
	18		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Indeterminados	10	Fragmentos subangulosos a subredondeados, de grano fino, compuestos por sílice y minerales opacos.	0,5-2
	10		
Observaciones	Matriz (62%) de grano fino, reemplazada masivamente por hematita y minerales opacos, que le otorgan una coloración pardo rojiza. Posiblemente provienen de la alteración de una matriz fragmental vítrea fina. La roca es cortada por numerosas vetillas finas de calcita.		

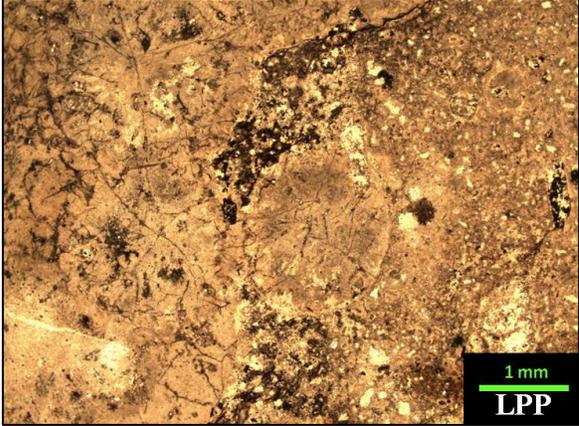
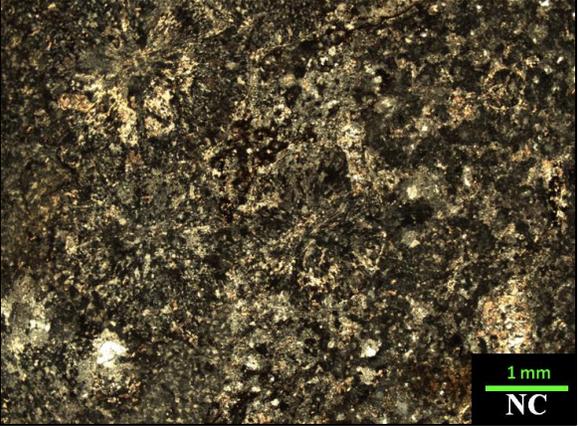
Muestra GSC-018t			
			
Ubicación	7.665.496 m N / 422.012 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Toba de lapilli masiva (TLm)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	7	Fragmentos subangulosos de cristales subhedrales a euhedrales, totalmente alterados a sericita, arcillas, limonitas y carbonatos.	0,05-1
Cuarzo	4	Fragmentos angulosos, frescos.	0,04-1
Indeterminado	2	Fragmentos de cristales subhedrales a euhedrales reemplazados por cuarzo secundario. Se observan tanto secciones longitudinales como basales. Las formas mejor desarrolladas exhiben ocho caras.	0,07-0,9
Minerales opacos	2	Fragmentos subangulosos diseminados en la matriz y asociados a la alteración de fragmentos oxidados.	0,05-0,3
	15		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Laminado	3	Fragmento subanguloso con aparente laminación en luz polarizada plana. Recristalizados a agregado de cuarzo poligonal.	4,4
Volcánicos	22	Fragmentos angulosos a subangulosos con textura porfídica en una masa fundamental pilotaxítica, localmente recristalizada. Se observan relictos de minerales ferromagnesianos y fenocristales de plagioclasa. De manera local, algunos se encuentran fuertemente oxidados en sus bordes, lo cual le otorga un aspecto similar a los fragmentos indeterminados oxidados.	0,5-5
Indeterminados	10	Fragmentos angulosos, fuertemente oxidados, localmente limonitas asociadas a clorita y carbonatos. Posiblemente textura porfídica, con fenocristales de plagioclasa subhedral. La masa fundamental presenta textura esferulítica localmente. Son cortados por vetillas de calcita y limonitas.	0,2-2,5
	35		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Matriz	60	Matriz posiblemente vítrea, recristalizada o desvitrificada. Compuesta por cuarzo y feldespatos de grano fino, intercrecidos.	
	60		
Observaciones	El alto grado de alteración y la ausencia de partículas vítreas, como esquirlas, en la matriz, dificulta la clasificación de la roca.		

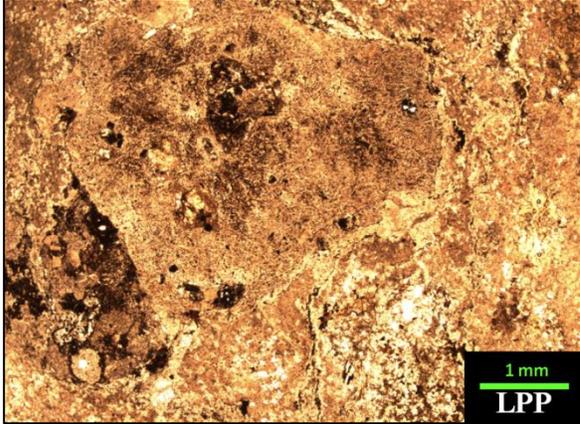
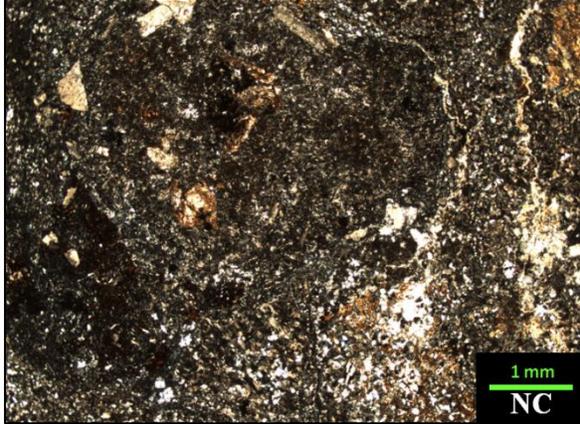
Muestra GSC-025at			
			
Ubicación	7.665.731 m N / 422.298 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Brecha lítica masiva (Brlm)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	3	Fragmentos subangulosos a angulosos, frescos.	0,1-0,8
Plagioclasa	5	Fragmentos subangulosos alterados levemente a arcillas y sericita.	0,1-1,3
Feldespato K	1	Fragmentos subangulosos alterados moderadamente a arcillas.	0,5-1,2
Circón	<1	Fragmento subredondeado, fresco.	0,1
	10		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos laminados	15	Fragmentos subangulosos porfídicos con masa fundamental pilotaxítica que genera una textura laminada, alterados parcialmente a limonitas y arcillas. Los fenocristales corresponden a plagioclasa de hasta 0,5 mm.	1-7,5
Volcánicos intermedios	7	Fragmentos subredondeados a subangulosos porfídicos con masa fundamental hialopilítica a afanítica, moderadamente alterados a limonitas.	1-5
Volcánicos ácidos	7	Fragmentos subredondeados porfídicos con masa fundamental micropoiquilitica, levemente alterados a arcillas.	0,5-3
Intrusivos	1	Fragmento subanguloso con textura hipidiomórfica granular de grano fino, compuesta por plagioclasa y cuarzo.	1
	30		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Fiammes	5	Fragmentos angulosos, localmente con desvitrificación axiolítica y alteración fuerte a limonitas y minerales opacos.	
Esquirlas	30	Fragmentos tamaño ceniza, presentes de manera abundante en la matriz, sin soldamiento y desvitrificadas. La matriz restante corresponde a un agregado vítreo tamaño ceniza.	
	35		
Observaciones	La muestra corresponde a parte de la matriz de brecha piroclástica.		

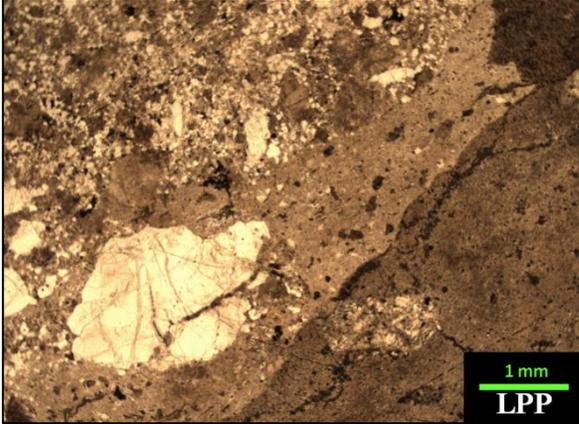
Muestra GSC-025bt			
			
Ubicación	7.665.731 m N / 422.298 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Brecha lítica masiva (Brlm)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba lítica	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	3	Fragmentos subangulosos a angulosos, frescos.	0,1-1
Plagioclasa	5	Fragmentos subangulosos alterados levemente a arcillas y sericita.	0,1-1,2
	8		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos ácidos	15	Fragmentos subredondeados porfídicos con masa fundamental micropoiquilitica, levemente alterados a arcillas y con abundantes parches de calcita. Localmente, sólo se preserva la masa fundamental.	0,6-4,5
Volcánicos laminados	12	Fragmentos subangulosos porfídicos con masa fundamental pilotaxítica que genera una textura laminada, alterados parcialmente a limonitas y arcillas. Los fenocristales corresponden a plagioclasa de hasta 0,5 mm.	0,5-5
Volcánicos intermedios	14	Fragmentos subredondeados a subangulosos porfídicos con masa fundamental hialopilitica a afanítica, moderadamente alterados a limonitas y abundantes parches de calcita. Localmente presentan vesículas subcirculares rellenas por limonitas.	0,5-8
	41		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Fiammes	7	Fragmentos angulosos a subangulosos alterados a limonitas y hematita, con presencia local de fenocristales de plagioclasa.	
Esquirlas	25	Fragmentos tamaño ceniza, presentes de manera abundante en la matriz, sin soldamiento y desvitrificadas. La matriz restante corresponde a un agregado vítreo tamaño ceniza.	
	32		
Observaciones	La muestra corresponde a parte de brecha piroclástica.		

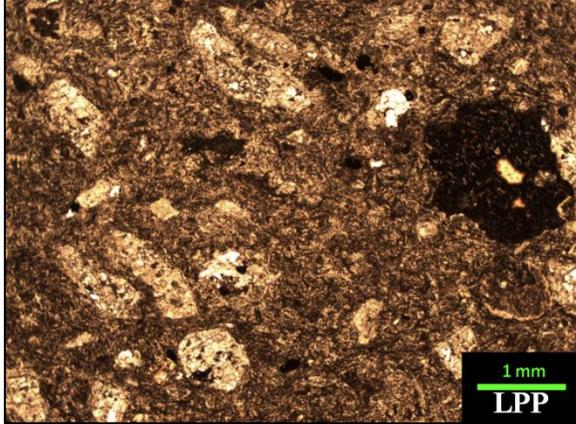
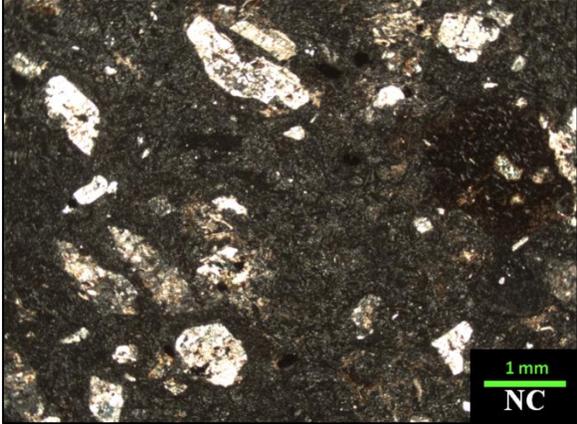
Muestra GSC-026t			
			
Ubicación	7.665.771 m N / 421.966 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Tobas vítreas (Tv)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental, levemente eutaxítica		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	7	Fragmentos subangulosos moderadamente alterados a arcillas y localmente calcita.	0,05-0,5
Cuarzo	5	Fragmentos subangulosos a subredondeados, localmente angulosos, frescos.	0,05-0,8
Minerales opacos	2	Fragmentos subredondeados a subangulosos diseminados en la matriz y reemplazando líticos volcánicos.	0,05-0,1
	12		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos amigdaloidales	20	Fragmentos subredondeados porfídicos con masa fundamental hialopilitica con alto contenido de vesículas rellenas por limonita, calcita y, en menor medida, clorita.	0,4-2,3
Volcánicos	5	Fragmentos subredondeados con masa fundamental pilotaxítica y localmente, fenocristales de plagioclasa.	0,3-1,5
Volcánicos	5	Fragmentos subredondeados con masa fundamental con textura micropoiquilitica entre cuarzo y plagioclasa.	0,4-1,5
Intrusivos	2	Fragmentos subredondeados a subangulosos con textura hipidiomórfica, compuestos por cuarzo y biotita, con fuerte reemplazo por sílice y carbonatos.	0,2-0,6
Reemplazados por carbonatos	2	Fragmentos reemplazados totalmente por carbonatos.	0,2-0,6
	34		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Fiammes	10	Fragmentos limonitizados subangulosos a angulosos, localmente contienen microlitos de plagioclasa de hasta 0,1 mm. Localmente presentan partículas con desvitrificación axial. Un fragmento presenta un mineral máfico, posiblemente anfíbola, reemplazado por calcita, titanita y minerales opacos.	
Vidrio fino	44	Agregado vítreo fino, tamaño ceniza fina y partículas vítreas en la matriz, reemplazadas por carbonato, con tamaño de hasta 0,1 mm que corresponden posiblemente a esquirlas. En general, matriz reemplazada por hematita, limonitas, calcita y arcillas.	
	54		
Observaciones			

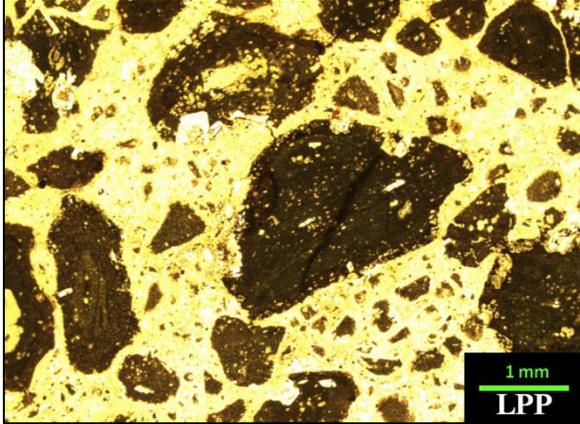
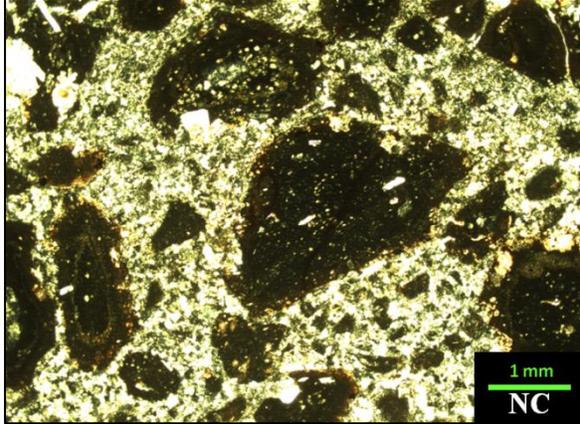
Muestra GSC-028t			
			
Ubicación	7.665.630 m N / 420.984 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Toba de lapilli soldada (TLsol)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental, soldada.		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	8	Fragmentos subangulosos a angulosos, parcialmente alterados a arcillas y sericita.	0,06-2
Cuarzo	4	Fragmentos angulosos a subangulosos, localmente exhiben embahiamientos de matriz.	0,05-2
Minerales opacos	3	Fragmentos angulosos diseminados en la matriz.	0,05-0,5
	15		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos	5	Fragmentos subredondeados con masa fundamental pilotaxítica.	0,5-5
	5		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Fiammes	25	Fragmentos soldados de hasta 7 mm de longitud, reemplazados por arcillas, calcita y sericita.	
Matriz	55	Material vítreo fino, es posible distinguir esquirlas de hasta 0,1 mm.	
	80		
Observaciones			

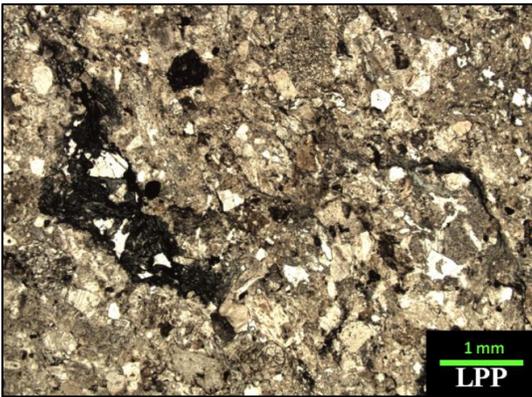
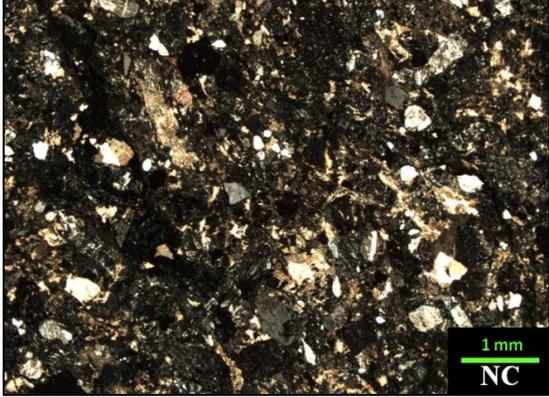
Muestra GSC-031t			
			
Ubicación	7.665.696 m N / 420.655 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Toba de lapilli con lapilli acrecionario (TLac)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	3	Fragmentos subangulares, frescos.	0,05-0,2
Plagioclasa	2	Fragmentos subangulares, reemplazados por sericita.	0,05-0,2
	5		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Lapilli acrecionario	50	Partículas esféricas a subsféricas reemplazadas por calcita, cuarzo, arcillas y limonitas. Contienen algunos cristales de plagioclasa subhedrales reemplazados por sericita.	2,3-6
	50		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Esquirlas	20	Fragmentos tamaño ceniza, presentes de manera abundante en la matriz, sin soldamiento y reemplazadas por sílice. La matriz restante corresponde a un agregado vítreo tamaño ceniza.	
	20		
Observaciones	Dada la fuerte alteración de la roca, los límites entre cada partícula de lapilli acrecionario son difusos.		

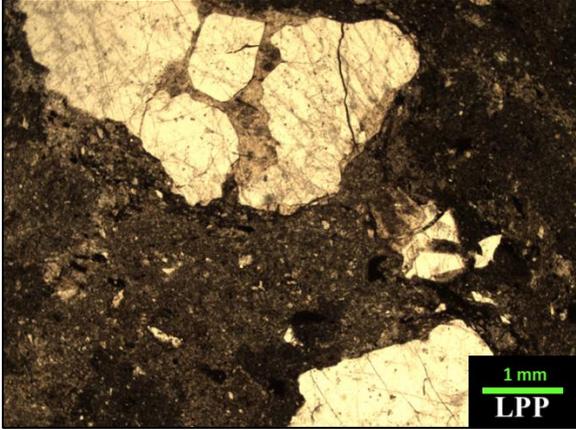
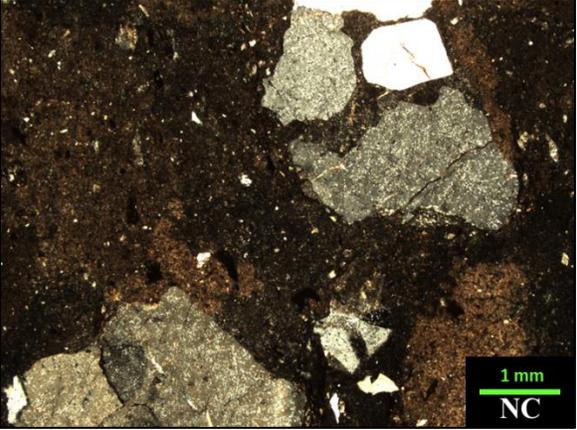
Muestra GSC-033t				
				
Ubicación	7.665.819 m N / 419.120 m E			
Localidad	Cordón de la Sal			
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas			
Litofacies	Toba de lapilli masiva (TLm)			
Clasificación	Textural	Toba de lapilli		
	Composicional	Toba vítrea		
Fábrica	Matriz soportada a clasto soportada			
Texturas	Fragmental			
Composición roca original				
a) Líticos				
	Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
	Volcánicos ácidos	25	Fragmentos subredondeados a subangulosos con textura porfídica en una masa fundamental micropoiquilitica. Los fenocristales corresponden a plagioclasa subhedral y relictos de ferromagnesianos, posiblemente anfíbola, reemplazados por limonitas y minerales opacos. La masa fundamental presenta una alteración moderada a limonitas y localmente, vesículas subcirculares rellenas por sílice. El tamaño de grano de la masa fundamental varía entre un fragmento y otro.	2,5-6
	Volcánicos indiferenciados	10	Fragmentos subangulosos, poligonales, levemente porfídicos con masa fundamental vesicular, reemplazada por calcita y limonitas.	1,25-2,5
	Fragmentos recristalizados	5	Fragmentos subredondeados recristalizados a sílice y con reemplazo de turmalina en cúmulos.	1,3-5
		45		
b) Vidrio				
	Tipo	%	Descripción	
	Esquirlas	5	Fragmentos de vidrio escasos y con aparente desvitrificación, con formas semicirculares, presentes en la matriz y tamaños entre 0,01 y 0,05 mm.	
	Matriz	50	Matriz vítrea tamaño ceniza, desvitrificada a un agregado micropoiquilitico.	
		55		
Observaciones	La matriz tiene una composición muy similar a la de los fragmentos. Por lo anterior, los límites entre fragmentos de roca y matriz son difusos y es posible apreciarlos por alteración de los líticos en sus bordes a minerales opacos. La roca es cortada por vetillas sinuosas, irregulares y discontinuas de sericita, clorita y limonitas, con espesor máximo de 0,1 mm que le otorgan un aspecto brechoso a la matriz.			

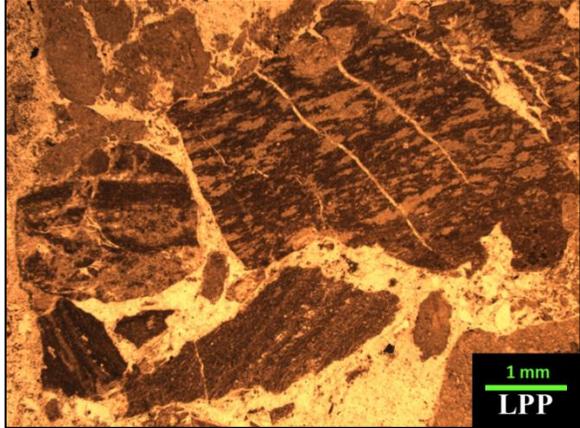
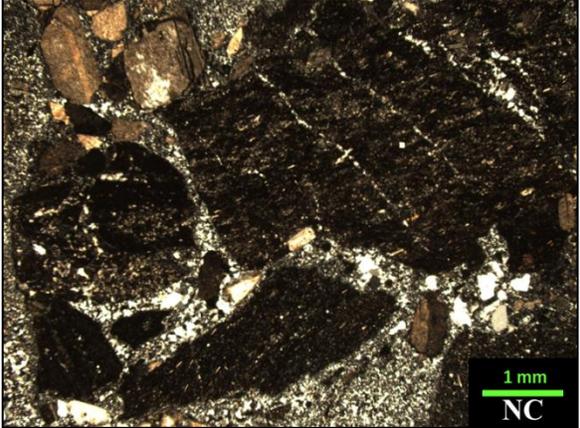
Muestra GSC-039t			
			
Ubicación	7.667.846 m N / 426.242 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Formación Longacho		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba lítica	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	4	Fragmentos subangulosos, frescos, con texturas de reabsorción local (embahiamientos de matriz).	0,02-0,9
Plagioclasa	3	Fragmentos subangulosos alterados moderadamente a calcita y, en menor medida, epidota.	0,05-1
Minerales opacos	<1	Fragmentos subangulosos diseminados en la masa fundamental.	0,1-0,2
	7		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Intrusivo	15	Fragmento anguloso con textura porfídica con masa fundamental hipidiomórfica granular de grano fino. Compuesta por cuarzo anhedral recristalizado en bordes y feldespato potásico anhedral reemplazado por arcillas.	14
Carbonatizados	5	Fragmento subanguloso con aparente textura porfídica y vesículas rellenas por calcita y limonitas. Posiblemente corresponde a fragmento volcánico con fenocristales de plagioclasa y masa fundamental vesicular carbonatizada.	0,5-6
Volcánicos porfídicos	18	Fragmentos subangulosos a angulosos porfídicos con fenocristales de plagioclasa en una masa fundamental pilotaxítica vesicular, localmente laminada y con desvitrificación. Contienen algunos relictos de minerales ferromagnesianos reemplazados por clorita y limonitas. Son cortadas localmente por vetillas de calcita con halos de limonita.	0,8-10
Volcánicos ácidos	7	Fragmentos subangulosos porfídicos con fenocristales de plagioclasa reemplazados por calcita y sericita, con masa fundamental micropoiuquilitica. Presentan vesículas rellenas por cuarzo secundario y parches de carbonatos y limonitas en la masa fundamental y apatito como mineral accesorio.	0,6-10
Volcánicos desvitrificados	3	Fragmentos angulosos totalmente desvitrificados, con esferulitas radiales	0,6-6
Volcánico intermedio	5	Fragmento subanguloso con textura levemente porfídica y masa fundamental intergranular a intersertal, con microlitos de plagioclasa y relictos de minerales ferromagnesianos, posiblemente piroxenos, reemplazados por calcita y limonitas	6,25
	53		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Esquirlas	15	Fragmentos angulosos, con formas cuspidas y elongadas, presentes en matriz vítrea fina, con tamaño promedio de 0,15 mm.	
Fiammes	5	Fragmentos angulosos y localmente vesiculares, con relleno de carbonatos y forma de "llamas" fuertemente reemplazados por limonitas y clorita. Posiblemente fiammes con tamaños de 0,5-3,4 mm.	
Matriz	20	Matriz vítrea con tamaño de grano ceniza fina, desvitrificada. Posiblemente recristalizada a sílice.	
	40		

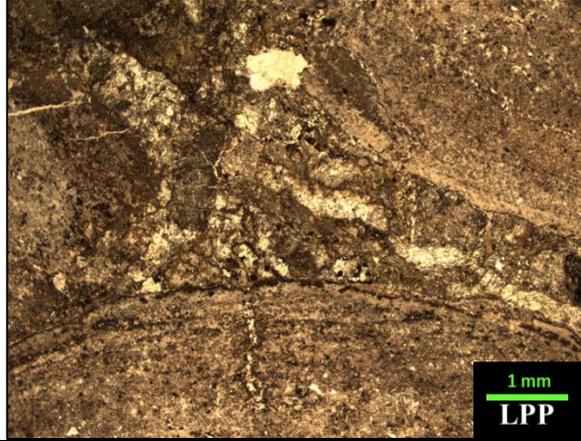
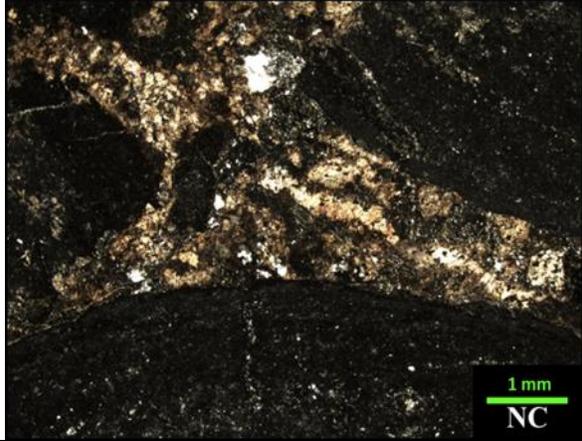
Muestra GSC-040t			
			
Ubicación	7.667.891 m N / 426.256 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	14	Fragmentos angulosos a subredondeados fuertemente reemplazados por calcita, arcillas, sericita y limonitas. De manera local, existe pseudomorfismo por calcita.	0,2-2,4
Feldespato K	8	Fragmentos subangulosos a subredondeados con alteración moderada a arcillas, sericita y calcita.	0,2-1
Cuarzo	5	Fragmentos subangulosos, frescos. Localmente recrystalizados.	0,05-1,4
Minerales opacos	3	Fragmentos subredondeados diseminados en la matriz, asociados a limonitas.	0,05-0,2
	30		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos vesiculares	5	Fragmentos muy angulosos, localmente subredondeados a subangulosos, con textura porfídica seriada en una masa fundamental hialopílica. Contienen un alto porcentaje de vesículas subredondeadas a subangulosas de hasta 0,8 mm, rellenas por sílice. La masa fundamental se encuentra reemplazada por illita y limonitas. Localmente presentan recrystalización en los bordes.	0,9-3,5
	5		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Esquirlas	30	Fragmentos de vidrio sin soldamiento, con desvitrificación axiolítica y reemplazados localmente a limonitas y arcillas. Localmente, las esquirlas están reemplazadas por calcita. Presentan tamaños que llegan hasta los 0,5 mm.	
Vidrio fino	35	Matriz vítrea tamaño ceniza fina, fuertemente alterada a arcillas.	
	65		
Observaciones			

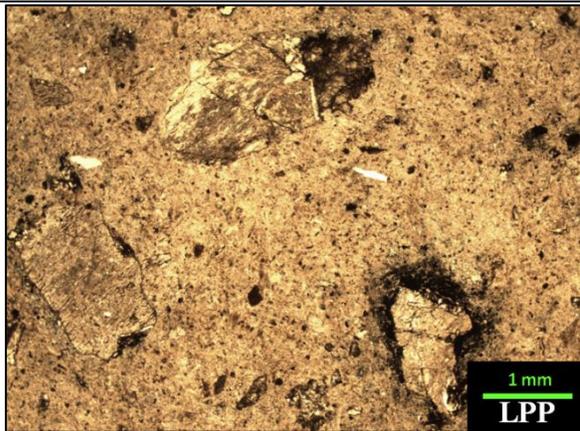
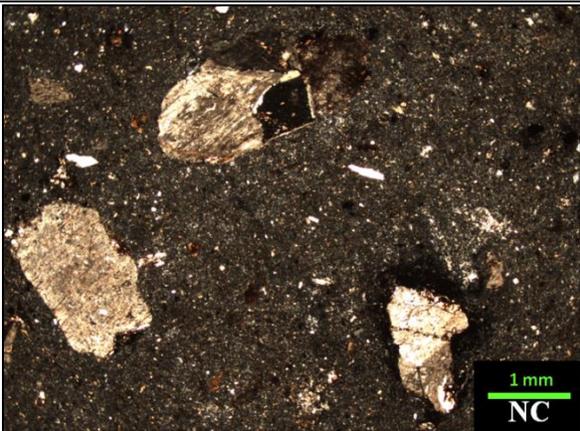
Muestra GSC-041t			
			
Ubicación	7.668.086 m N / 426.279 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	6	Fragmentos subangulosos a subredondeados diseminados en la matriz, con reemplazo de calcita y epidota.	0,1-0,8
Cuarzo	3	Fragmentos subangulosos, frescos, diseminados en la matriz.	0,05-0,3
Feldespato K	2	Fragmentos subangulosos fuertemente alterados a calcita, arcillas y limonitas.	0,1-0,8
Minerales opacos	2	Fragmentos subredondeados diseminados en la matriz.	0,05-0,4
	13		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos vesiculares	35	Fragmentos muy angulosos a subangulosos, con predominio de los primeros. Presentan textura porfídica, puntualmente glomeroporfídica, con masa fundamental hialopilitica y localmente afanítica, alterada a clorita y limonitas, con abundantes vesículas subcirculares rellenas por calcita, limonitas y en menor medida, clorita. Los fenocristales corresponden a plagioclasa subhedral de hasta 1 mm alterada levemente a sericita. Muestran bordes de hasta 0,1 mm con mayor alteración a calcita y limonitas.	0,2-8
	35		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Esquirlas	15	Fragmentos de vidrio diseminados en la matriz, con tamaño de hasta 0,3 mm.	
Pómez	5	Fragmentos angulosos, fibrosos, pardos, con vesículas subcirculares rellenas por calcita. Presentan tamaños que van desde los 0,02 a los 0,7 mm.	
Matriz recristalizada	32	Matriz vítrea recristalizada a un agregado granoblástico de sílice.	
	52		
Observaciones	De manera local, algunos fragmentos volcánicos se encuentran cementados por calcita esparfítica.		

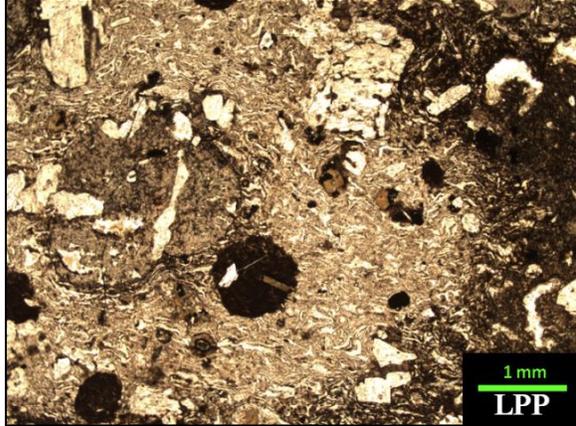
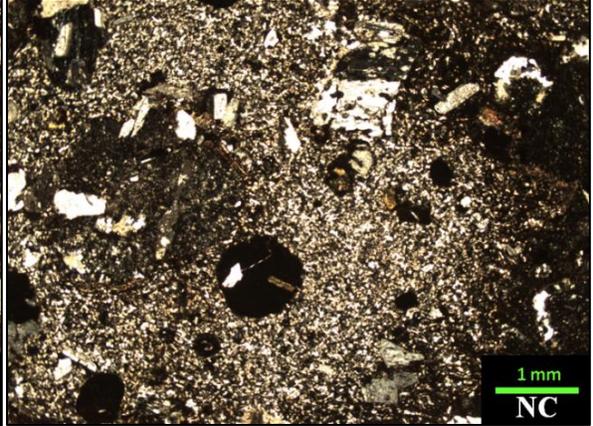
Muestra GSC-042t			
			
Ubicación	7.669.145 m N / 427.831 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	5	Fragmentos subangulosos moderadamente alterados a sericita.	0,1-1,4
Cuarzo	10	Fragmentos angulosos a subredondeados, frescos, localmente recristalizados.	0,1-1
Feldespato K	5	Fragmentos subangulosos alterados leve a moderadamente a arcillas.	0,1-1,3
Minerales opacos	2	Fragmentos subredondeados a subangulosos diseminados en la matriz	0,08-0,6
	22		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos vesiculares	5	Fragmentos subangulosos a subredondeados, con contenido variable de vesículas subcirculares, rellenas localmente por sílice. Presentan textura porfídica en una masa fundamental hialopíltica, alterada a limonitas. Los fenocristales no se preservan en todos los fragmentos. Algunos se encuentran totalmente reemplazados por calcita.	0,1-2,3
Indeterminados	5	Fragmentos subangulosos a subredondeados con masa fundamental o matriz recristalizada a sílice de grano fino. Posibles fragmentos volcánicos félsicos o tobas vítreas.	0,7-3,8
Volcánicos	3	Fragmentos subangulosos a subredondeados de composición andesítica con masa fundamental hialopíltica cuyo vidrio se encuentra alterado a limonitas.	0,2-0,6
Fragmentos recristalizados	3	Líticos subangulosos a subredondeados recristalizados a calcita poligonal. Probable origen calcáreo. Los bordes, que son, en general, irregulares presentan una recristalización a un agregado de calcita poligonal de grano más fino.	0,4-3,3
Sedimentarios	3	Corresponden a granos compuestos por cuarzo y feldespatos, principalmente plagioclasa y textura clásica tamaño arena media a gruesa. Los granos de plagioclasa son subangulosos a subredondeados y se encuentran alterados moderadamente a sericita, en tanto, el cuarzo es anguloso y fresco. Entre los granos monominerales es posible observar material calcáreo, posiblemente cemento.	0,4-1,4
	16		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Fiammes	15	Fragmentos angulosos, fibrosos, de color negro, con abundantes vesículas rellenas por calcita, con tamaños entre 0,1 y 8,5 mm.	
Matriz	44	Vidrio tamaño ceniza fina recristalizado y reemplazado por calcita y sericita. Localmente es posible observar algunas esquirlas y fracturamiento perlítico.	
	62		
Observaciones			

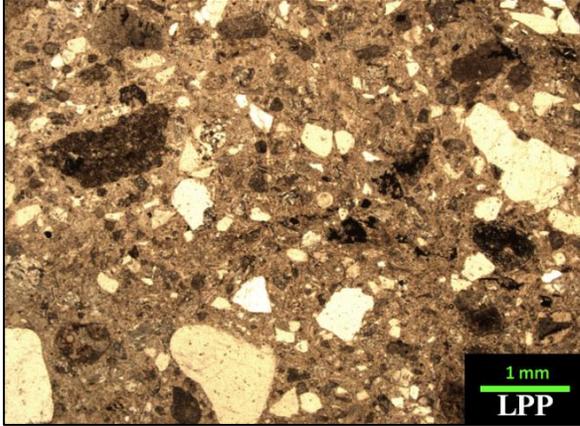
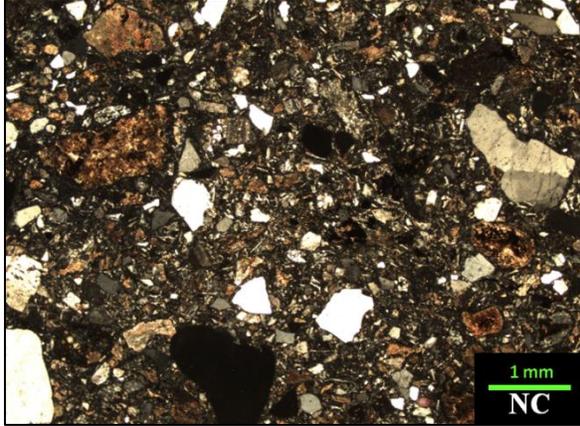
Muestra GSS-168t			
			
1 mm LPP		1 mm NC	
Ubicación	7.669.724 m N / 428.801 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba (Caliza?)	
	Composicional	Toba vítrea (Caliza?)	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	11	Fragmentos subangulosos, localmente presentan embahiamiento de matriz	0,05-0,4
Plagioclasa	5	Fragmentos subangulosos moderadamente alterados a sericita.	0,05-0,7
Feldespato K	5	Fragmentos subangulosos moderadamente alterados a arcillas.	0,05-0,6
Minerales opacos	3	Fragmentos subangulares diseminados en la matriz.	0,05
Circón	<1	Fragmentos prismáticos.	0,05-0,1
Apatito	<1	Fragmentos prismáticos hexagonales.	0,05-0,1
	25		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Indeterminados	5	Fragmentos subangulares con laminación poco clara, reemplazados por micrita. Posiblemente corresponden a fragmentos volcánicos (presentan, localmente, cristales de plagioclasa subhedrales).	0,25-1,1
Intrusivos	10	Fragmentos más frescos, presentan intercrecimiento entre cuarzo y feldespatos, de grano medio a grueso.	0,9-5
	15		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Vidrio reemplazado.	75	Matriz micritizada, tamaño de grano fino. Localmente presenta partículas que pueden corresponder a esquirlas.	
	75		
Observaciones	Es cortada por vetillas milimétricas de sericita. La matriz se encuentra totalmente reemplazada por micrita, lo que trae como consecuencia la reacción de la muestra de mano con HCl. La presencia de posibles esquirlas en la matriz sugiere que la litología original corresponde a una toba.		

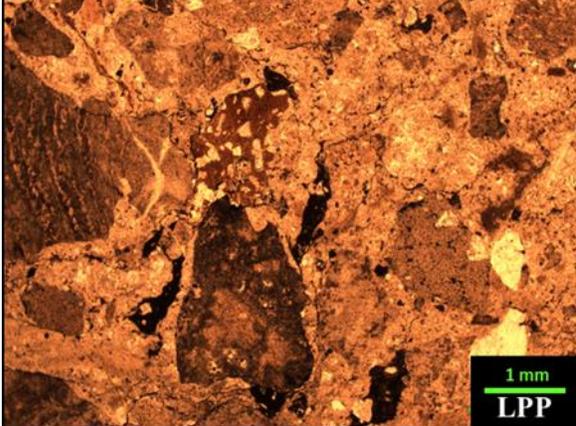
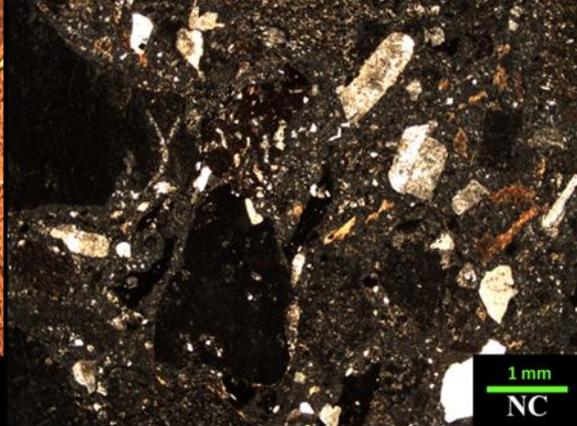
Muestra GSS-174t			
			
Ubicación	7.669.738 m N / 428.653 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba lítica	
Fábrica	Clastosoportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	15	Fragmentos subangulares con embahiamientos de matriz.	0,1-2
Plagioclasa	10	Fragmentos subangulares con alteración moderada a arcillas.	0,1-2
	25		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos	33	Fragmentos subangulosos laminados y masivos con textura hialopilitica, con masa fundamental alterada a arcillas.	0,5-7,5
Toba	15	Fragmentos angulosos con textura fragmental, fuerte alteración a arcillas.	0,5-5
Indeterminados	2	Fragmentos subangulosos reemplazados por arcillas con alto contenido en vesículas, generalmente rellenas por sílice.	4
	50		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Matriz vítrea	25	Matriz vítrea totalmente recrystalizada a un agregado de sílice y reemplazada localmente por calcita.	
	25		
Observaciones	La roca es cortada por numerosas vetillas milimétricas de sílice, incluyendo algunos fragmentos.		

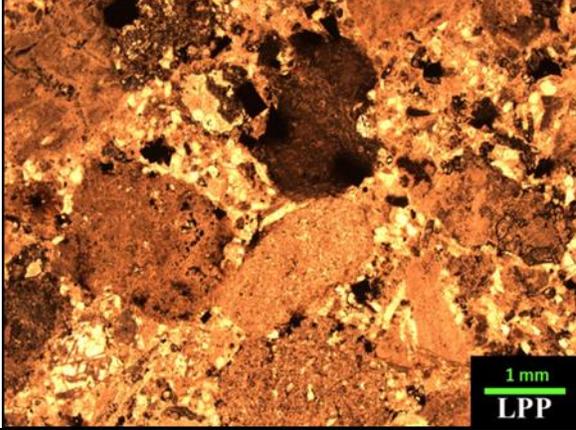
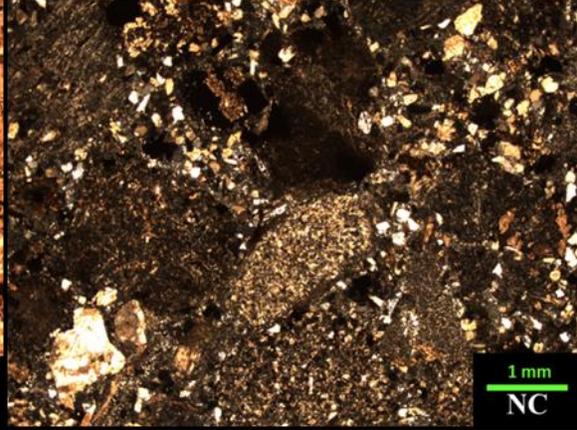
Muestra GSS-191t			
			
Ubicación	7.667.851 m N / 426.297 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba lítica	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	5	Fragmentos angulares y frescos	0,1-0,2
	5		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Lapilli acrecionario	55	Fragmentos subcirculares, concéntricos, con núcleo de ceniza fina y laminación en los bordes. Contienen abundantes esquirlas y localmente parches de calcita. En general, las partículas desde centro a borde varían de ceniza gruesa a fina.	2-20
Toba vítrea	10	Fragmentos subangulares con fuerte alteración a clorita, arcillas, calcita y minerales opacos. Localmente es posible distinguir esquirlas de 0,05-0,2 mm, moderadamente soldadas.	0,4-2,7
Indeterminados	10	Fragmentos subangulares reemplazados por cuarzo poligonal.	0,25-1,4
	75		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Vidrio fino	20	Matriz compuesta por ceniza fina con fuerte alteración a clorita y calcita.	
	20		
Observaciones	La roca es cortada por vetillas milimétricas de calcita y, en menor medida, vetillas de sílice.		

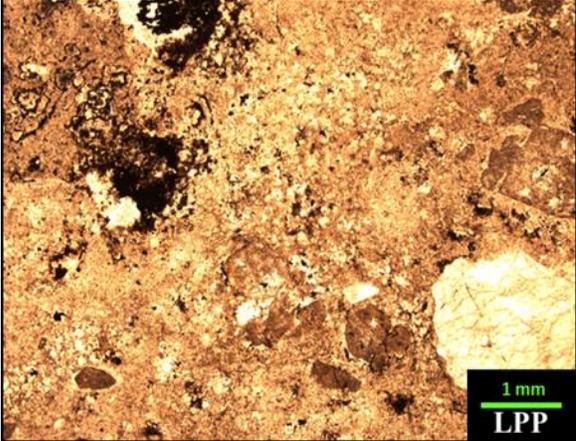
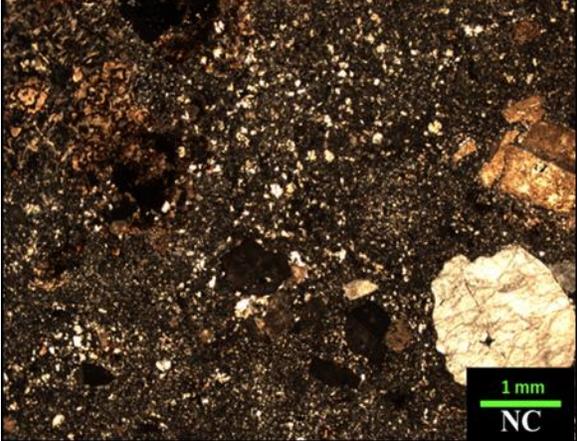
Muestra GSS-219t			
			
Ubicación	7.669.720 m N / 428.800 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	2	Fragmentos angulosos, frescos.	0,04-1,5
Feldespato K	2	Fragmentos subangulosos con textura perfitica, alterados moderadamente a arcillas, sericita y limonitas.	0,05-2,5
Plagioclasa	1	Fragmentos subangulosos sericitizados y reemplazados por limonitas.	0,1-0,6
Circón	<1	Fragmentos subredondeados diseminados en la matriz.	0,05-0,07
Apatito	<1	Fragmentos subangulosos diseminados en la matriz	0,02-0,05
	6		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Intrusivos	10	Fragmentos subangulosos a angulosos compuestos por cuarzo anhedral y feldespato potásico subhedral a anhedral y, localmente, plagioclasa subhedral.	1,2-5
Indeterminados	2	Fragmentos subangulosos totalmente reemplazados por arcillas y carbonatos.	0,5-1
	12		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Esquirlas	5	Escasos fragmentos cuspidos criptocristalinos presentes en la matriz, con tamaño máximo de 0,06-0,1 mm.	
Matriz	77	Agregado criptocristalino reemplazado moderadamente por carbonatos, limonitas y minerales opacos.	
	82		
Observaciones			

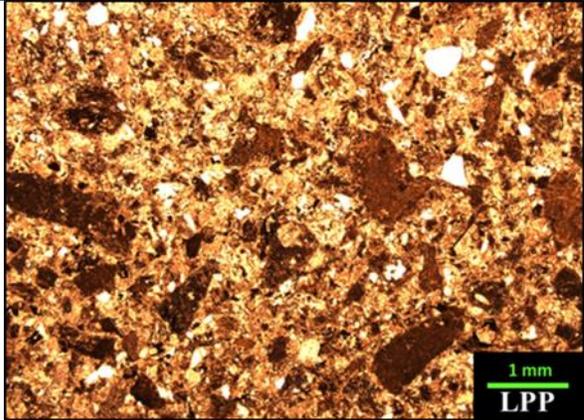
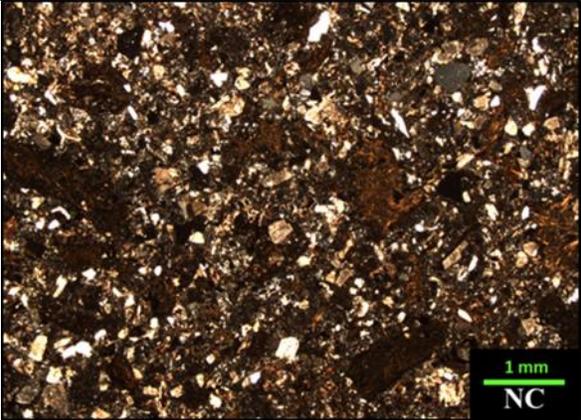
Muestra GSS-221t			
			
Ubicación	7.667.937 m N / 426.016 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	6	Fragmentos subangulosos de cristales euhedrales con leve alteración a sericita y, localmente, limonitas.	0,1-1,3
Cuarzo	3	Fragmentos subangulosos, frescos.	0,1-0,4
Piroxeno	1	Relictos de fragmentos subangulosos a subredondeados de mineral ferromagnesiano, posiblemente piroxeno, con formas euhedrales a subhedrales, tanto longitudinales como basales. Fuerte reemplazo por limonitas y clorita.	0,2-0,6
	10		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Pellets de ceniza?	5	Fragmentos esféricos pardos reemplazados por limonita y smectitas. Localmente presentan fragmentos de plagioclasa y vesículas subcirculares rellenas por cuarzo secundario, limonitas y clorita.	0,3-1,1
Volcánicos vesiculares	30	Fragmentos con vesículas anulares o concéntricas, rellenas por calcita, cuarzo y limonitas.	1,5-10
Volcánicos perlíticos	5	Fragmentos angulosos vesiculares limonitizados desvitrificados con textura perlítica y esferulítica. Las vesículas se encuentran rellenas por calcita, cuarzo y limonitas.	1,3-7,5
	40		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Esquirlas	25	Abundantes partículas vítreas soldadas reemplazadas por cuarzo secundario y tamaño promedio de 0,2 mm.	
Matriz	25	Desvitrificación perlítica en sectores sin presencia de esquirlas. Alteración moderada a limonitas y clorita.	
	50		
Observaciones	Fragmentos identificados preliminarmente como pellets de ceniza, presentan en algunos sectores continuidad óptica con la matriz, no así los fragmentos de cristales y líticos restantes. El porcentaje de matriz y fragmentos puede variar debido a la poca claridad entre límites de granos.		

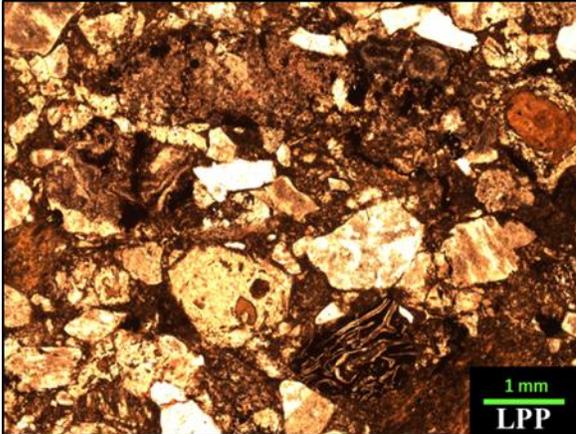
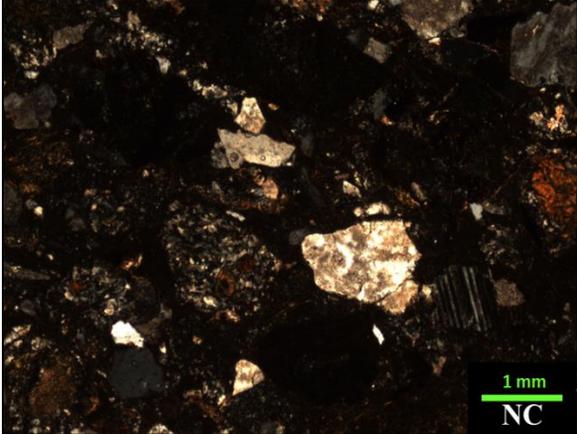
Muestra GSS-222t			
			
Ubicación	7.667.662 m N / 425.751 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba de cristales	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	16	Fragmentos subangulosos a subredondeados frescos, localmente presentan embahiamientos de matriz.	0,05-2
Plagioclasa	8	Fragmentos subangulosos alterados moderadamente a arcillas y calcita.	0,05-1,5
Feldespatos K	5	Fragmentos subangulosos alterados moderadamente a arcillas.	0,05-3
	29		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Indeterminados	13	Fragmentos subangulosos a subredondeados reemplazados completamente por carbonatos.	0,15-1,8
Volcánicos intermedios	7	Fragmentos subangulosos parcialmente reemplazados por calcita, epidota y arcillas, con textura porfídica en una masa fundamental afanítica a hialopilitica.	0,1-5
Volcánicos ácidos	5	Fragmentos subangulosos con masa fundamental micropoiquilitica.	0,5-1,4
	25		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Esquirlas	15	Partículas finas, de hasta 1 mm, sin soldamiento, en general, reemplazadas por carbonatos o con desvitrificación axiolítica. El resto de la matriz corresponde a un agregado vítreo tamaño ceniza.	
Fiammes	10	Fragmentos angulosos vesiculares, color pardo oscuro a rojizo, reemplazados moderadamente por limonitas, con hasta 6 mm de diámetro.	
	25		
Observaciones			

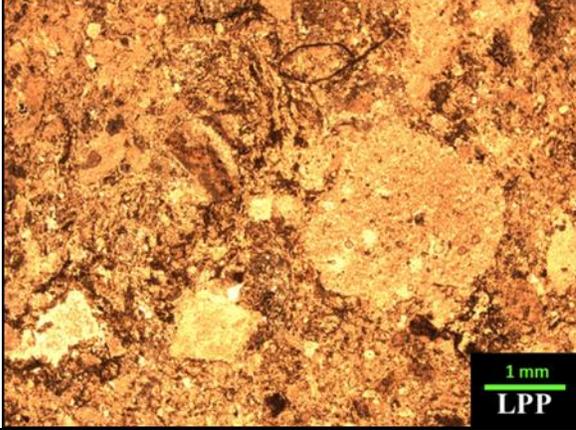
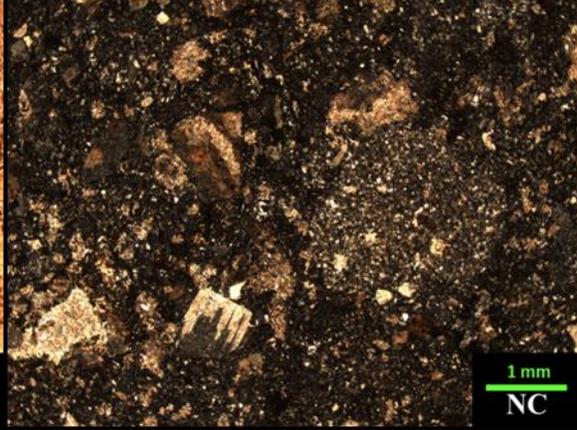
Muestra GSV-128t			
			
Ubicación	7.668.874 m N / 427.951 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacias	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba vítrea a lítica	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	5	Fragmentos subangulosos a angulosos y frescos	0,5-5
Plagioclasa	5	Fragmentos subangulosos, moderadamente alterados a sericita y arcillas.	0,5-5
Minerales opacos	3	Subangulosos diseminados en la matriz y reemplazando líticos.	0,01-0,3
	13		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos	15	Fragmentos subangulares a angulares con textura porfídica con fenocristales de plagioclasas y masa fundamental vítrea negra con vesículas.	0,8-6
Volcánicos	8	Fragmentos subangulares a angulares porfídicos con fenocristales de plagioclasa en masa fundamental rojiza.	1,4-2,5
Tobas vítreas	8	Fragmentos subangulares a angulares de tobas vítreas laminadas	0,05-7
Tobas soldadas	7	Fragmentos subangulares con soldamiento,	0,2
Indeterminados	7	Fragmentos subangulares, posiblemente calcáreos con alteración verdosa y parda	
Volcánicos	15	Fragmentos subangulares a angulares con textura porfídica con fenocristales de plagioclasas y masa fundamental vítrea negra con vesículas.	0,8-6
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Vidrio fino	52	Partículas vítreas tamaño ceniza fina que componen la matriz.	
	52		
Observaciones			

Muestra GSV-138t			
			
Ubicación	7.665.864 m N / 418.121 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Toba de lapilli masiva (TLM)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba lítica	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	10	Fragmentos subangulosos y frescos.	0,1-1,4
Plagioclasa	5	Fragmentos subangulosos, parcialmente reemplazados por arcillas y carbonatos.	0,2-1,2
Feldespatos K	1	Fragmentos subangulosos parcialmente reemplazada por arcillas y carbonatos.	0,2-1,2
Opacos	4	Subangulosos, asociados localmente a hematita y limonitas, diseminados en la matriz y reemplazando líticos.	0,05-1,4
	20		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Tobas	5	Tobas con tamaño de grano ceniza y, en menor medida, tobas soldadas.	1-2
Volcánicos	35	Fragmentos con textura pilotaxítica y localmente porfídica.	1-10
Indeterminados	5	Fragmentos de roca reemplazados de manera masiva por calcita (calizas o volcánicas).	1-2
	45		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Vidrio fino	30	Agregado de vidrio fino tamaño ceniza, parcialmente recristalizado.	
Pómez	5	Fragmentos limonitizados con presencia de vesículas y localmente aplastados.	
	35		
Observaciones			

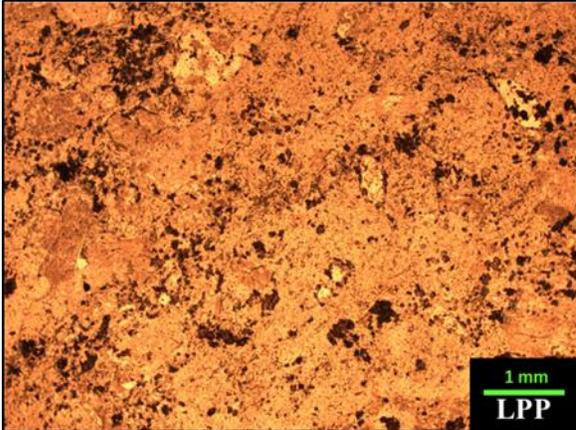
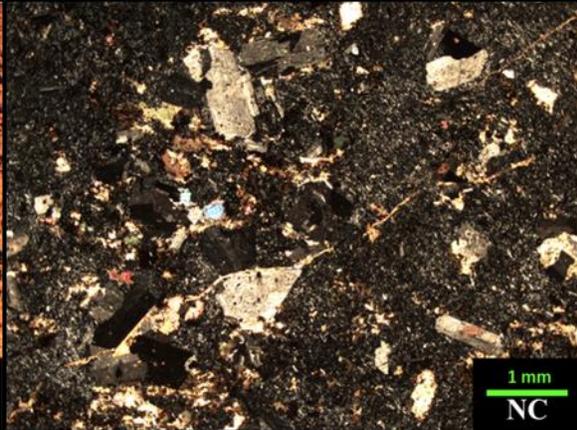
Muestra GSV-144t			
			
Ubicación	7.666.044 m N / 423.049 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba de ceniza	
	Composicional	Toba vítrea	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	15	Fragmentos angulares, moderadamente alterados a arcillas y sericita.	0,1-2,2
Cuarzo	13	Fragmentos subangulares a subredondeados y frescos.	0,05-1,8
Feldespato K	2	Fragmentos angulares, moderadamente alterados a arcillas y sericita.	0,5
Minerales opacos	2	Fragmentos subredondeados, diseminados en la matriz y localmente reemplazando líticos.	0,05-0,1
	32		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos	10	Porfídicos, con masa fundamental desvitrificada. Moderadamente argilizados, formas angulares a muy angulares.	0,5-2,5
	10		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Recristalizado	58	Vidrio en matriz recristalizado a un agregado silíceo de grano fino.	
	58		
Observaciones	Algunos fragmentos de cristales y de roca presentan bordes recristalizados.		

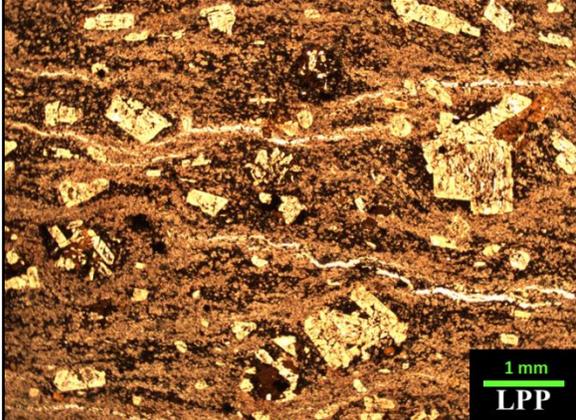
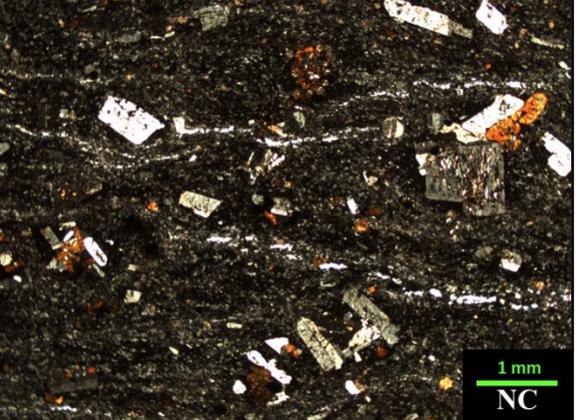
Muestra GSV-153t			
			
Ubicación	7.665.966 m N / 422.754 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba	
	Composicional	Toba de cristales	
Fábrica	Clastosoportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	23	Fragmentos subredondeados a subangulosos, frescos	0,05-0,5
Plagioclasa	20	Fragmentos subangulosos con alteración moderada a fuerte a arcillas.	0,05-1
Minerales opacos	3	Subredondeados a subangulares, diseminados en la roca y reemplazando líticos.	0,05-0,1
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánico	13	Formas irregulares, elongados, fuerte alteración a limonitas y arcillas	0,1-2,4
Volcánico	5	Fragmentos andesíticos porfídicos con masa fundamental afanítica, levemente hialopilitica, de color negro. Presentan formas subredondeadas.	0,1-0,5
Indeterminado	2	Fragmentos subredondeados reemplazados por calcita	0,05-0,1
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Agregado vítreo	34	Agregado fino, tamaño ceniza, que compone la matriz de la roca	
Observaciones			

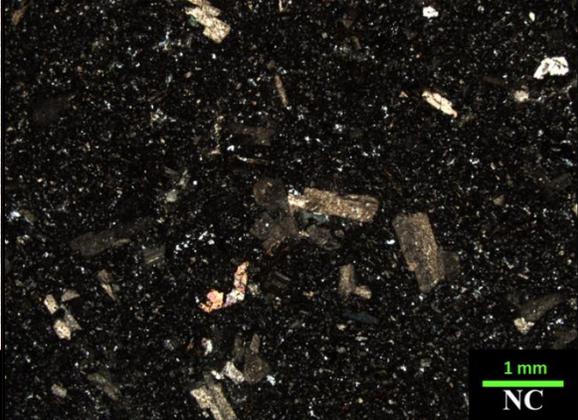
Muestra GSV-154t			
			
Ubicación	7.665.912 m N / 422.756 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Textural	Toba de ceniza	
	Composicional	Toba lítica (o cristalolítica)	
Fábrica	Clastosoportada a matrizsoportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Cuarzo	10	Fragmentos subangulosos y frescos.	0,05-1
Feldespatos K	5	Fragmentos subangulosos, parcialmente alterados a arcillas.	0,05-1
Plagioclasa	15	Fragmentos subangulosos, parcialmente alterada a sericita o carbonatos y clorita.	0,2-2,5
Minerales opacos	3	Subangulosos, alterando líticos y asociados a hematita y limonitas.	0,05-1
	33		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos	20	Fragmentos subangulosos con textura porfídica con masa fundamental hialopilítica, con forma subangular a angular.	1,5-2,5
Tobas	10	Tobas de ceniza y tobas con moderado soldamiento en las que es posible distinguir esquirlas desvitrificadas con textura axiolítica. Formas angulosas a subangulosas.	0,4-3
Indeterminados	15	Fragmentos subangulosos reemplazados por sílice.	1-2,5
	45		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Vidrio fino	25	Agregado fino presente en la matriz, con alteración moderada a arcillas (smectitas).	
	25		
Observaciones			

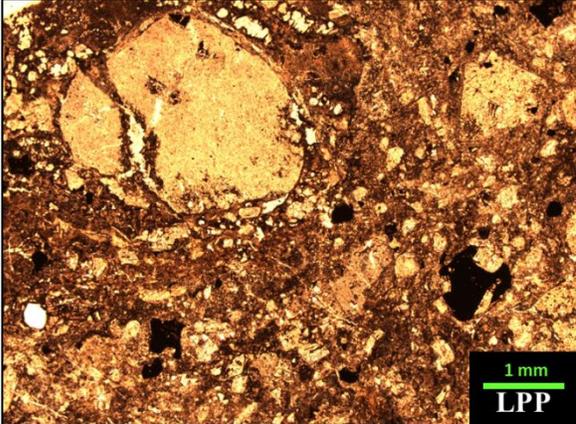
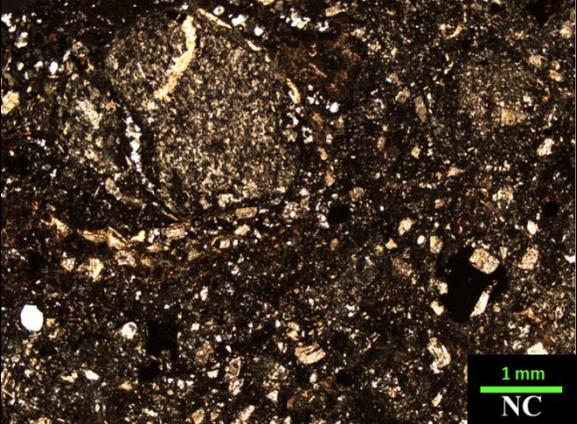
Muestra GSV-162t			
			
Ubicación	7.665.771 m N / 421.698 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Toba de lapilli masiva (TLM)		
Clasificación	Textural	Toba de lapilli	
	Composicional	Toba lítica	
Fábrica	Matriz soportada		
Texturas	Fragmental		
Composición roca original			
a) Cristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	8	Fragmentos subangulosos parcialmente a fuertemente reemplazadas por carbonatos y localmente por sericita.	0,3-3,5
Cuarzo	5	Fragmentos subangulosos frescos.	0,2-1,5
	13		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Volcánicos	60	Fragmentos subangulosos con textura porfídica con fenocristales de plagioclasa, feldespato potásico y menor cuarzo, en masa fundamental micropoiquilítica.	1-14
Indeterminados	10	Formas subangulares totalmente reemplazadas por carbonatos.	0,5-1
	70		
c) Vidrio			
Tipo	%	Descripción	
Vidrio	17	Agregado fino, microcristalino.	
	17		
Observaciones	La roca contiene abundantes carbonatos reemplazando fragmentos de cristales de plagioclasa y fragmentos líticos indeterminados. Es posible encontrar hematita diseminada preferencialmente en la masa fundamental de los fragmentos líticos volcánicos. Adicionalmente, se observa clorita y smectitas en la matriz, además de sericita reemplazando de manera parcial fragmentos de plagioclasa.		

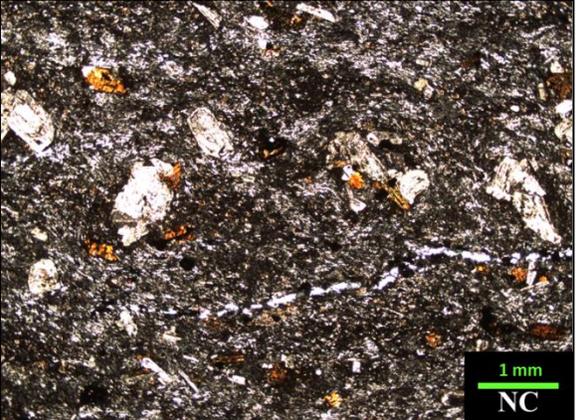
2. ROCAS VOLCÁNICAS

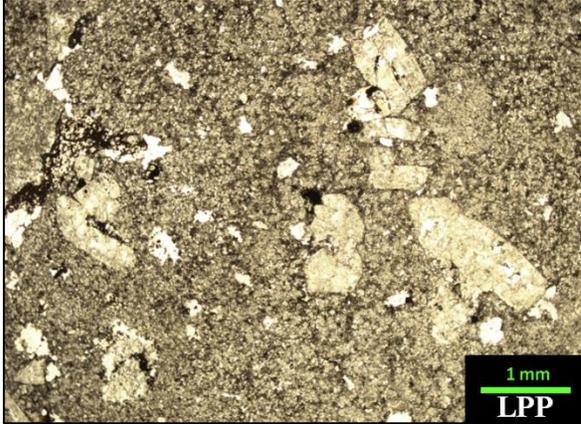
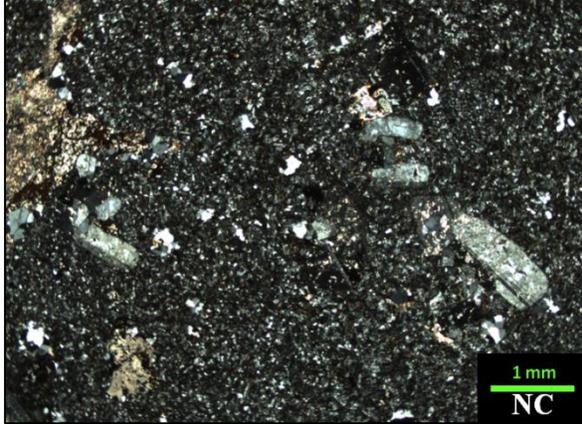
Muestra GSC-003t			
			
		LPP	
		NC	
Ubicación	7.666.130 N / 421.745 E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Toba de lapilli masiva (TLm)		
Clasificación	Andesita porfídica		
Textura	Porfídica seriada a glomeroporfídica, con masa fundamental pilotaxítica.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	15	Fenocristales y microfenocristales subhedrales a euhedrales alterados moderadamente a arcillas, sericita y calcita.	0,2-1,7
	15		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	83	Microlitos de plagioclasa orientados en la masa fundamental	0,02-0,2
Apatito	<1	Cristales euhedrales diseminados en la masa fundamental como mineral accesorio y como inclusiones dentro de fenocristales de plagioclasa.	0,02-0,3
Esfeno	<1	Cristales euhedrales a subhedrales diseminados en la masa fundamental y asociados a carbonatos, posiblemente provenientes de la alteración de fenocristales de minerales ferromagnesianos.	0,03-0,1
Circón	<1	Cristales euhedrales diseminados en la masa fundamental como mineral accesorio.	0,05-0,1
	85		
Observaciones	Posible fragmento volcánico andesítico dentro de toba de lapilli masiva, puesto que la muestra de mano presenta aspecto tobáceo y abundantes fragmentos tamaño lapilli. La roca es cortada por abundantes vetillas milimétricas de carbonatos (calcita y siderita), que tienen halos de minerales opacos. En menor medida, hay vetillas milimétricas de sílice, también asociadas a minerales opacos. Se observan posibles relictos de minerales máficos totalmente reemplazados por calcita (pseudomorfismo).		

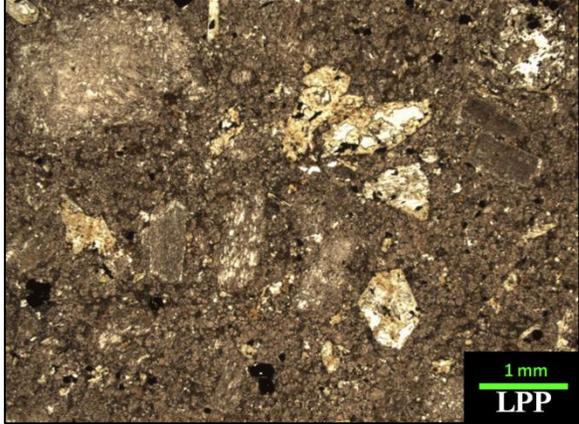
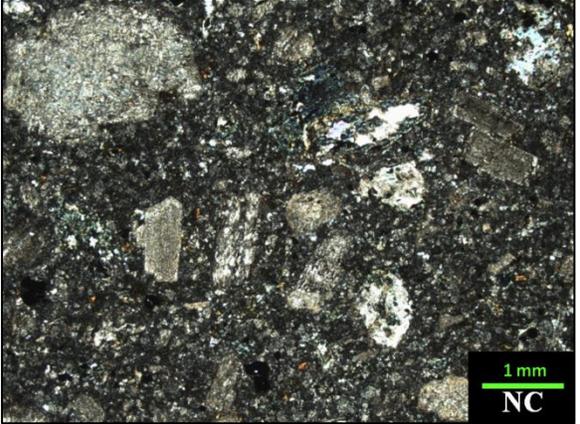
Muestra GSC-019t			
			
Ubicación	7.665.487 m N / 422.097 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Andesitas y dacitas masivas (ADm)		
Clasificación	Andesita de clinopiroxeno		
Textura	Porfídica seriada a levemente traquítica y glomeroporfídica en una masa fundamental hialopilitica a pilotaxítica, localmente intersertal e intergranular. Puntualmente se observa textura ofítica y subofítica y poiquílfica, entre fenocristales de plagioclasa y piroxenos.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	17	Cristales subhedrales a euhedrales, localmente alterados a sericita de manera leve y limonitas.	0,2-1,8
Clinopiroxeno	7	Cristales subhedrales fuertemente reemplazados por limonitas, arcillas y localmente clorita, que le otorgan una coloración pardo anaranjada.	0,3-0,8
Anfíbola	4	Cristales subhedrales con formas pseudo hexagonales, secciones basales permiten distinguirlos de piroxeno. En general, moderadamente alterados a limonitas y clorita.	0,4
	28		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	37	Microlitos orientados, en general, frescos. Bordean a los fenocristales.	0,03-0,2
Vidrio	25	Agregado vítreo de grano fino, color pardo oscuro	0,05
Minerales opacos	5	Diseminados en la masa fundamental, localmente euhedrales, en general, asociados a alteración de minerales máficos.	0,08-0,3
Clinopiroxeno	5		0,05-0,2
	72		
Observaciones	La roca presenta una laminación milimétrica marcada, apenas visible macroscópicamente, dada por la textura hialopilitica a pilotaxítica de la masa fundamental. Localmente la roca es cortada por venillas finas de cuarzo y limonitas orientadas en el mismo sentido que la laminación y, en menor medida, cortándola.		

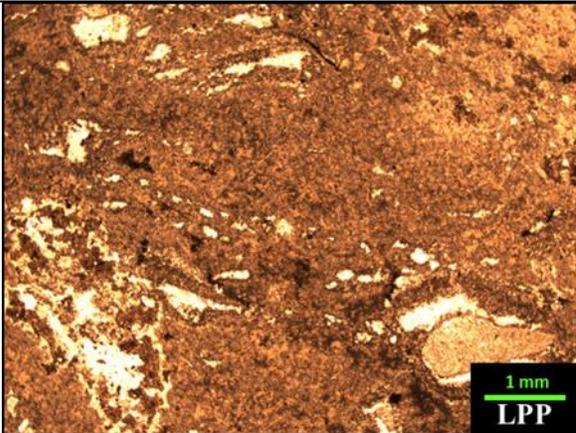
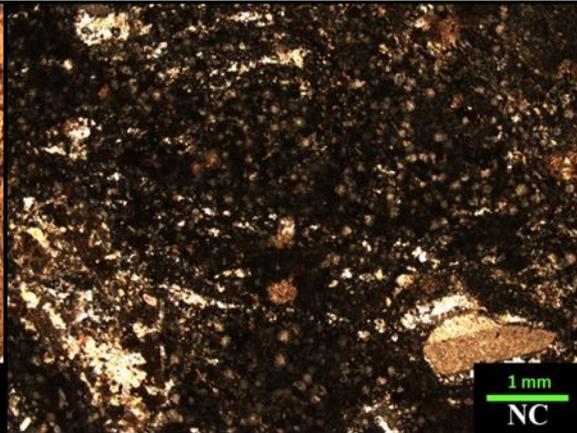
Muestra GSC-020t			
			
Ubicación	7.665.588 m N / 422.075 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Andesitas y dacitas masivas (ADm)		
Clasificación	Dacita de anfíbola		
Textura	Porfídica seriada, localmente glomeroporfídica en masa fundamental vítrea con microlitos de plagioclasa sin orientación y cuarzo intergranular, que generan una textura micropoiquilitica.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	18	Fenocristales y microfenocristales subhedrales a euhedrales, reemplazados moderadamente por calcita, arcillas y sericita.	0,2-3
Anfíbola	7	Relictos de fenocristales y microfenocristales de anfíbol subhedral a euhedral, con secciones longitudinales y basales hexagonales pseudomorfizados por calcita. En algunos microfenocristales es posible observar secciones con doble clivaje y reemplazo por minerales opacos, esfeno y carbonatos.	0,2-1,7
	25		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	47	Microlitos subhedrales a euhedrales sin orientación preferencial intercrecidos con cuarzo en la masa fundamental, formando una textura micropoiquilitica, con alteración moderada a arcillas y sericita	0,02-0,15
Cuarzo	25	Cristales anhedrales frescos intercrecidos con microlitos de plagioclasa en la masa fundamental, formando una textura micropoiquilitica.	0,02-0,1
Minerales opacos	2	Cristales subhedrales a euhedrales diseminados en la masa fundamental y asociados a la alteración de fenocristales y microfenocristales de anfíbola.	0,01-0,12
Epidota	<1	Cristales subhedrales a euhedrales, aciculares, con coloración amarillenta a verdosa en luz polarizada plana. Asociados a reemplazo de calcita en masa fundamental y fenocristales y microfenocristales de anfíbola.	0,03-0,1
Esfeno	<1	Cristales subhedrales a euhedrales diseminados en la masa fundamental como mineral accesorio y asociado a la alteración de minerales ferromagnesianos, en conjunto con	0,05-0,15
Apatito	<1	Cristales euhedrales diseminados en la masa fundamental como mineral accesorio y como inclusión dentro de fenocristales de plagioclasa.	0,03-0,09
	75		
Observaciones	Los fenocristales de plagioclasa se presentan localmente fragmentados, sin embargo, la textura es porfídica. La roca contiene calcita que reemplaza masivamente a fenocristales de piroxeno y se encuentra además en la masa fundamental, rellenando espacios abiertos y sobre microlitos de plagioclasa. Adicionalmente, la masa fundamental presenta cuarzo secundario rellenando espacios abiertos.		

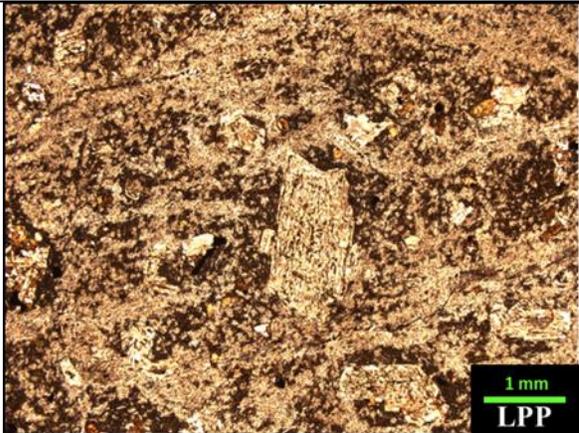
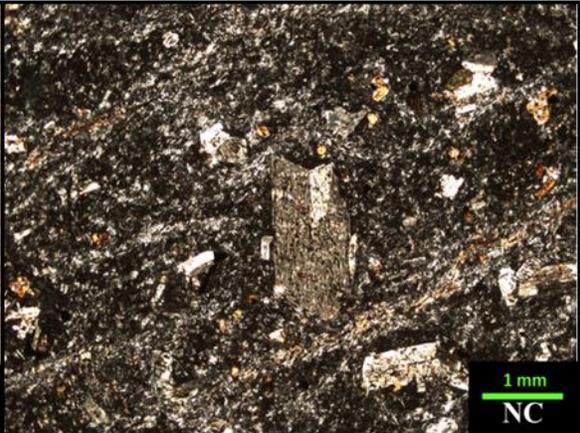
Muestra GSC-021t			
			
Ubicación	7.665.585 m N / 422.080 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Andesitas y dacitas masivas (ADm)		
Clasificación	Brecha volcánica dacítica.		
Textura	Porfídica seriada, localmente glomeroporfídica, en una masa fundamental micropoiquilitica y levemente fluidal.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	15	Fenocristales y microfenocristales subhedrales con alteración moderada a sericita y calcita.	0,4-1
	15		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	30	Microlitos subhedrales a euhedrales, levemente alterados a arcillas, intercrecidos con cuarzo en la masa fundamental.	0,05-0,4
Cuarzo	20	Cristales anhedrales intercrecidos con microlitos de plagioclasa en la masa fundamental, generando una textura micropoiquilitica.	0,05-0,3
Minerales opacos	3		0,02-1,2
Apatito	<1	Cristales euhedrales diseminados en la masa fundamental como mineral accesorio.	0,03-0,1
Esfeno	<1	Cristales subhedrales diseminados en la masa fundamental como mineral accesorio y asociado a minerales opacos.	0,03-0,1
	55		
Observaciones	La roca contiene fragmentos (30%) de roca subangulosos a subredondeados de composición dacítica de hasta 2 cm de diámetro, con textura porfídica en una masa fundamental micropoiquilitica con relictos de fenocristales de minerales ferromagnesianos, posiblemente anfíbola, reemplazada por minerales opacos, limonitas y carbonatos (siderita). Los fragmentos se encuentran moderadamente alterados a limonitas y carbonatos. Localmente, los fragmentos son cortados por vetillas de calcita y cuarzo secundario. Adicionalmente, aparecen fragmentos subangulosos a angulosos porfídicos con vesículas subcirculares rellenas por cuarzo secundario y masa fundamental reemplazada masivamente por limonitas.		

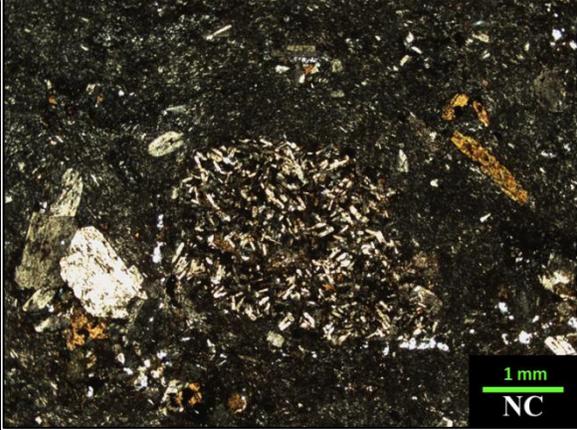
Muestra GSC-032t			
			
Ubicación	7.666.029 m N / 422.014 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Clasificación	Andesita de clinopiroxeno		
Litofacies	Brecha lítica masiva (Brlm)		
Textura	Porfídica seriada, glomeroporfídica a levemente traquíutica en una masa fundamental pilotaxítica a intergranular y micropoiquilitica.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	18	Fenocristales subhedrales a euhedrales con alteración leve a moderada a sericita.	0,5-1,5
Clinopiroxeno	7	Fenocristales subhedrales con alteración fuerte a limonitas y óxidos de hierro.	0,2-1,4
	25		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	50	Microlitos con forma subhedral orientados, en general, frescos.	0,05-0,4
Cuarzo	15	Anhedral, reemplazando a vidrio de la masa fundamental.	0,05-0,4
Clinopiroxeno	5	Cristales subhedrales diseminados en la masa fundamental, alterados moderadamente a limonitas.	0,05-0,15
Minerales opacos	4	Diseminados y reemplazando localmente a piroxenos.	0,05-1
Apatito	<1	Cristales accesorios euhedrales diseminados en la masa fundamental y como inclusiones dentro de fenocristales.	0,01-0,1
	75		
Observaciones	Posiblemente corresponde a cuerpo intrusivo tabular de composición andesítica que corta a brechas piroclásticas rojizas. La roca es cortada por vetillas milimétricas de sílice. La laminación es marcada, milimétrica y regular, y está dada por la textura pilotaxítica de la masa fundamental. Dada la presencia de cuarzo en la masa fundamental, la composición puede variar desde andesítica a dacítica.		

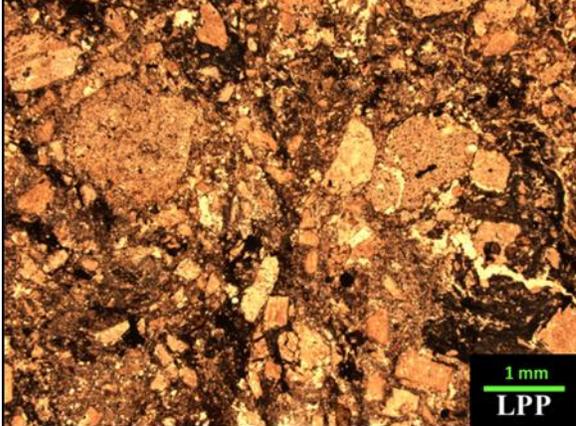
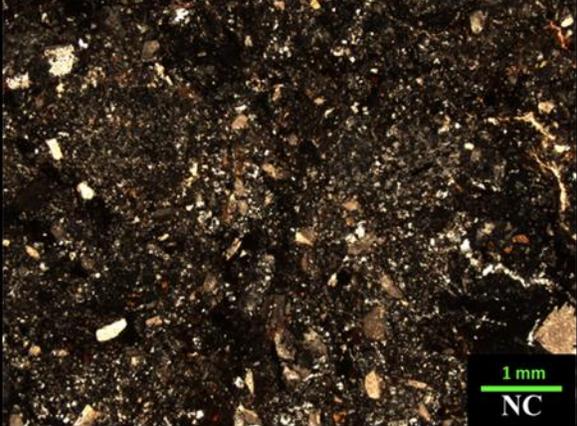
Muestra GSC-036t			
			
Ubicación	7.667.026 m N / 424.507 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Intercalación de tobas vítreas y tobas de lapilli (TvL)		
Clasificación	Dacita de anfíbola		
Textura	Porfídica seriada y glomeroporfídica con una masa fundamental micropoiquilitica		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	10	Fenocristales y microfenocristales subhedrales moderadamente alterados a sericita.	0,2-1,8
Anfíbola	2	Fenocristales y microfenocristales subhedrales que forman textura glomeroporfídica con fenocristales de plagioclasa. Se presentan como pseudomorfos con sericita, limonitas y, en menor medida, minerales opacos. Algunos fenocristales menores presentan formas rómbicas a hexagonales.	0,4-0,8
	12		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	60	Microlitos subhedrales con alteración leve a sericita que forman un intercrecimiento con cuarzo anhedral en la masa fundamental.	0,05-0,1
Cuarzo	25	Cristales anhedrales que forman un intercrecimiento con plagioclasa en la masa fundamental.	0,05-0,1
Minerales opacos	2		
Circón	<1	Cristales euhedrales presentes como inclusión dentro de fenocristales de plagioclasa.	0,01-0,04
Apatito	<1	Cristales euhedrales diseminados en la masa fundamental como mineral accesorio.	0,02-0,04
	88		
Observaciones	Posiblemente corresponde a cuerpo intrusivo menor de composición dacítica que intruye a tobas de ceniza vítreas de la litofacies TvL. La masa fundamental presenta una alteración moderada a carbonatos y limonitas. Adicionalmente contienen un 5% de vesículas subcirculares rellenas por cuarzo secundario y carbonatos.		

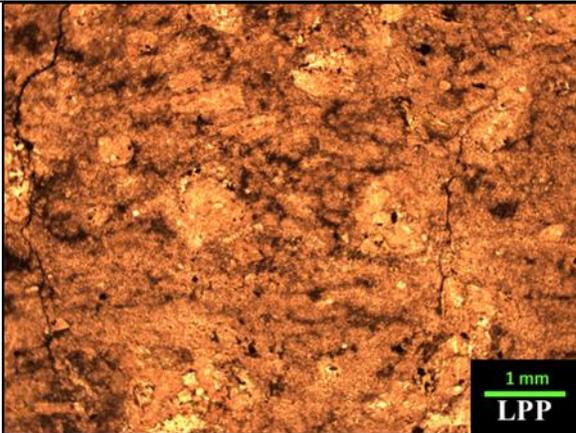
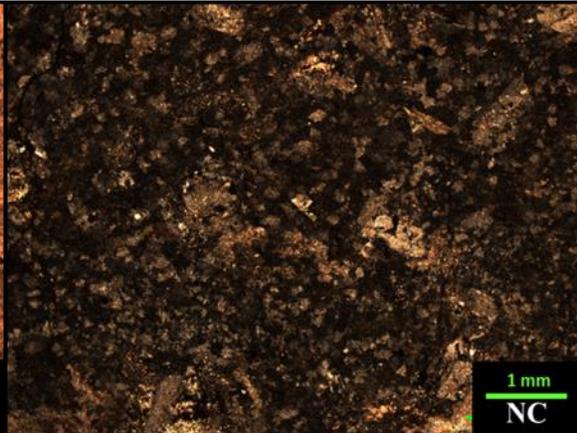
Muestra GSC-044t			
			
Ubicación	7.669.519 m N / 428.115 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Brecha dacítica de bloques y ceniza (Bd)		
Clasificación	Dacita de anfíbola		
Textura	Porfídica seriada, localmente glomeroporfídica con masa fundamental con intercrecimiento de grano fino entre feldespato alcalino y cuarzo que da origen a una textura micropoiquilitica.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	25	Cristales subhedrales con fuerte alteración a sericita, calcita y, en menor medida, clorita y limonitas. Los cristales con mayor alteración exhiben pseudomorfismo según sericita.	0,5-3
Anfíbola	10	Cristales subhedrales a euhedrales con secciones hexagonales nítidas y longitudinales, fuertemente reemplazadas por calcita, clorita y limonitas. Localmente, se presenta como pseudomorfo según calcita, clorita y limonitas. Localmente presentes en cúmulos de cristales prismáticos.	0,4-2
	35		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Feldespato alcalino	20	Cristales subhedrales a anhedral con alteración leve a arcillas que le otorgan un aspecto sucio en luz polarizada plana, intercrecidos con cuarzo anhedral.	0,05-0,1
Cuarzo	25	Cristales anhedral, frescos, intercrecidos con feldespato alcalino subhedral a anhedral.	0,05-0,1
Plagioclasa	15	Cristales subhedrales moderadamente alterados a arcillas.	
Minerales opacos	4	Abundantes cristales subhedrales a euhedrales diseminados en la masa fundamental y reemplazando a anfíbola.	0,02-0,5
Apatito	<1	Cristales euhedrales presentes como accesorio, diseminados en la masa fundamental.	0,02-0,05
Circón	<1	Cristales subhedrales presentes como accesorio, diseminados en la masa fundamental.	0,1
	65		
Observaciones	La masa fundamental contiene cuarzo secundario, calcita, limonitas y clorita como material de alteración.		

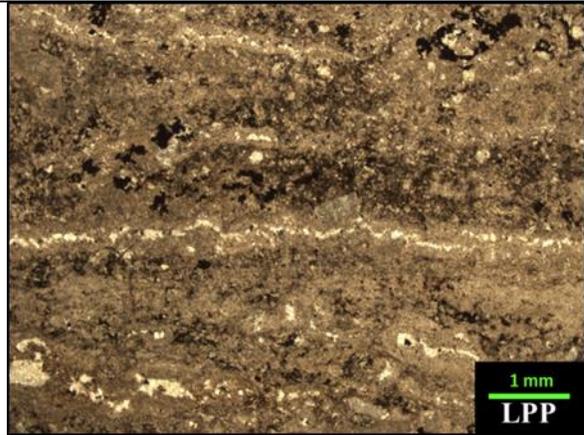
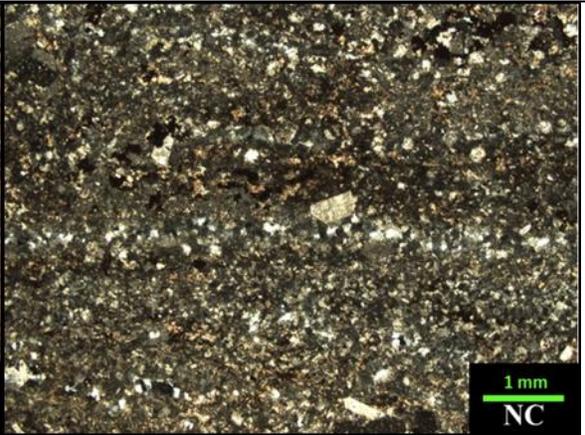
Muestra GSV-134t			
			
Ubicación	7.664.836 m N / 418.982 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Dacitas laminadas (DI)		
Clasificación	Dacita		
Textura	Porfídica seriada, localmente glomeroporfídica con masa fundamental pilotaxítica. Laminación milimétrica marcada por plagioclasas en masa fundamental y bandas finas de limonitas		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	10	Cristales subhedrales angulosos con alteración moderada a arcillas y sericita.	0,05-1
	10		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Vidrio	90	Masa fundamental vítrea fuertemente reemplazada por calcita, minerales opacos, arcillas y limonitas.	<0,05
	90		
Observaciones	La matriz presenta abundantes parches de calcita y, de manera local, amígdalas de 0,05 a 0,1 mm rellenas por cuarzo, minerales opacos y arcillas. Es posible distinguir una laminación milimétrica o bandeamiento irregular. Adicionalmente, la matriz contiene hematita diseminada y asociada a limonitas.		

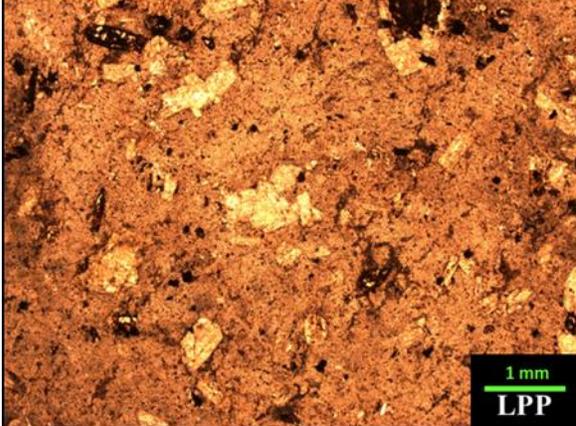
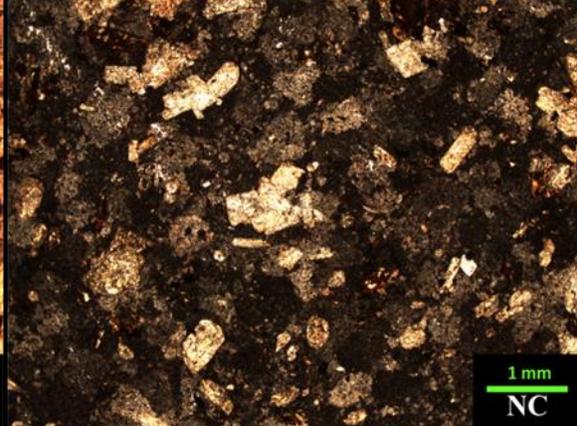
Muestra GSV-150t			
			
Ubicación	7.665.793 m N / 422.611 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Clasificación	Andesita de clinopiroxeno		
Textura	Porfídica seriada, localmente glomeroporfídica con masa fundamental pilotaxítica. Laminación milimétrica marcada por plagioclasas en masa fundamental y bandas finas de limonitas		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	15	Cristales subhedrales reemplazados en planos de macla por limonitas. Presentan alteración a calcita y localmente sericita.	0,3-1,5
Clinopiroxeno	6	Cristales subhedrales a euhedrales con fuerte alteración a clorita, arcillas, calcita y limonitas.	0,3-1
	15		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	70	Cristales subhedrales orientados.	0,02-0,15
Clinopiroxeno	3	Cristales subhedrales a euhedrales con fuerte alteración a clorita, arcillas, calcita y limonitas.	0,02-0,2
Anfíbola	4	Cristales subhedrales con alteración fuerte a clorita y limonitas.	0,2-1
Minerales opacos	3	Cristales subhedrales diseminados en la masa fundamental.	0,05-1
	85		
Observaciones	Cuerpo intrusivo tabular con orientación NE-SW que intruye a brechas piroclásticas de la litofacies Br1m y a tobas de lapilli de la litofacies TLm.		

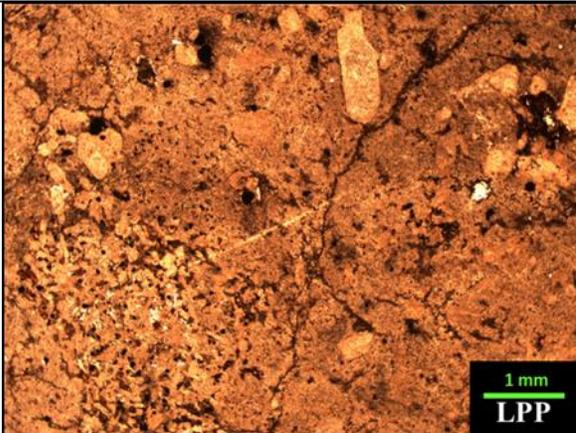
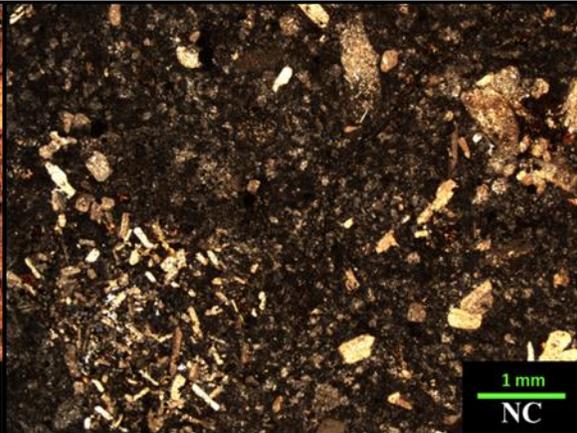
Muestra GSV-160t			
			
Ubicación	7.665.889 m N / 421.718 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Brecha lítica masiva (Brlm)		
Clasificación	Andesita de clinopiroxeno		
Textura	Porfídica seriada, localmente glomeroporfídica con masa fundamental pilotaxítica a intergranular-intersertal.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	15	Cristales subhedrales a euhedrales con alteración moderada a leve a sericita y clorita.	0,4-1,7
Clinopiroxeno	6	Cristales subhedrales a euhedrales, formas octogonales y secciones longitudinales. Fuerte alteración a clorita, arcillas y óxidos de hierro.	0,25-1,2
	21		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	65	Cristales subhedrales orientados.	0,05-0,3
Clinopiroxeno	8	Cristales subhedrales con fuerte alteración a clorita.	0,05-0,2
Minerales opacos	5	Cristales subhedrales a euhedrales diseminados en la masa fundamental.	0,05-0,3
Apatito	1	Cristales euhedrales en forma de mineral accesorio.	0,05-0,2
	79		
Observaciones	Fragmento andesítico presente en brecha piroclástica. La roca presenta un bajo porcentaje (<5%) de vesículas rellenas por sílice, además de ser cortada por vetillas milimétricas de sericita y calcita. Se observa un fragmento de roca subredondeado de 4 mm de diámetro, compuesto por plagioclasa, piroxeno y minerales opacos formando textura intergranular. La masa fundamental presenta una coloración rojiza debido a la presencia de minerales de hierro (hematita, limonitas).		

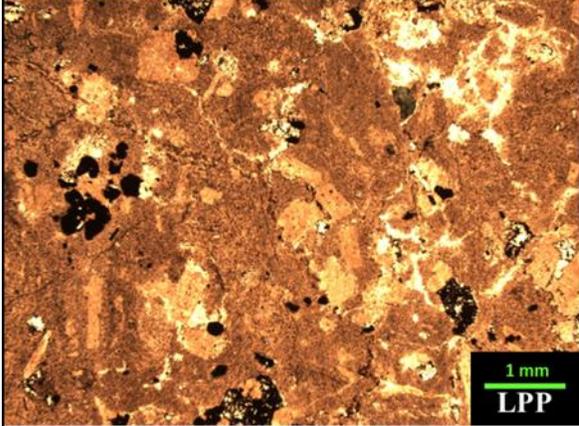
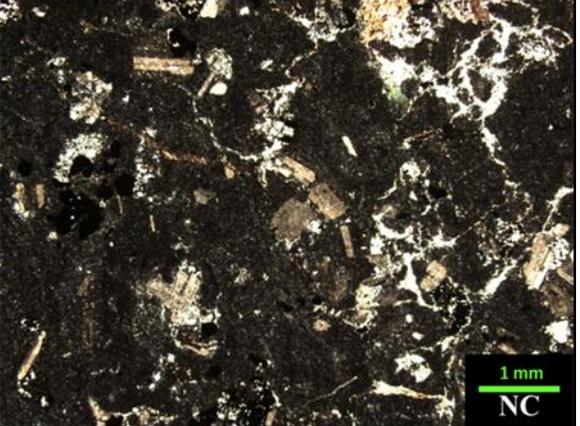
Muestra GSV-161t			
			
Ubicación	7.665.844 m N / 421.734 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Brecha lítica masiva (Brlm)		
Clasificación	Brecha volcánica andesítica		
Textura	Porfídica, fragmental		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	10	Pequeños cristales subhedrales.	0,05-1
	10		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Vidrio	50	Masa fundamental vítrea, afanítica, de color pardo oscuro.	0,01-0,1
	50		
Observaciones	Fragmento andesítico en brecha piroclástica de la litofacies Brlm. La roca presenta abundantes fragmentos (30%) de 0,05 a 15 mm, que corresponden a andesitas porfídicas levemente fluidales con fenocristales de plagioclasa subhedrales a euhedrales y máficos oxidados en una masa fundamental con abundantes minerales opacos. Adicionalmente, fragmentos de posibles rocas volcánicas félsicas.		

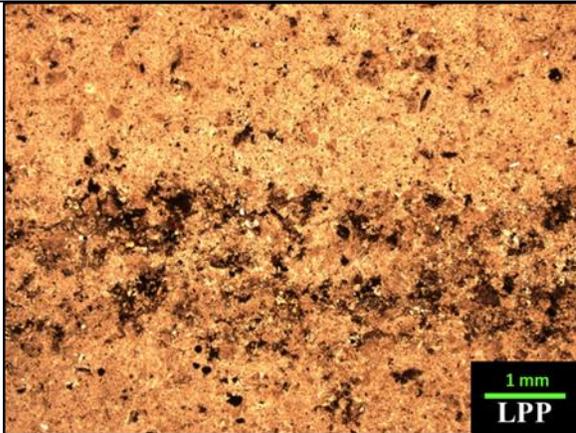
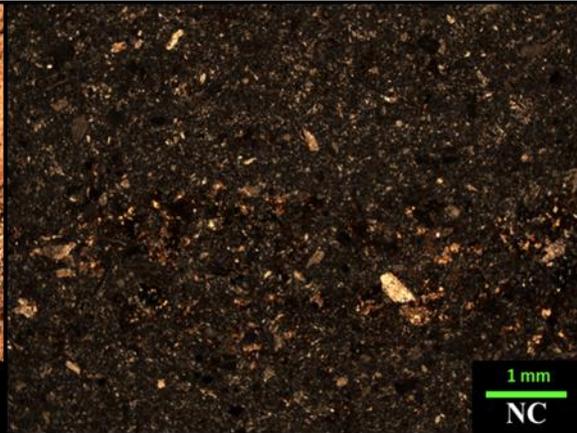
Muestra GSV-163t			
			
1 mm LPP		1 mm NC	
Ubicación	7.665.086 m N / 420.430 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Andesitas y dacitas masivas (ADm)		
Clasificación	Andesita a dacita de piroxeno		
Textura	Porfídica seriada.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	25	Cristales con formas subhedrales, reemplazados por sericita, arcillas y calcita.	0,5-3
Piroxeno	10	Relictos subhedrales a anhedrales reemplazados por clorita, arcillas y óxidos de hierro.	0,1-1
	35		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Agregado microgranular	60	Probable alteración del vidrio (similar a intercrecimiento entre cuarzo y feldespatos)	0,1
Opacos	5	Cristales subhedrales y euhedrales	0,1-0,4
	65		
Observaciones	La roca presenta un fuerte reemplazo por carbonatos y arcillas, lo cual dificulta la estimación de la composición de la masa fundamental. Se observa un bandeamiento marcado por alternancia de bandas más oscuras entre bandas más claras, a nivel milimétrico (contenido de minerales opacos y material de alteración).		

Muestra GSV-164t			
			
Ubicación	7.665.748 m N / 420.825 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Dacitas laminadas (DI)		
Clasificación	Dacita		
Textura	Porfídica seriada, localmente glomeroporfídica, laminación marcada, en una masa fundamental micropoiquilítica.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	15	Cristales subhedrales con alteración moderada a sericita.	0,5-3
	15		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	50	Cristales subhedrales con alteración moderada a sericita y calcita, intercrecido con cuarzo.	0,05-0,3
Cuarzo	28	Cristales anhedrales intercrecidos con plagioclasa en la masa fundamental.	0,05-0,1
Minerales opacos	7	Cristales subhedrales y bandas que definen la laminación.	0,05-0,2
	85		
Observaciones	La laminación en algunos sectores de la muestra bordea a los fenocristales de plagioclasa. Las láminas corresponden a niveles rellenos por sílice y minerales opacos. Adicionalmente hay vesículas rellenas por sílice (<5%). La masa fundamental está compuesta por un agregado de plagioclasa y, en menor medida, cuarzo, además de abundantes parches de sericita y calcita.		

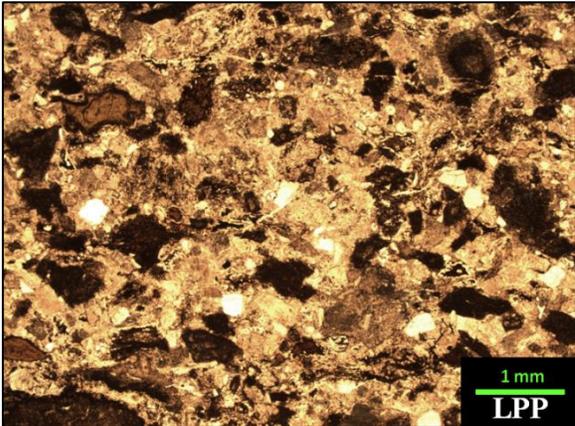
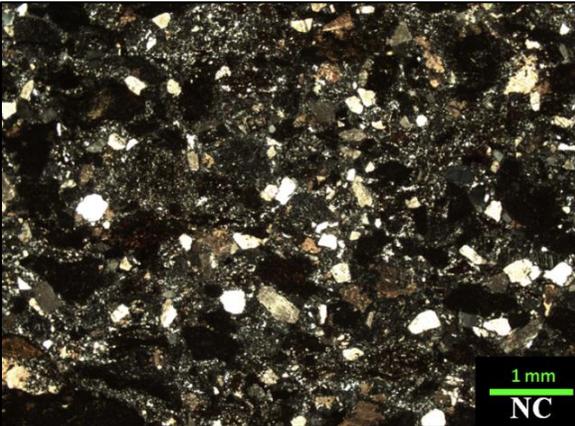
Muestra GSV-165t			
			
Ubicación	7.665.663 m N / 420.401 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Andesitas y dacitas masivas (ADm)		
Clasificación	Andesita o dacita de piroxeno		
Textura	Porfídica seriada, levemente glomeroporfídica, con masa fundamental felsosídica.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	25	Subhedral a euhedral, alteración moderada a sericita y arcillas.	0,3-2
Piroxeno	7	Relictos, fuertemente oxidados y reemplazados por calcita localmente.	0,3-1,2
	32		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Vidrio desvitrificado	63	Textura felsosídica, agregado cuarzo feldespático fino	0,5-1
Opacos	5	Diseminados en la masa fundamental, con formas subhedrales.	0,05-0,2
	68		
Observaciones			

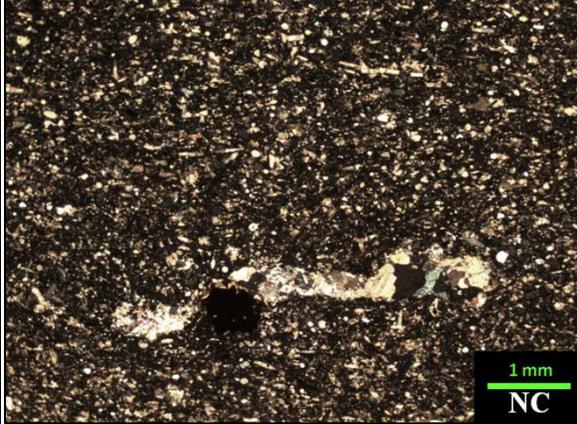
Muestra GSV-166t			
			
Ubicación	7.665.620 m N / 420.375 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Andesitas y dacitas masivas (ADm)		
Clasificación	Andesita a dacita		
Textura	Porfídica seriada, localmente glomeroporfídica, en masa fundamental desvitrificada con textura felsosídica.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	18	Cristales subhedrales fuertemente alterados a sericita y arcillas.	0,15-2
Clinopiroxeno	7	Secciones longitudinales con extinción oblicua y secciones basales con formas pseudooctogonales. Corresponden a relictos de piroxeno, reemplazados por clorita, limonitas y óxidos de hierro.	0,2-0,8
	25		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Vidrio	65	Desvitrificado a agregado cuarzo feldespático de grano fino.	0,05
Apatito	3	Cristales subhedrales a euhedrales	0,01-0,2
Opacos	7	Cristales subhedrales a Euhedrales, disseminados en la masa fundamental y reemplazando relictos de minerales máficos.	0,01-0,3
	75		
Observaciones	La roca contiene un fragmento de roca volcánica (o subvolcánica) de 2 mm de diámetro, textura porfídica seriada, con fenocristales de plagioclasa y relictos de piroxeno, masa fundamental recristalizada (agregados de cuarzo entre fenocristales de plagioclasa), y abundantes minerales opacos. Además, se observa una vetilla milimétrica de cuarzo, además de finas vetillas que contienen limonitas y algunos óxidos de hierro, en parte, asociados a la vetilla de cuarzo.		

Muestra GSV-167t			
			
Ubicación	7.665.926 m N / 419.411 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Dacitas laminadas (DI)		
Clasificación	Dacita porfídica		
Textura	Porfídica seriada, localmente glomeroporfídica, con masa fundamental desvitrificada, con textura microcristalina y localmente pilotaxítica.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	25	Subhedral, alterada a arcillas y sericita.	0,2-1,5
Piroxeno	3	Relictos subhedrales, reemplazados por calcita y clorita.	0,5
Anfíbola	1	Subhedral, alterada a clorita.	0,5
	29		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Vidrio	51	Textura felsosídica, agregado cuarzo-feldespático de grano fino.	0,05-0,1
Plagioclasa	10	Microlitos orientados.	0,05
Cuarzo	5	Cristales anhedrales, intergranulares.	0,05
Opacos	5	Subhedrales y disseminados en la masa fundamental.	0,05-0,1
	71		
Observaciones	La roca es cortada por numerosas vetillas milimétricas de sericita y, localmente, calcita.		

Muestra GSV-168t			
			
Ubicación	7.665.863 m N / 419.337 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Estratos de Sierra de Lagunas		
Litofacies	Dacitas laminadas (DI)		
Clasificación	Dacita porfídica		
Textura	Levemente porfídica seriada, localmente glomeroporfídica, con masa fundamental desvitrificada, con textura microcristalina y localmente pilotaxítica.		
Composición roca original			
a) Fenocristales			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Plagioclasa	15	Subhedral, alterada a arcillas y sericita.	0,2-1,5
	15		
b) Masa fundamental			
Minerales	%	Forma y observaciones	Tamaño (mm)
Vidrio	75	Masa fundamental vítrea fuertemente reemplazada por calcita, limonitas, arcillas y minerales opacos.	<0,05
Cuarzo	5	Pequeños cristales anhedrales diseminados en la masa fundamental.	0,05-0,1
Minerales opacos	5	Cristales subhedrales asociados a limonitas.	0,05-0,1
	85		
Observaciones	La roca presenta abundantes parches de calcita, en asociación con limonitas, arcillas y minerales opacos, debido a un posible reemplazo de minerales máficos o fragmentos de roca incorporados dentro de la toba. Adicionalmente, se observa una laminación milimétrica, evidenciada por cambios en el contenido de limonitas y minerales opacos, que otorgan una coloración rojiza.		

3. ROCAS SEDIMENTARIAS

Muestra GSC-023t			
			
Ubicación	7.665.713 m N / 422.612 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Formación Longacho		
Clasificación	Textural	Arenisca muy gruesa	
	Composicional	Litarenita	
Fábrica	Matriz soportada		
Selección	Moderada		
Texturas	Clásica		
Componentes principales			
Granos:	40%	Matriz:	25%
		Cemento:	35 %
Tamaño de grano			
Grava:	7%	Arena:	88%
		Limo:	5%
		Arcilla:	%
a) Monominerales			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Cuarzo	15	Fragmentos angulosos a subangulosos, subdiscoidales, frescos.	0,08-0,6
Plagioclasa	7	Fragmentos subangulosos, subprismáticos alterados parcialmente a arcillas y calcita.	0,08-0,5
Feldespatos K	1	Fragmentos subangulosos, subprismáticos alterados parcialmente a arcillas.	0,1-0,3
	23		
b) Líticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Fiammes	27	Fragmentos subangulosos a angulosos y subprismáticos reemplazados por limonitas y arcillas.	0,2-2,5
Volcánicos vesiculares	3	Fragmentos subredondeados a subangulosos y subdiscoidales reemplazados por sílice y limonitas.	0,5-1
Volcánicos porfídicos	5	Fragmentos subredondeados y subdiscoidales reemplazados moderadamente por minerales opacos y limonitas.	0,5-1
Indeterminados	7	Fragmentos subangulosos y subdiscoidales reemplazados por arcillas, calcita y limonitas.	0,5-2
	42		
Observaciones	La roca presenta cemento silíceo o puede corresponder a una recristalización de la matriz. Adicionalmente, contiene abundantes parches de calcita que alteran tanto la matriz como los granos.		

Muestra GSC-043t			
			
		LPP	
		NC	
Ubicación	7.669.744 m N / 428.621 m E		
Localidad	Cordón de la Sal		
Unidad	Formación Longacho		
Clasificación	Textural	Arenisca media (Arenisca fangosa)	
	Composicional	Arenisca	
Fábrica	Matriz soportada		
Selección	Buena		
Texturas	Clásica		
Componentes principales			
Granos:	45%	Matriz:	55%
		Cemento:	%
Tamaño de grano			
Grava: %	Arena: 65%	Limo: 35%	Arcilla: %
a) Monominerales			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Cuarzo	5	Fragmentos angulosos a subangulosos y localmente subredondeados y frescos.	0,02-0,3
Minerales opacos	3	Fragmentos subangulosos de cristales euhedrales y subhedrales, asociados a limonitas, posiblemente provenientes del reemplazo de biotita.	0,01-0,2
Biotita	1	Fragmentos angulosos de cristales subhedrales a euhedrales alterados fuertemente a óxidos de hierro y limonitas, localmente a clorita.	0,01-0,7
Apatito	<1	Fragmentos subangulosos de cristales euhedrales diseminados en la matriz.	0,02-0,04
	10		
b) Restos esqueléticos			
Tipo	%	Descripción	Tamaño (mm)
Algas	30	Fragmentos angulosos, elongados y localmente semicirculares, reemplazados por esparita. Adicionalmente, fragmentos subangulosos, subcirculares, reemplazados por esparita, que corresponden a secciones transversales de las descritas anteriormente o a otro tipo de alga. Predominan los granos tamaño arena media.	0,01-1
Mallas algares	5	Fragmentos subangulosos, porosos, reemplazados por esparita.	0,05-0,2
	35		
Observaciones	La roca es cortada por estilolitos de color pardo oscuro, presentes de manera local. La matriz es de tamaño de grano limo y en ella se puede reconocer carbonatos, limonitas y pequeños granos de cuarzo.		