

## **Tabla de contenido.**

1. Capítulo I. Introducción. ....	1
1.1. Antecedentes Generales. ....	1
1.2. Ubicación Geográfica y vías de acceso. ....	3
1.3. Objetivos. ....	5
1.3.1. Objetivos Generales. ....	5
1.3.2. Objetivos Específicos. ....	5
1.4. Metodología. ....	6
2. Capítulo II. Marco Geológico. ....	8
2.1. Etapa de Cuenca de Antepaís. ....	11
2.1.1. Megasecuencia 1: ....	11
2.1.2. Megasecuencia 2. ....	13
2.1.3. Megasecuencia 3. ....	14
2.1.4. Megasecuencia 4. ....	15
3. Capítulo III. Marco Teórico. ....	19
3.1. Depósitos Piroclásticos. ....	19
3.1.1. Depósitos de Caída. ....	19
3.1.2. Flujos Piroclásticos. ....	19
3.1.3. Oleadas Piroclástica. ....	20
3.2. Registros directos en pozos. ....	21
3.2.1. Mud-Logging. ....	21
3.2.2. Petrofísica. ....	22
3.3. Sísmica de reflexión. ....	23
4. Capítulo IV. Resultados: Caracterización Lito-estratigráfica. ....	26
4.1. Estratigrafía de superficie. ....	26
4.1.1. Introducción. ....	26

4.1.2.	Descripción de afloramientos.....	27
4.1.3.	Columnas estratigráficas.....	35
4.2.	Información de pozos. Estratigrafía de sub-suelo.....	42
4.2.1.	Recopilación y correlación de marcadores en pozos.....	42
4.2.2.	Interpretación de perfiles sísmicos 2D.....	44
4.2.3.	Electro-facies de subsuelo.....	47
4.3.	Geoquímica de elementos mayores.....	49
4.4.	Definición de Litofacies.....	52
4.4.1.	Litofacies de toba de ceniza fina y masiva (F1).....	53
4.4.2.	Litofacies de toba cristalina en matriz vítrea, y masiva (F2).....	54
4.4.3.	Litofacies de toba lítica, con estratificación cruzada (F3).....	56
4.4.4.	Litofacies de toba lítica, tamaño lapilli grueso a bloque, estratificada (F4).....	58
4.4.5.	Litofacies de brecha piroclástica (F5).....	59
4.4.6.	Litofacies de brecha monomíctica (F6).....	60
4.4.7.	Litofacies de brecha polimíctica (F7).....	61
4.4.8.	Litofacies de brecha sedimentaria (F8).....	63
4.4.9.	Basalto (F9).....	64
5.	Capítulo V. Discusión.....	66
5.1.	Asociación de facies y ambiente depositacional.....	66
5.1.1.	Procesos depositacionales.....	66
5.1.2.	Evolución vertical de facies de superficie.....	70
5.1.3.	Facies y procesos en sub-suelo.....	72
5.1.4.	Correlación columnas de superficie y fases eruptivas.....	73
5.2.	Origen del fenómeno volcánico.....	75
5.2.1.	Distribución de facies.....	75

5.2.2. Proveniencia y dirección de flujos. ....	77
5.3. Cuantificación de volumen de depósitos. ....	81
5.4. Modelo de evolución geológica.....	85
6. Capítulo VI. Conclusiones. ....	92
7. Trabajos Futuros. ....	94
8. Bibliografía. ....	95

### **Índice de tablas.**

Tabla 1: Relación de límites de formación. ....	46
Tabla 2: Litofacies definidas.....	52

## Índice de figuras.

Figura 1: a) Ubicación regional del área de estudio; b) Ubicación dentro de la región de la zona de estudio; c) Estructuras morfológicas principales del sector de estudio. ....	3
Figura 2: Evolución geológica Cuenca de Magallanes (Modificado de Mpodozis et al., 2013). .....	8
Figura 3: Mapa geológico zona de estudio (ENAP); 1. DC4: Metamórfico (Devónico-Carbonífero); 2. J3a: Volcánico (Jurásico); 3. JK3o: Volcánico (Jurásico-Cretácico); 4. JK1m: Sedimentario (Jurásico Superior-Cretácico Inferior); 5. Kig: Intrusivo (Cretácico Inferior); 6. KTg: Intrusivo (Cretácico Superior- Terciario Inferior); 7. Ks1mp: Sedimentario (Campaniano- Maastrichtiano); 8. Ks2m: Volcanosedimentario (Cretácico Superior); 9. Ks1m: Sedimentario (Cretácico Superior); 10. Pa1m: Sedimentario (Paleoceno); 11. E1m: Sedimentario (Eoceno); 12. EM1m: Sedimentario (Eoceno-Mioceno); 13. OM1c: Sedimentario continental (Oligoceno-Mioceno); 14. OM1m: Sedimentario marino (Oligoceno-Mioceno); 15. Mg: Intrusivo (Mioceno); 16. MP3: Volcánico y Volcánico-sedimentario (Mioceno-Plioceno); 17. PPI3: Volcanico (Plioceno-Pleistoceno); 18. M2c: Volcanico-sedimentario (Mioceno Inferior-Medio); 19. M1c: Sedimentario (Mioceno Inferior-Medio); 20. Q1: Sedimentario (Pleistoceno-Holoceno); 21. Contactos geológico; 22. Falla; 23. Pliegue anticlinal; 24. Pliegue sinclinal; 25. Capital regional; 26. Ciudad o pueblo; 27. Cuerpo de agua. ....	9
Figura 4: Reconstrucción de las Columnas estratigráficas Piso San José (a) y Piso Penitente (b), según la descripción de González (1953). ....	17
Figura 5: Proceso de Sísmica de reflexión; a) La trayectoria del frente de ondas se modifica por reflexiones y refracciones, de modo que la impronta que arriba al geófono es diferente a la fuente. La propagación se registra como trayectoria hiperbólica; b) agrupamiento de las reflexiones de múltiples disparos en CDP; c) las trazas agrupadas forman la sección sísmica. ....	25
Figura 6: Mapa Ubicación zonas descritas; a) Área de estudio; b) Sector de Kerber, afloramientos rio Rubens; c) Afloramientos Cordillera Vidal, se muestra el sector de Cerro La Virgen y Cerro Mocho; d) Afloramientos rio Penitente y sector norte de rio San José; d) Afloramientos rio San José. ....	26
Figura 7: Cerro Mocho; a) Afloramientos vista hacia el Norte 80 metros aproximadamente; b) Afloramientos vista Sur, se muestra el contraste entre litologías de	

brecha (negras) y tobas de ceniza (blancas); c) Depósitos de tobas de ceniza; d) Depósitos de brecha con base erosiva (lápiz de escala). .....	27
Figura 8: Afloramientos Cerro La Virgen; a) Vista general de afloramientos; b) Vista en detalles de afloramientos, se muestra un nivel claro, que presentaría estratificación paralela; c) Brechas monomícticas características del sector de estudio. ....	28
Figura 9: Afloramientos sector de Kerber; a) Se presentan depósitos de brechas polimícticas color café claro y brechas monomícticas color gris oscuro en el fondo; b) Depósitos de brecha polimíctica en contacto erosivo sobre brechas monomícticas. ....	29
Figura 10: Afloramientos río Rubens; a) Tobas líticas con estratificación cruzada; b) Depósitos de toba de ceniza fina en contacto con rechas monomícticas; c) Depósitos de brechas monomícticas. ....	30
Figura 11: Afloramientos a orillas del río San José; a) Afloramiento del sector sur del río San José, potencia total de 116 metros; b) Afloramiento del sector central del río San José, potencia total de 45 metros, en la parte cercana se muestran tobas de ceniza; c) Sucesión de base a techo de tobas de ceniza blancas, tobas líticas con clastos basálticos, tobas líticas con estratificación cruzada y segregación de pómez, y tobas de ceniza blancas; d) Sucesión de tobas de ceniza blancas amarillentas, con tobas líticas color azulado. ....	32
Figura 12: a) Afloramientos cercanos a desembocadura de río San José en río Penitente, vista norte del valle; b) Afloramientos cercanos a desembocadura de río San José en río Penitente, vista sur del valle; c) Afloramientos cercanos a Villa Tehuelche Vista suroeste.....	33
Figura 13: Afloramientos Cerro Palomares; a) Vista noreste de afloramiento general, de color oscuro niveles de granulometría gruesa y blancos niveles de tobas finas; b) Afloramiento de tobas líticas con líticas basálticos estratificación cruzada, persona de escala; c) Afloramiento de tobas líticas; d) Afloramiento de tobas de ceniza con base erosiva sobre estas; e) Estructura de escape de fluidos, martillo de escala. ....	34
Figura 14: Mapa ubicación de columnas estratigráficas; a) Ubicación regional; b) Ubicación dentro de la región de Magallanes y la Antártida Chilena; c) Ubicación de columnas dentro del área de estudio. ....	35
Figura 15: Columna 2 (C2), ver ubicación en Figura 14.....	36

Figura 16 a) Afloramientos de Columna 4 y Columna 5, Cerro Palomares, se muestra el nivel de correlación entre ambas; b) Columnas levantadas en el sector de Cerro Palomares. ....	37
Figura 17: Columnas 9 y 10; a) Afloramiento de la columna 10 ubicado en la ladera norte del río Penitente; b) Representación gráfica de la columna 10; c) Afloramiento de la columna 9 ubicado en la ladera sur del río Penitente; d) Representación gráfica de la columna 9.....	38
Figura 18: Representación de columnas estratigráficas del sector oeste del área de estudio (C7, C15 y C6), las cuales representan los principales afloramientos con brechas monomícticas. ....	39
Figura 19: Columnas 1, 2 ,3 y 13, cuyos afloramientos se ubican en los acantilados del río San José.....	40
Figura 20: Columna 12 (C12); a) Vista de afloramiento, ubicado en sector este del área de estudio; b) Representación de la columna levantada.....	41
Figura 21: Mapa Isobático base Formación Palomares.....	42
Figura 22: Mapa Isobático techo Formación Palomares. ....	43
Figura 23: Ubicación pozos ES1-ES7 y afloramientos de Formación Palomares y El Salto. ....	44
Figura 24: Perfil sísmico del sector de estudio, se muestra en color rojo el techo de la Formación El Salto a partir de los pozos ES2-ES6, mientras con color rosa el techo de la Formación El Salto a partir de los pozos ES1 y ES7, la traza del perfil y ubicación de pozos se muestra en la imagen inferior izquierda. ....	45
Figura 25: Ubicación en profundidad de marcadores de TES1 y TES2 en pozo ES7, notar disminución de GR bajo TES2, y contrastes en la resistividad. ....	48
Figura 26: a) Mapa de ubicación regional; b) Ubicación zona de estudio en Región de Magallanes; c) Ubicación de muestras geoquímicas en zona de estudio. ....	49
Figura 27: Clasificación de muestras mediante diagrama TAS (Le Bas et al., 1986). ....	50
Figura 28: Diagrama AFM para muestras de toba (Irvin y Baragar, 1971).....	51
Figura 29: Piroclastos juveniles dentro de la Formación Palomares; a) Pómez altamente vesiculadas; b) Pómez de ~1 mm; c) Escorias redondeadas de ~6 cm; d) Escorias redondeadas de ~5 cm.....	52

Figura 30: Tobas de ceniza fina y masiva en el área de estudio; a) Depósitos masivos color blanco de 30 cm de espesor; b) Depósitos con laminación de 50 cm de espesor; c) Depósitos masivos, gruesos 50 cm de espesor. ....53

Figura 31: Toba cristalina en matriz vítrea, y masiva; a) Afloramiento de 3 metros aproximados, con presencia de moldes de vegetales; b) Estructuras de lapilli acorazado; c) Fósil de mamífero de 5 cm de diámetro d) Madera carbonizada en posición vertical; e) Pipas de segregación de fluidos; f) Concentración de clastos mayores en base erosiva, g) Corte delgado de muestra 370, nicoles paralelos, h) Corte delgado de muestra 370, nicoles cruzados. ....55

Figura 32: Toba lítica; a) Estructura interna con estratificación cruzada y segregación de pómez; b) Lapilli acrecional; c) Concentración de clastos en la base de las estratificaciones; d) Pipas de segregación de fluidos; e) Laminación convoluta, f) Corte delgado, nicoles paralelos, g) Corte delgado, nicoles cruzados.....57

Figura 33: Toba lítica tamaño lapilli medio a bloque; a) afloramiento en rio Penitente se observa base erosiva; b) Afloramiento rio Rubens, muestra clara estratificación cruzada; c) Carácter monomíctico del depósito; d) Afloramiento en cerro Palomares con estratificación cruzada.....58

Figura 34: Litofacies de brecha piroclástica, se observa el carácter monomíctico y la mala selección; a) Deposito de la litofacies en rio Rubens, aproximadamente 10 metros de espesor; b) Deposito de la litofacies en cerro La Virgen, aproximadamente 50 metros de espesor; c) Deposito en cerro la virgen, presenta nivel de aproximadamente 50 centímetros con estratificación paralela de régimen alto, entre los niveles masivos; d) Estratificación paralela de régimen alto (lápiz de escala).....59

Figura 35: Litofacies de brecha monomíctica; a) Depósito cercano a rio Rubens, da muestra de clastos angulosos y mala selección en un depósito monomíctico (martillo de escala); b) Afloramiento en mayor cota que a), da muestra de clastos de hasta 2 metros; c) Cristales de piroxeno de hasta 2 milímetros en clastos del depósito (cubre lente de escala); d) Cristales de piroxeno tanto en matriz como en clastos (martillo de escala). 60

Figura 36: Ubicación Litofacies F7; a) Ubicación dentro del área de estudio; b) Ubicación en relación a rio Rubens.....61

Figura 37: Litofacies de depósitos de brecha; a) Vista general de uno de los afloramientos en cercanías de rio Rubens; b) Clasto basáltico vesiculado, presenta

casaca por enfriamiento (martillo de escala); c) Contacto nítido erosivo lateral; d) Vista de afloramiento con presencia de clastos mayores basálticos angulosos de aproximadamente 1,5 metros y presencia de base erosiva (martillo de escala); e) Vista cercana a afloramiento, se observa el carácter polimíctica y la mala selección de la litofacies y la base erosiva que pone en contacto la litofacies con un nivel fino (martillo de escala).....62

Figura 38: Facies de brecha sedimentaria; a) Depósito de amplia extensión, presenta estructura lobular (martillo de escala); b) Depósito con extensión lateral limitada y estructura lobular (martillo de escala); c) madera carbonizada dentro del depósito (martillos de escala); d) madera carbonizada; e) Hueso de mamífero (martillo de escala).....63

Figura 39: Litofacies de basalto; a) Ubicación geográfica de afloramientos; b) Afloramiento sector Este (martillo de escala), c) Afloramientos Rio Rubens (martillo de escala), d) Corte delgado, nicoles paralelos, e) Corte delgado, nicoles cruzados. ....65

Figura 40: Facies de flujos piroclásticos; a) Litofacies F2 con base tractiva; b) Litofacies F2 sin clastos mayores.....67

Figura 41: Variaciones laterales de depósitos de oleada piroclástica (Modificado de Chough y Sohn, 1990); a) Depósito de Litofacies F5; b) Depósito de Litofacies F4; c) Depósito de Litofacies F3; d) Depósitos de Litofacies F2, afloramiento columna 12 (C12). ....68

Figura 42: Evolución vertical teórica de facies volcánicas. ....71

Figura 43: Distribución de facies en área de estudio. ....75

Figura 44: Distribución en subsuelo de Palomares inferior y Palomares superior. ...76

Figura 45: Estratificación cruzada con acumulación de clastos en un extremo; sector Cerro Palomares. ....77

Figura 46: Estratificaciones cruzadas indicando dirección de flujo de Oeste a Este; a) Diagrama de interpretación (Modificado de Cole, 1991); b) Estratificación tipo a; c)-f) Estratificaciones tipo b; g) Estratificación tipo e. ....78

Figura 47:a) Levantamiento aeromagnético realizado por ENAP; b) Interpretación geofísica (Johnson y Zietz, 1988).....80

Figura 48: Dimensiones del área seleccionada para el cálculo de volumen de la Unidad inferior de la Formación Palomares. ....82

Figura 49: a) Ubicación de pozos utilizados; b) Curva de Madurez vs Profundidad; c) Gradientes termales teoricos; todos los datos a partir de Pinto et al. (2016). .....	84
Figura 50: Esquema paleogeográfico del Eoceno (?). .....	86
Figura 51: Esquema paleogeográfico del Oligoceno-Mioceno inferior. ....	87
Figura 52: Mapa ubicación depósitos calco-alcálinos; Cuadros negros: Tobas intercaladas a Fm. Sta. Cruz; triángulos negros: Intrusivos y depósitos exclusivamente volcánicos.....	88
Figura 53: Esquema paleogeográfico del Mioceno inferior, NPMA: Arco volcánico calco-alcálico relacionado a subducción. ....	89
Figura 54: Esquema paleogeográfico del Mioceno superior, EGA: Estancia Gleencross Area.....	90