



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**IDENTIFICACIÓN MINERALÓGICA Y GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS, EN
BÚSQUEDA DE METALES PRECIOSOS EN MAGALLANES, CHILE.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

NICOLÁS ANTONIO AYALA LARA

PROFESOR GUÍA

DANIEL MONCADA DE LA ROSA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN

BRIAN TOWNLEY CALLEJAS

GREGORY PAUL DE PASCALE

KATJA DECKART

SANTIAGO DE CHILE

2022

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE GEÓLOGO

POR: **NICOLÁS ANTONIO AYALA LARA**

FECHA: 2022

PROF. GUÍA: DANIEL MONCADA DE LA ROSA

El interés por encontrar nuevos horizontes en el campo de la extracción de recursos minerales ha llevado a emplear nuevos avances tecnológicos para acceder a lugares que en algún periodo se creían inalcanzables. Es difícil poder imaginar los inmensos recursos minerales que contiene tanto el agua de mar como los fondos marinos (Lusty & Murton 2018), es más, Chile es poseedor de un valioso territorio oceánico, el que se extiende 200 millas náuticas desde la línea de costa al oeste (Rojas & Cabezas, 2010) y que guardaría promisorios recursos submarinos.

En este estudio, se presentan los resultados de la composición geoquímica y mineralógica de sedimentos marinos y de bahía recolectados en el estrecho de Magallanes y alrededores de la región más austral de Chile, a bordo del crucero AGS-61 “Cabo de Hornos” en el marco del proyecto CIMAR 25 del año 2019. Durante el trabajo de investigación se obtuvieron un total de 84 muestras sedimentarias con el objetivo de entender la distribución, concentración y proveniencia de posibles metales preciosos. La zona está caracterizada por una interconexión de canales, fiordos e islas formadas por procesos glaciares y fluvio-glaciares durante el Pleistoceno (Rudolph *et al.*, 2014), además cuenta con un historial minero que avala el posible descubrimiento de recursos naturales, particularmente Au (Martinic 2003). Los análisis realizados corresponden a estudios de petrografía opaca, geoquímica basada en resultados de ICP-MS y ensayos a fuego, además del uso de la herramienta *mini-stage* que detecta presencia de inclusiones fluidas de CO₂ en fragmentos de cuarzo, siendo estas, indicadores explorativos de oro.

La mineralogía metálica encontrada corresponde parcialmente a óxidos de hierro (magnetita-hematita-ilmenita) y sulfuros (pirita-greigita), en general aún incluidos en fragmentos líticos, como granos apartados o relleno de cavidades bioclásticas, esta última subordinada a piritas framboidales de origen autigénico somero. La geoquímica univariada detectó concentraciones por sobre los promedios corticales, marinos y los encontrados en un cinturón de plegamiento orogénico, los que corresponden a As, Ba, Bi, Ca, Cs, In, Li, Mn, Re, S, Sb, Se, Sn, Sr, Te, Ti, V, Tm, Zn y Pd. Se destaca la ocurrencia anómala de metales preciosos como Ag en el golfo Almirante Montt y el canal Concepción (0.161 y 0.101 [ppm]), de Pd en el estero Peel (8 [ppb]), de Pt en el canal Concepción y el canal Smyth (5 y 4 [ppm]) y de Au distribuido principalmente en la provincia de Última Esperanza (6 a 8 [ppb]), además, resalta una muestra de bahía que sugiere la presencia de un depósito de placer aurífero de playa marina (216 [ppb]). También, en este trabajo se han encontrado afinidades de Au-Ag-Cu, sugiriendo la presencia de oro nativo en sectores de golfo Almirante Montt y canal Concepción. Por otro lado, el *mini-stage*, da indicios para la exploración futura en sedimentos costeros encontrados principalmente en el seno almirantazgo.

Las tierras raras (**REE**) han indicado un aporte importante terrígeno continental, en general más afines a patrones félsicos-intermedios. Las afinidades específicas por sector geográfico indican tendencias más demostrativas a la heterogeneidad de fuentes encontradas en la zona de estudio.

AGRADECIMIENTOS

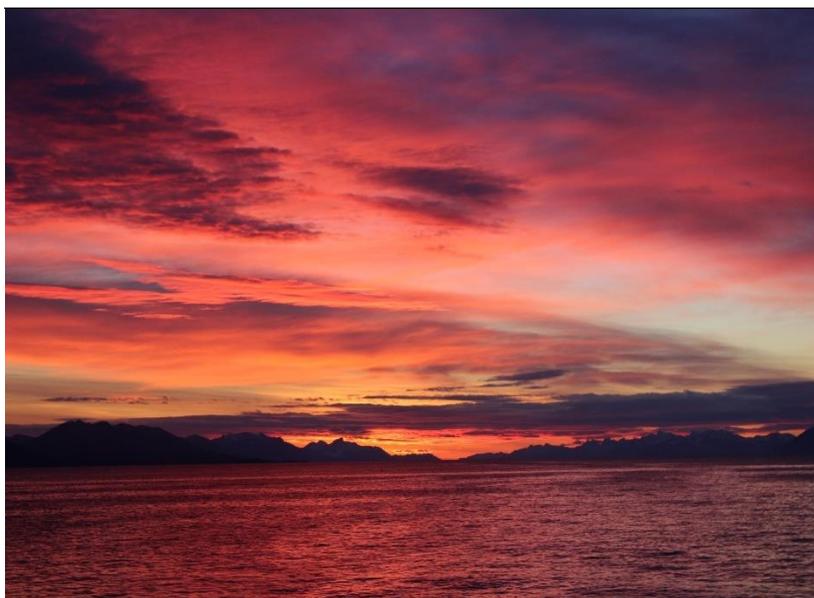


Figura Bonus. "El Ocaso ante ti", vista del estrecho de Magallanes. ¿Cómo no he de estar agradecido? Fotografía de Ángelo Villalobos, seno Almirantazgo, 2019.

La palabra gracias conlleva uno de los actos más antiguos y comunes de las comunidades humanas, que es dar las gracias (XD), es nuestra forma de reconocer al resto, es más que un formalismo social, ya que su valor es trascendental y universal. Siempre he sido agradecido de las oportunidades que la vida me va otorgando, este es un buen momento para hacerlo, he de dar gracias por todo el contenido que ella me ha brindado. En especial he de agradecer a mis padres Mayte y Antonio, a mi hermano Martín y a mi abuelo Claudio, núcleo fundamental de lo que denomino familia, a la Lolita también y a toda mi familia cercana, no puedo olvidar a mi perrito Pepe y al Brunito que nos dejaron en estos años que pasaron. A mis amigos, a los Xinos (Carito <3, Palta Ovallina, Xinu, Veinz y Choro Pelágico), a los K de la vida (Mati, Beni, Nano, Potin, Diego, Nachu, Diland, Lore, Pily, Vale y tantos otros) a todos ellos, más aún a los que han calado profundo desde cualquier momento pasado, gracias por compartir tu camino, bueno y las chelas también. He de agradecer también a todos los que hicieron posible que este trabajo sea el cierre de este ciclo de aprendizaje personal y profesional, desde mi profesor guía Dr. Daniel Moncada, al profesor Dr. Eduardo Quiroga que recolectó muestras en la primera instancia de muestreo y en especial a todas las personas que integraron el CIMAR 25 como el Dr. Gregory, Manu, Nico Buono, Marisol, Ángelo, Fran, al personal del buque AGS 61 Cabo de Hornos. No puedo dejar de mencionar al Dr. Brian Townley que me brindó apoyo técnico cuando lo necesité.

Me gustaría terminar esta sección agradeciendo a mi compañerita, que llegó a mi vida hace ya muchos años ya, pero que en el reciente ha entrado en mi vida con otro sentido, a ti caru que me has acompañado pulento en este largo proceso universitario, como una gran amiga de vida. Me encantai <3. Cierro Transmisiones.

INSERTE FRASE MOTIVACIONAL.

Mami me quiero titularsss

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Formulación de Estudio Propuesto	1
1.2 Hipótesis de Trabajo.....	2
1.3 Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
1.4 Ubicación y Acceso.....	4
1.5 Metodología	8
Muestreo de terreno.....	8
Pretratamiento de muestras	9
Mineralogía	9
Geoquímica	10
<i>Mini-Stage</i>	11
2. MARCO GEOLÓGICO	13
2.1 Marco Geotectónico General de Chile Austral	13
2.2 Marco Morfoestructural General de Chile Austral.....	15
2.3 Marco Estratigráfico	17
Complejos Metamórficos y Ofiolíticos (Paleozoico-Mesozoico).....	18
Rocas Estratificadas Australes (Jurásico-Neógeno).....	22
Rocas Intrusivas	29
2.4 Marco Estructural General.....	31
2.5 Marco Metalogénico	34
2.6 Marco Geoquímico	37
2.7 Marco Glaciológico	39
3. MARCO TEÓRICO	41
3.1 Placeres Auríferos.....	41
Definición y Clasificaciones	41
Condiciones y Procesos en la Formación de Placeres Auríferos en la Zona Austral de Chile	42
Antecedentes de la Minería Aurífera Aluvial Mundial y Chilena	48
Antecedentes Históricos de la Minería Aurífera Aluvial Magallánica	51
3.2 Geoquímica.....	54

ICP-MS.....	54
Ensayo a Fuego	54
Distribución Normal y Lognormal.....	55
Prueba de Bondad de Ajuste, Estadístico Anderson-Darling.....	56
Diagrama de Caja (<i>Boxplot</i> o <i>Box & Whiskers plot</i>).....	57
Correlación de Pearson.....	58
Tierras raras (REE).....	59
3.3 Inclusiones de CO₂ en vetas de cuarzo-oro y su papel en la solubilidad del oro orogénico.....	61
4. RESULTADOS.....	63
4.1 Muestreo	63
4.2 Mineralogía.....	69
4.3 Geoquímica.....	72
Control de Calidad	72
Análisis Univariable.....	73
Análisis Bivariable	103
REE	104
4.4 Mini-Stage	111
5. DISCUSIONES.....	114
6. CONCLUSIONES.....	136
7. RECOMENDACIONES.....	138
8. BIBLIOGRAFÍA.....	140
9. ANEXO	159
9.1 Anexo A: Información Literatura	159
9.2 Anexo B: Mineralogía.....	160
B.1 Petrografía de Minerales Opacos.....	160
9.3 Anexo C: Geoquímica.....	169
C.1 Control de Calidad.....	169
C.2 Resultados ICP-MS multi-elemento y 12-REE, Geoquímica	177
C.3 Resultados Ensayo a Fuego Au, Pt y Pd.....	237
C.4 Estadígrafos básicos de estadística univariada	239
C.5 Histogramas con ajuste a distribución normal para datos convertidos a Ln().....	243
C.6 Histogramas con ajuste a distribución normal para datos brutos.	247
C.7 Diagramas de cajas de todos los elementos.....	249

C.8. Matriz de Correlación de Pearson.	253
C.9 REE y algunos elementos trazas.....	254
C.10 REE bibliográficos por unidad geológica.....	261
9.4 Anexo D: Mini-Stage	263

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Rangos de detección de análisis ME-MS61LTM , para elementos (48) analizados con ICP-MS , en ALS	10
Tabla 1.2. Rangos de detección de análisis MS61L-REETM , para elementos traza (12) analizados con ICP-MS , en ALS	10
Tabla 1.3. Límite de detección para Au , Pt y Pd , en ensayo a fuego de laboratorio BV Chile Minerals	11
Tabla 2.1. Concentración media de metales ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) contenidos en los sedimentos marinos comprendidos entre la Zona Central y Sur de la región de Magallanes, Ahumada (2006).	37
Tabla 3.1. Producción Estimada de Oro de Placeres de los Principales Distritos y Países hasta 1981 (Portigliati, 1999).....	48
Tabla 3.2. Producción Histórica de Oro en Chile y producción de lavaderos, Portigliati, (1999).	49
Tabla 3.3. Interpretación de la correlación de Pearson (r).....	58
Tabla 3.4. REE de meteoritos condriticos.....	60
Tabla 3.5. Comparación de depósitos de oro orogénico y IRGD	61
Tabla 4.1. Primera Etapa de Muestreo, Región de Magallanes y Antártica Chilena, Provincias de Última Esperanza y Magallanes.....	65
Tabla 4.2. Segunda Etapa de Muestreo, Lecho Marino, Región de Magallanes y Antártica Chilena, Provincias de Magallanes y Tierra del Fuego.	66
Tabla 4.3. Segunda Etapa de Muestreo, Sedimentos de Bahía, Región de Magallanes y Antártica Chilena, Provincias de Magallanes y Tierra del Fuego.	68
Tabla 4.4. Minerales opacos encontrados en muestras de sedimentos marinos australes.....	70
Tabla 4.5. Valores de P-value, con método Anderson-Darling para verificar distribución lognormal de los datos.	74
Tabla 4.6. Valores de P-value, con método Anderson-Darling para verificar distribución normal de los datos.	75
Tabla 4.7. Parámetros estadísticos univariados resultantes, de los datos obtenidos en la región de Magallanes.	76
Tabla 4.8. Concentraciones de elementos estratégicos de algunos depósitos encontrado en Chile (si no, se menciona país cercano).	93
Tabla 4.9. Correlación de Pearson entre Au y los demás elementos químicos.	103
Tabla 4.10. Correlación de Pearson entre Ag y los demás elementos químicos.	104
Tabla 4.11. REE por sector geográfico, indicando sumatoria de REE (ΣREE).	105
Tabla 4.12. LREE (Tierras raras livianas) y HREE (Tierras raras pesadas) normalizadas al condrito, promedios por sector.	106
Tabla 4.13. Radios de REE en los sectores.	108

Tabla 4.14. Resultados Generales de Mini-Stage.	111
Tabla 5.1. Correlación de Pearson entre Au-Ag-Cu para diferentes unidades encontradas en la Región de Aysén (Townley et al., 2000).	118
Tabla 5.2. Resumen de las principales fuentes de los sedimentos superficiales estudiados en la zona de estudio.	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa de la región de Magallanes y la Antártida Chilena con sus respectivas provincias, A: Prov. Última Esperanza, B: Prov. De Magallanes, C: Prov. de Tierra del Fuego y D: Prov. Antártica Chilena. Además, presenta la distribución de los principales sitios de navegación para este estudio (ArcGis, ESRI).	5
Figura 1.2. Mapa con trazo de la Ruta 9, camino que da acceso a Punta Arenas desde el aeropuerto. Se señala la distribución de los diferentes terminales de accesibilidad vial portuaria (MTT, 2020) (ArcGis, ESRI).	6
Figura 1.3. Mapa que indica áreas protegidas de la zona de estudio (MMA, 2021).	7
Figura 1.4. Proceso de muestreo a bordo del buque. A. Draga tipo Van Veen (59 L), siendo utilizada para extraer sedimento de lecho marino en la región de Magallanes. B. Recolección de muestra desde la draga. C. Contenedor climatizado para guardar las muestras durante la campaña de terreno.	8
Figura 1.5. Briquetas pulidas (derecha) y microscopio Olympus CX41 (izquierda), usados para estudio petrográfico.	9
Figura 1.6. Mini-Stage utilizado para detectar burbujas de CO ₂ en cristales milimétricos de cuarzo.	12
Figura 2.1. Mapa con configuración geodinámica actual de Sudamérica y océano Pacífico. Se observan las zonas de contacto entre las placas Nazca, Antártica, Sudamericana y Scotia, con sus respectivas dinámicas. Basado en D’Orazio et al. (2000), (ArcGis, ESRI).	14
Figura 2.2. Mapa morfoestructural de la zona sur-austral chilena. Se presenta de oeste a este, el archipiélago Patagónico, la cordillera Patagónica y la cuenca de antepaís de Magallanes (o antepaís andino en Patagonia central). Basado en Charrier et al. (2007), (ArcGis, ESRI).	16
Figura 2.3. Mapa geológico de la zona de estudio, donde se puede observar los principales fallamientos. Modificado de Sernageomin (2003), basado en Klepeis (1994), Klepeis et al. (2010); Maloney et al. (2011); Poblete et al. (2014, 2016), Sandoval et al. (2020), (ArcGis, ESRI).	17
Figura 2.4. Mapa con los complejos metamórficos y ofiolíticos de la zona de estudio (Paleozoico-Mesozoico), que atañen a la zona de estudio en la región de Magallanes y la Antártica chilena. Se puede observar también la cuenca Rocas Verdes. Las abreviaciones de las unidades geológicas corresponden a: CCA Complejo Ofiolítico Capitán Aracena; CMCD Complejo Metamórfico Cordillera de Darwin; CMDA Complejo Metamórfico Diego de Almagro; CD Complejo Denaro; CDY Complejo Duque de York; CMAO Complejo Metamórfico Andino Oriental; TMD Terreno Madre de Dios; CS Complejo Ofiolítico Sarmiento; CT Calizas Tartlon; SD Suit Darwin. Basado en Calderón et al. (2016), (ArcGis, ESRI).	18
Figura 2.5. Estratigrafía simplificada de las secuencias ubicadas en el área de estudio de la región de Magallanes y Antártica chilena (Jurásico-Cuaternario), para cada una de las	

provincias, asociando los principales eventos tectónicos australes. Modificado de Mpodozis et al. (2011).	22
Figura 2.6. Mapa esquemático de la geología estructural presente en la zona de estudio. Se puede observar el área y la componente principal que ocupa la faja plegada y corrida de magallanes (FPCM), también se aprecian los trazos y cinemáticas de la zona de falla Magallanes-Fagnano (ZFMF), la falla Deseado (FD), la zona de cizalle Canal de las Montañas (ZCCM) y la zona de cizalle Seno Arcabuz (ZCSA). Basado en Kraemer (2003), Poblete et al. (2014) y Calderón et al. (2016), (ArcGis, ESRI).....	33
Figura 2.7. Mapa metalogénico de la zona de estudio, con ampliación en el sector de concentración de placeres auríferos. Basado en ENAMI (1965), Portigliati (1999), Martinic (2003) y SONAMI (2017), (ArcGis, ESRI).	36
Figura 2.8. Límites del último máximo glacial (LGM) y la distribución de los campos de hielo actuales en Patagonia. Adicionalmente se mencionan las precipitaciones y temperaturas actuales (Hulton et al., 2002).	39
Figura 2.9. Mapa simplificado del flujo de hielo presente en el Cenozoico Tardío y la extensión de los lóbulos en Tierra del Fuego (Tomado de Balocchi et al., 2021; basado en Bentley et al., 2005; Caldenius, 1932; Clapperton et al., 1995; Darvill et al., 2014, 2017; Glasser & Jansson, 2008; Meglioli, 1992; Rabassa et al., 2000, 2011). (1)MS: Lóbulo estrecho de Magallanes. (2)BI-BSSb: Lóbulo bahía Inútil - San Sebastián. (3)LF-SA: Lóbulo lago Fagnano - seno Almirantazgo. (4)BC: Lóbulo canal Beagle. GPG: Gran glaciación patagónica.	40
Figura 3.1. Áreas de acumulación de hielo glacial y del movimiento generalizado del hielo Pleistoceno (Tomado de Greiner, 1991; basado en Raedeke, 1978).	47
Figura 3.2. Mapa del sector sur de Magallanes en el que se identifica el máximo glacial en línea punteada (LGM) y sus retiradas progresivas en azul (RP1-3), además de la dirección de los hielos en flechas negras (Tomado de Sandoval et al., 2020).	47
Figura 3.3. Distribución de los principales placeres auríferos chilenos hasta el siglo XX (Tomado de Portigliati, 1999).	50
Figura 3.4. Depósitos de oro aluvial en río Verde, se observan canaletas para concentrar el mineral. Tierra del Fuego (Tomado de Penrose, 1908).	51
Figura 3.5. Draga de oro en el área de Punta Arenas, 1910 (Tomado de Cuadra & Dunkerley, 1991).	52
Figura 3.6. Representación gráfica que ejemplifica las distribuciones estadísticas normal y lognormal, con sus diferentes parámetros estadísticos.	55
Figura 3.7. Diagrama de caja (Boxplot), con los elementos del gráfico (Wickham & Stryjewski, 2011).	57
Figura 3.8. Diagrama esquemático de $\log fO_2 - pH$ para la solubilidad del oro, mostrando campos de solubilidad del oro para complejos oro-bisulfurados (Tomado de Gaboury, 2019). ..	62
Figura 4.1. Resultados de muestreo CIMAR 25 en zona de estudio. Destacan en rojo y verde los lugares de muestreo de lecho marino, en azul destacan los muestreos de bahía y/o desembocadura de río. Mapa vectorial tomado de la biblioteca del congreso nacional (BCN), (ArcGis, ESRI).	64
Figura 4.2. Mapa que registra ubicación de briquetas descritas petrográficamente, (ArcGis, ESRI).	69
Figura 4.3. Piritas encontradas en las muestras. A. Piritas euhedrales limonitizada (NA2). B. Piritas anhedrales (NA22). C. Piritas framboidales relleno de cavidades (NA33). D. Piritas	

<i>framboidales relleno de cavidades de bioclasto (NA36). E. Pirita framboidales relleno de cavidades de fragmento lítico (NA41). F. Pirita como grano individual (NA21).</i>	71
Figura 4.4. <i>Contenido medio en la corteza continental superior (CCS) vs análisis de muestras sedimentarias de Magallanes, la recta segmentada roja indica una proporción 1:1. El punto representa la media calculada (rojo: elemento con límite umbral superior mayor a media continental, azul: ídem menor a media), el intervalo representa min. y máx. para cada elemento.</i>	79
Figura 4.5. <i>Contenido medio en sedimentos marinos (SM) vs análisis de muestras sedimentarias de Magallanes, la recta segmentada naranja indica una proporción 1:1. El punto representa la media calculada (verde: elemento con límite umbral superior mayor a media marina, azul claro: ídem menor a media) y el intervalo representa el min. y el máx. para cada elemento.</i>	80
Figura 4.6. <i>Contenido medio en rocas de faja plegada (FP) y basamento metamórfico patagónico vs análisis de muestras sedimentarias de Magallanes, la recta segmentada marrón indica una proporción 1:1. El punto representa la media calculada (marrón: elemento con límite umbral superior mayor a de faja plegada, azul claro: ídem menor a media) y el intervalo representa el min. y el máx. para cada elemento</i>	81
Figura 4.7. <i>Mapa con distribución geográfica de muestras agrupadas por zonas geográficas, para asociar con gráficas de concentración, ya que siguen el mismo patrón de orden,(ArcGis, ESRI).</i>	82
Figura 4.8. <i>Concentración de As [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.</i>	83
Figura 4.9. <i>Concentración de Bi [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.</i>	83
Figura 4.10. <i>Concentración de Ca [%] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.</i>	84
Figura 4.11. <i>Concentración de In [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.</i>	84
Figura 4.12. <i>Concentración de Li [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.</i>	85
Figura 4.13. <i>Concentración de Mn [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.</i>	85
Figura 4.14. <i>Concentración de Re [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.</i>	86
Figura 4.15. <i>Concentración de S [%] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.</i>	86
Figura 4.16. <i>Concentración de Sb [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.</i>	87
Figura 4.17. <i>Concentración de Se [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.</i>	87
Figura 4.18. <i>Concentración de Sr [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.</i>	88
Figura 4.19. <i>Concentración de Te [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados.</i> ..	88
Figura 4.20. <i>Concentración de Ti [%] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.</i>	89

Figura 4.21. Concentración de Zn [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.	89
Figura 4.22. Concentración de Ba [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.	90
Figura 4.23. Concentración de Cs [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.	90
Figura 4.24. Concentración de Sn [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.	91
Figura 4.25. Concentración de V [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.	91
Figura 4.26. Concentración de Tm [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.	92
Figura 4.27. Diagramas de caja de elementos que presentan anomalía general positiva, se destacan los outliers.	94
Figura 4.28. Diagramas de caja de elementos que presentan anomalía general positiva, se destacan los outliers.	95
Figura 4.29. Diagrama de caja para las concentraciones de plata (Ag) [ppm] en la zona de estudio. La línea segmentada indica la media de los datos, línea roja indica abundancia cortical superior (CCS), línea verde indica abundancia en sedimentos marinos (SM).....	96
Figura 4.30. Mapa de distribución de plata (Ag) [ppm] en la zona de estudio, diferenciación en base a concentración cortical superior promedio, (ArcGis, ESRI).	97
Figura 4.31. Diagrama de caja para el paladio (Pd) [ppb], contrastada con concentraciones generales. Línea segmentada indica la media de los datos, línea roja indica abundancia cortical superior (CCS), línea verde indica abundancia en sedimentos marinos (SM), línea marrón indica abundancia en una faja plegada (FP).....	98
Figura 4.32. Mapa de distribución de Pd [ppb] en la zona de estudio, categorización en base a media de análisis y abundancias geoquímicas generales, (ArcGis, ESRI).	99
Figura 4.33. Diagrama de caja para el oro (Au) [ppb] con escala log10, contrastada con concentraciones geoquímicas generales. Línea segmentada indica la media de los datos, línea roja indica abundancia cortical superior (CCS), línea verde indica abundancia en sedimentos marinos (SM), línea marrón indica abundancia en basamento metamórfico patagónico y la faja plegada estándar (FP), línea azul indica abundancia en batolito patagónico.....	100
Figura 4.34. Mapa de distribución de oro (Au) [ppb] en la zona de estudio, categorización en base a abundancias geoquímicas generales, (ArcGis, ESRI).	101
Figura 4.35. Mapa de distribución de platino (Pt) [ppb] en la zona de estudio, en base a límite de detección y abundancia geoquímica general, (ArcGis, ESRI).	102
Figura 4.36. Diagrama de fraccionamiento de Tierras Raras (REE) normalizadas al condrito, para los diferentes sectores de muestreo evidenciados en la Figura 4.7. * Abundancia de Condrito (Pourmand et al., 2012).	107
Figura 4.37. Diagrama La-Th-Sr de sedimentos marinos mostrando variaciones debido a la composición de la fuente. Los cuadrados blancos representan los valores medios de rocas ígneas generales (Granito-Granodiorita-Basalto, usado en Cullers & Podkovyrov (2002)).	109
Figura 4.38. Diagrama de ratios Eu/Eu* y Th/Sr de sedimentos marinos, evidenciando fuentes generales (Granito-Granodiorita-Basalto, usado en Cullers & Podkovyrov (2002)).	110

Figura 4.39. Resultados mini-stage para muestras pertenecientes a bahías y desembocaduras de río, en la Península de Brunswick, se observan en rojo el porcentaje de detritos de cuarzo que arrojaron burbujas de cada muestreo, (ArcGis, ESRI).....	112
Figura 4.40. Resultados mini-stage para muestras pertenecientes a bahías y desembocaduras de río, entre Islas Dawson y Capitán Aracena, se observan en rojo el porcentaje de detritos de cuarzo que arrojaron burbujas de cada muestreo, (ArcGis, ESRI).	112
Figura 4.41. Resultados mini-stage para muestras pertenecientes a bahías y desembocaduras de río, entre la Isla Tierra del Fuego y los fiordos de la Cordillera de Darwin, se observan en rojo el porcentaje de detritos de cuarzo que arrojaron burbujas de cada muestreo, (ArcGis, ESRI).	113
Figura 5.1. Mapa IDW de concentraciones de Au [ppb] para entender sectores con concentraciones elevadas y tendencias. Los puntos negros indican los sectores muestreados, (ArcGis, ESRI).	116
Figura 5.2. Bahía Snug con localización de sectores muestreados y resultados auríferos. En líneas celestes se identifican sectores de probable interés económico, por ser sectores deposicionales. (ArcGis, ESRI).	117
Figura 5.3. Ocurrencia de los depósitos marinos ricos en REE (editado de Balaram, 2019).	119
Figura 5.4. Diagrama de fraccionamiento REE de las unidades geológicas y de las muestras obtenidas en el sector norte de la zona de estudio.	122
Figura 5.5. Diagrama ternario La-Th-Sc de sedimentos marinos colectados en el sector norte de la zona de estudio, con diferentes unidades geológicas asociadas al sector.	122
Figura 5.6. Diagrama de radios Eu/Eu* y Th/Sc de sedimentos marinos del sector norte de la zona de estudio, evidenciando unidades litológicas de la zona. La cruz de color indica el promedio de cada zona geográfica.	123
Figura 5.7. Diagrama de fraccionamiento REE de las unidades geológicas y de las muestras obtenidas en el sector centro-norte de la zona de estudio.	124
Figura 5.8. Diagrama ternario La-Th-Sc de sedimentos marinos recolectados en el sector centro-norte de la zona de estudio, con diferentes unidades geológicas asociadas al sector. ...	125
Figura 5.9. Diagrama de radios Eu/Eu* y Th/Sc de sedimentos marinos del sector norte de la zona de estudio, evidenciando unidades litológicas de la zona. La cruz de color indica el promedio de cada zona geográfica.	125
Figura 5.10. Diagrama de fraccionamiento REE de las unidades geológicas y de las muestras obtenidas en el sector oeste del estrecho de Magallanes.	127
Figura 5.11. Diagrama ternario La-Th-Sc de sedimentos marinos recolectados en el sector oeste del estrecho de Magallanes, con diferentes unidades geológicas asociadas al sector.....	128
Figura 5.12. Diagrama de radios Eu/Eu* y Th/Sc de sedimentos marinos del sector oeste del estrecho de Magallanes, evidenciando unidades litológicas de la zona. La cruz de color indica el promedio de cada zona geográfica.	128
Figura 5.13. Diagrama de fraccionamiento REE de las unidades geológicas y de las muestras obtenidas en el sector este del estrecho de Magallanes.	130
Figura 5.14. Diagrama ternario La-Th-Sc de sedimentos marinos recolectados en el sector este del estrecho de Magallanes, con diferentes unidades geológicas asociadas al sector.	130
Figura 5.15. Diagrama de radios Eu/Eu* y Th/Sc de sedimentos marinos del sector este del estrecho de Magallanes, evidenciando unidades litológicas de la zona. La cruz de color indica el promedio de cada zona geográfica.	131

Figura 5.16. Geología y posible flujo de material sedimentario de muestras GP-13, GP-14 y GP-15, (ArcGis, ESRI).	133
Figura 5.17. Geología y posible flujo de material sedimentario de muestras GP-5, (ArcGis, ESRI).....	134
Figura 5.18. Geología y posible flujo de material sedimentario de muestras GP-7 y GP-9, (ArcGis, ESRI).	135

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de la cantidad de oro (<i>Aup</i>) contenido en un placer. “ <i>D</i> ” corresponde a la densidad media de la roca madre (ton/m^3), “ <i>Ad</i> ” es el área de la cuenca erodada (km^2), “ <i>C</i> ” es el contenido medio del oro en la roca madre [ppb], “ <i>T</i> ” es la duración del ciclo erosivo (<i>Ma</i>), “ <i>R</i> ” es la velocidad media de denudación ($\text{cm}/1000$ años) y “ <i>E</i> ” es la eficiencia ([%]) (Loen, 1991).	43
Ecuación 2. Rango intercuartílico (IQR), calculado como la diferencia entre el cuartil 3 y el 1.	57
Ecuación 3. Coeficiente de correlación de Pearson, n representa el total de datos, X y Y corresponden a las variables a correlacionar.	58
Ecuación 4. Normalización de REE al condrito. X representa la concentración de un REE y sus subíndices M , el medido en este estudio, C , el obtenido del condrito y n , su valor normalizado.	59
Ecuación 5. Relación para entender la anomalía del Eu, de Eu/Eu^*	59

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Formulación de Estudio Propuesto

A lo largo de la historia, el interés por encontrar nuevos horizontes en lo que se refiere a extraer recursos minerales ha llevado a utilizar a la ciencia para acceder a lugares que en algún periodo de la humanidad se creían indómitos. Uno de esos lugares son los fondos marinos. Es difícil poder imaginar los inmensos recursos minerales que contiene tanto el agua de mar como los fondos (Lusty & Murton, 2018), es más, Chile es poseedor de un valioso territorio oceánico, que guarda promisorios recursos submarinos. Con los avances tecnológicos disponibles para explorar y explotar estos recursos, la comprensión y determinación de estos está en constante aumento.

Es sabido que la zona más austral del continente sudamericano se caracteriza por una interconexión de canales, fiordos, senos, golfos e islas formadas por procesos glaciares y fluvio-glaciares (Patagonia chilena, 42°50'-56°30'), generados durante el Pleistoceno (Rudolph *et al.*, 2014). Hace 12000 años, los casquetes glaciares se encontraban expandidos ocupando gran parte de la superficie de la zona (Clapperton, 1994), en la actualidad se observa retroceso glacial, fuerte erosión fluvio-glacial y transgresión marina generando un contacto con el océano, principalmente por el estrecho de Magallanes (52°25'-54°27'S).

Hasta la fecha han sido pocas, pero no menores, las publicaciones acerca de fiordos y canales australes magallánicos con muestreo de fondo marino (Brambati *et al.*, 1991; Mosca & Fontolan, 1991; Lenardon, 1991; Ahumada *et al.*, 2002; Pineda *et al.*, 2002; Ahumada, 2006; Silva, 2006; Rudolph *et al.*, 2014). Esta situación se debe a que el área de estudio posee un difícil acceso y que, al mismo tiempo, presenta una topografía muy irregular y un clima bastante hostil, que en general le han permitido permanecer protegido del impacto humano (Mansilla *et al.*, 2013).

La región de Magallanes y la Antártica chilena cuenta con gran historial minero que avala el posible descubrimiento de recursos naturales, principalmente carbón, petróleo y oro, este último alcanzando producciones estimadas en 3,5 [t] entre 1869-1950 (Anexo A). Se reconoce, además, que las exploraciones científicas en búsqueda de minerales metálicos y no metálicos se iniciaron a finales del siglo XIX, cuando ya se conocía la existencia de yacimientos de lignito y placeres auríferos (Penrose, 1908; Martinic, 2003). Según Martinic (2003), se registraron nuevos intentos mineros de carácter empresarial en la región Magallánica, inclusive en sectores submarinos en el centro y oriente del estrecho, que aparentemente no tuvieron éxito. Uno de los más interesantes recursos minerales no energéticos de Chile, en este contexto, corresponde a los placeres de Au que son encontrados en diferentes playas y canales del sur de Chile y que podrían probablemente extenderse en los cañones submarinos (García *et al.*, 2020).

Según Portigliati *et al.* (1988) se define placer de área glaciada como: “un depósito sedimentario económico, generado a partir de la liberación total o parcial de partículas minerales pesadas albergadas en rocas, depósitos minerales o depósitos sedimentarios preexistentes, las cuales son transportadas, concentradas y depositadas por procesos principalmente mecánicos” (p.396), sumado a esto, señalan que el hielo que ha actuado durante las glaciaciones cuaternarias habría sido el principal agente erosivo y transportador (hielo-agua). Greiner (1991) clasifica los yacimientos aluvionales auríferos de Chile, determinando estos placeres como relacionados con morrenas cuaternarias de Tierra del Fuego y Magallanes, propone que el origen del hielo y, por lo tanto, de gran parte de estos depósitos, debe buscarse en la cordillera de Darwin, también hace mención de que el oro se presenta casi únicamente como partículas pequeñas y que ya han sido explotados en el pasado.

La disminuida información pública sobre la química y la mineralogía ligada al contenido económico de los sedimentos del estrecho de Magallanes, hacen que este estudio sea pionero en su campo para esta zona austral chilena con historia económica. El estudio de minerales pesados en los sedimentos detríticos es de suma importancia, ya que es útil para definir una procedencia, igualmente esto podría tener aplicaciones en estratigrafía, tectónica, paleogeografía y magmatismo (Pineda *et al.*, 2002). En particular, para la exploración constituye una herramienta necesaria para identificar y determinar yacimientos sedimentarios, como el antes descrito placer aurífero.

Este trabajo de título ha sido desarrollado en el marco de un proyecto de investigación, llevado a cabo en el buque científico de la Armada chilena AGS-61 Cabo de Hornos en la expedición número 25 del crucero de investigación marina en áreas remotas (**CIMAR**) organizado por el comité oceanográfico nacional (**CONA**) y el servicio hidrográfico y oceanográfico de la armada de Chile (**SHOA**).

1.2 Hipótesis de Trabajo

En lechos submarinos de fiordos y canales australes, asimismo como en sedimentos de bahía y de ríos australes de la región de Magallanes, existen concentraciones anómalas de metales preciosos, en particular oro (Au) y en menor medida plata (Ag), paladio (Pd) y platino (Pt), provenientes de la erosión glacial cuaternaria del territorio magallánico. Los depósitos anómalos corresponderían al tipo placer y estos se encontrarían en fiordos y desembocaduras de ríos. Los datos analizados identificarían la distribución de los metales pesados australes, con el fin de que a largo plazo el país pueda contar con más recursos submarinos.

1.3 Objetivos

Objetivo General

- Determinar la composición geoquímica y mineralógica de los sedimentos marinos y de bahía magallánica, para así entender la distribución, concentración y proveniencia de los minerales y metales preciosos de la zona.

Objetivos Específicos

- Determinar la geoquímica de las muestras, para establecer valores medios y anomalías generales.
- Identificar mineralización opaca existente en los sedimentos marinos.
- Reconocer la distribución geográfica de los metales preciosos y otros elementos importantes.
- Identificar posible proveniencia de los sedimentos marinos por área geográfica.

1.4 Ubicación y Acceso

La región de Magallanes y la Antártica chilena (Figura 1) se encuentra ubicada en la zona más austral del territorio nacional y corresponde a la región más extensa del país, limitando al norte con la región de Aysén, al sur con el continente Antártico, al este con soberanía argentina (provincia de Santa Cruz) y al oeste con el océano Pacífico. Las principales unidades de relieve presentes en esta zona son (de oriente a occidente) la Patagonia oriental o trasandina (desde cordillera Dorotea hasta seno Almirantazgo, interrumpida por el estrecho de Magallanes), la cordillera de los Andes patagónicos (desde el campo de Hielo Sur hasta la cordillera de Darwin) y la cordillera occidental Archipiélica, separada del continente por canales (desde canal Paso del Indio hasta canal Beagle) (BCN, s.f; Sernageomin, 2003). Su diversidad climática se refleja en fuertes vientos y bajas temperaturas la mayor parte del año. Por su parte, la vegetación está fuertemente influenciada por las precipitaciones, las cuales fluctúan mucho en la dirección oeste-este, generando grandes variaciones del tipo de vegetación en las diferentes unidades de relieve mencionadas, desde el húmedo bosque magallánico en los archipiélagos hasta la seca estepa fría magallánica en la Patagonia (BCN, s.f).

El objetivo de este estudio es analizar sedimentos marinos pertenecientes a las provincias de Última Esperanza, Magallanes y Tierra del Fuego ($49^{\circ}54' - 54^{\circ}32' S$), por lo que las zonas de interés primordial son canales, bahías, golfos y fiordos que conforman la situación topográfica del sector (Figura 1.1). Debido a esto, el acceso a los puntos de interés queda restringido solamente a transportes marinos. Para ingresar a la zona de estudio de la provincia superior se accede desde el océano Pacífico a través del canal Trinidad ($50^{\circ}S$), el canal Concepción ($50^{\circ}50'S$) o el estrecho Nelson ($51^{\circ}42'S$). Por otra parte, a la provincia de Magallanes y Tierra del Fuego se puede acceder ingresando desde el océano Pacífico por el estrecho de Magallanes, o ingresando desde el puerto terminal Pratt o el terminal Mardones de Punta Arenas (ubicados en el mismo poblado), a los cuales se puede ingresar tomando la ruta 9 hacia el sur, desde el aeropuerto internacional presidente Carlos Ibáñez del Campo (Figura 1.2).

Las áreas protegidas son porciones del territorio colocadas bajo protección oficial con el fin de asegurar la diversidad biológica, tutelar la prevención de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental. Las áreas protegidas encontradas en la zona de estudio pueden reconocerse en la Figura 1.3 y corresponden a parques nacionales, parques marinos, reservas nacionales, reservas de la biósfera, reserva forestal, santuario de la naturaleza, áreas marinas costeras protegidas y monumentos naturales (MMA, 2021).

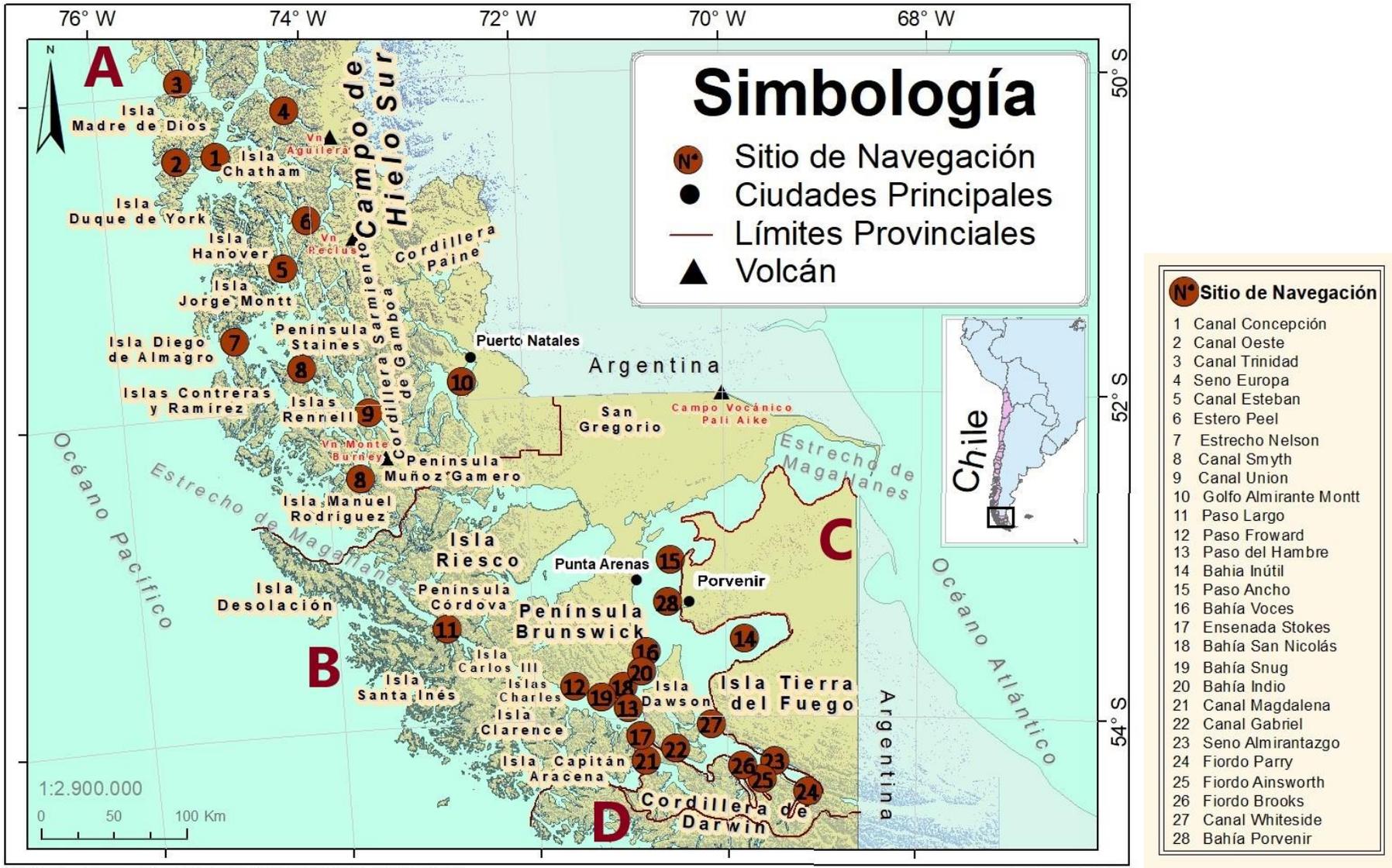


Figura 1.1. Mapa de la región de Magallanes y la Antártida Chilena con sus respectivas provincias, **A:** Prov. Última Esperanza, **B:** Prov. De Magallanes, **C:** Prov. de Tierra del Fuego y **D:** Prov. Antártica Chilena. Además, presenta la distribución de los principales sitios de navegación para este estudio (ArcGis, ESRI).

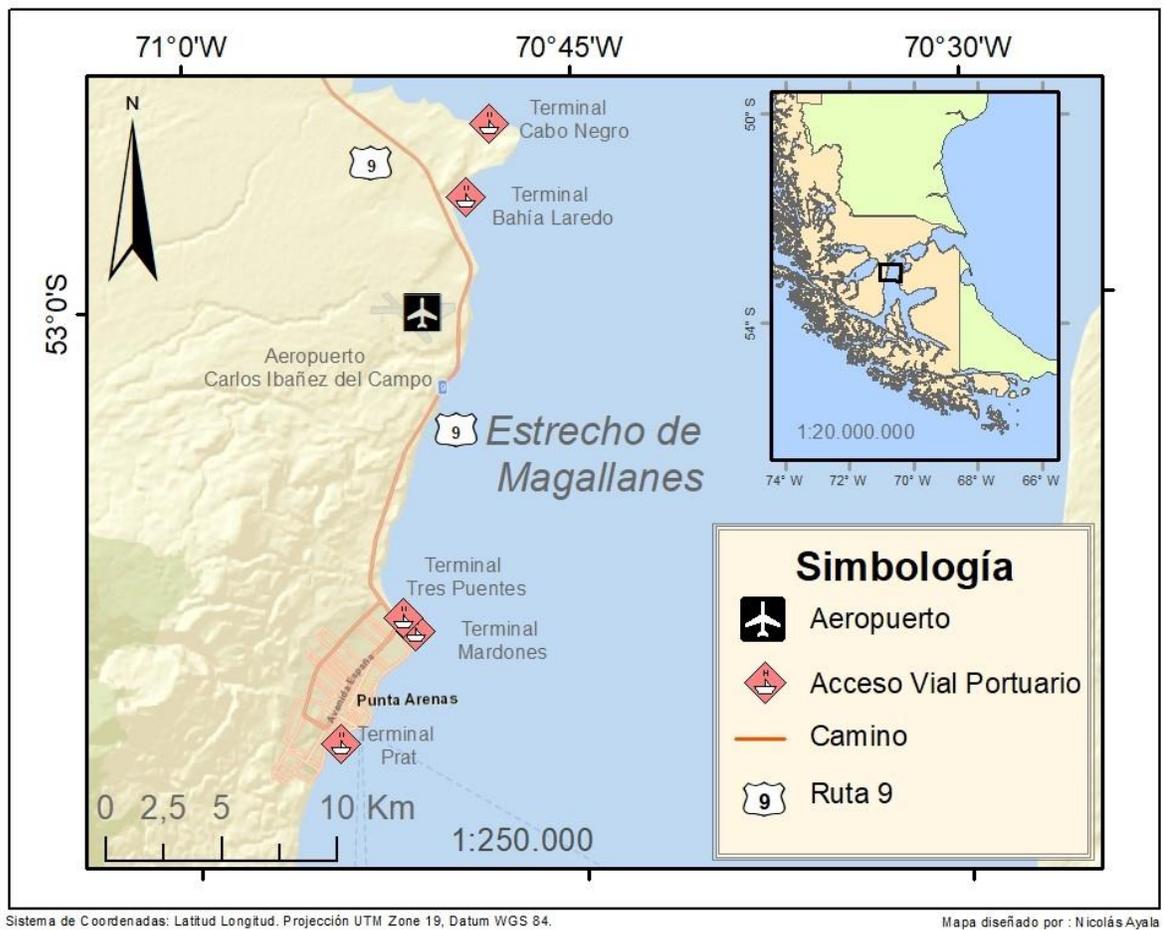


Figura 1.2. Mapa con trazo de la Ruta 9, camino que da acceso a Punta Arenas desde el aeropuerto. Se señala la distribución de los diferentes terminales de accesibilidad vial portuaria (MTT, 2020) (ArcGis, ESRI).

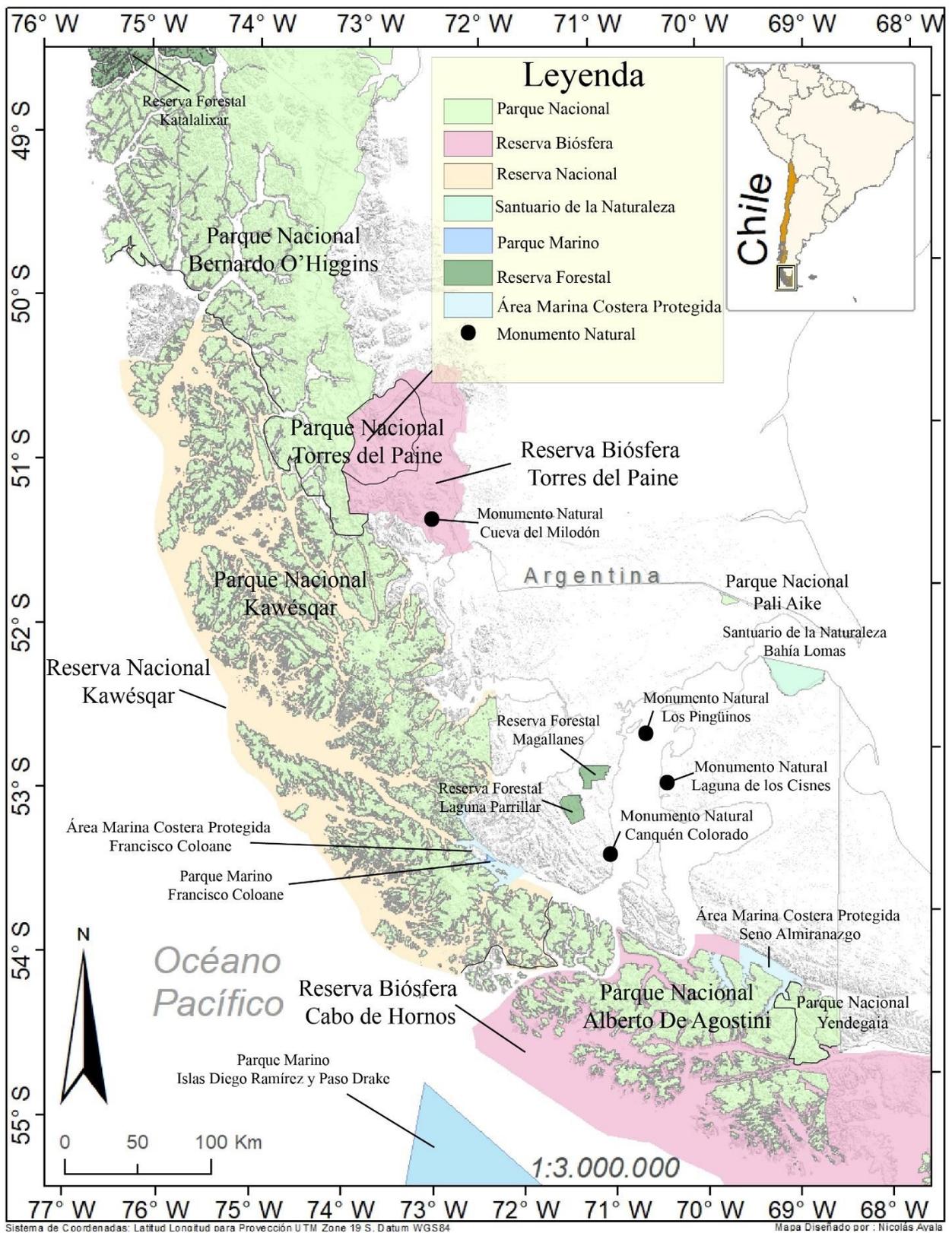


Figura 1.3. Mapa que indica áreas protegidas de la zona de estudio (MMA, 2021).

1.5 Metodología

Muestreo de terreno

A bordo del crucero **AGS-61** “Cabo de Hornos” en el proyecto **CIMAR 25**, liderado por el **CONA** y el **SHOA**, se recolectó, a manos de académicos y estudiantes de geología, el estrecho de Magallanes y alrededores de la región austral. Los proyectos principalmente realizaron labores geofísicas y de extracción de material marino. El que atañe a este proyecto se centró en la extracción de suelo y subsuelo marino a través de una draga tipo Van Veen de 59 litros de capacidad (Figura 1.4, A). Para ello, fue necesario y oportuno la adquisición de datos geofísicos que ayudaron al entendimiento de la estratigrafía del subsuelo y así a la optimización del punto de muestreo.

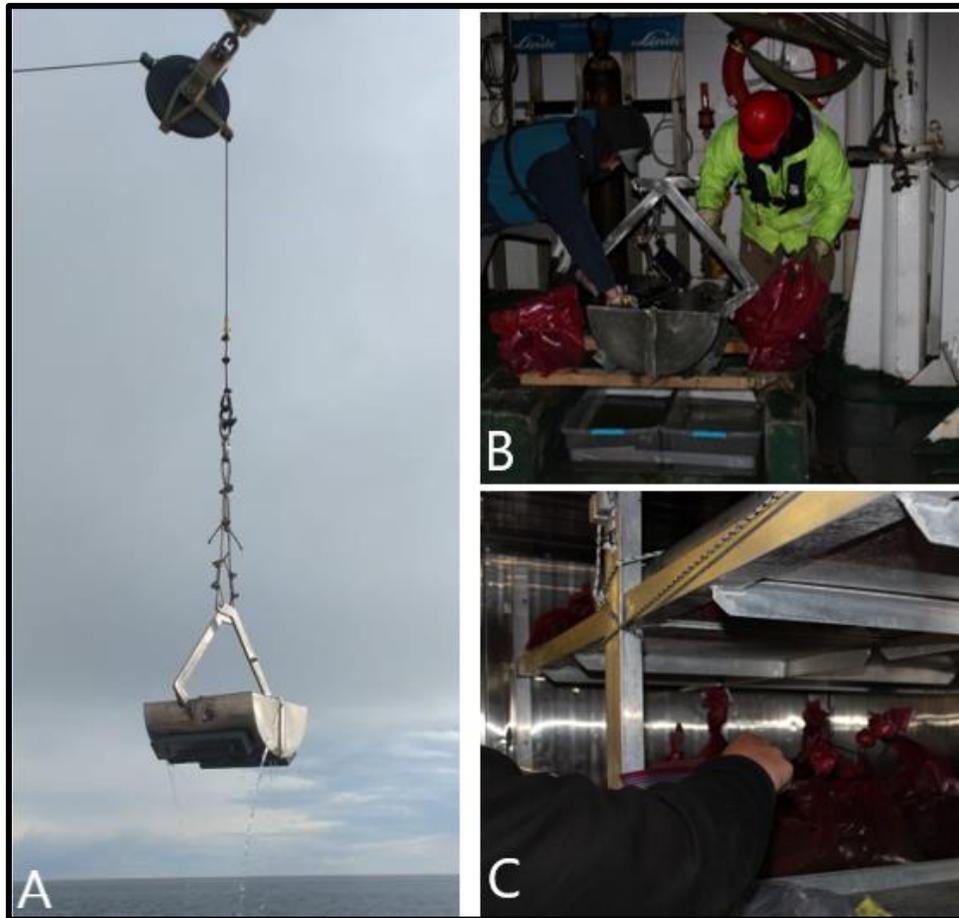


Figura 1.4. Proceso de muestreo a bordo del buque. **A.** Draga tipo Van Veen (59 L), siendo utilizada para extraer sedimento de lecho marino en la región de Magallanes. **B.** Recolección de muestra desde la draga. **C.** Contenedor climatizado para guardar las muestras durante la campaña de terreno.

El sedimento fue recolectado en sacos etiquetados (Figura 1.4, B y C), generando así una base de datos del muestreo (Tabla 4.1 y 4.2). También se recolectó sedimento perteneciente a

bahías y desembocaduras de ríos (Tabla 4.3). Cabe destacar que el muestreo se dividió en dos etapas, una primera etapa que fue realizada por un grupo de científicos de la biología y una segunda a cargo de geólogos. Es importante mencionar, que se analizaron las muestras de las dos etapas. Particularmente, en la primera etapa del proyecto **CIMAR 25**, se recolectaron 22 muestras, que no superan los 5 kg; en cambio, en la segunda etapa se recolectó una cantidad apropiada de muestra (~30 [kg] por muestra) para ser trabajada correctamente según la metodología de laboratorio establecida.

Pretratamiento de muestras

Luego del proceso anterior, las muestras fueron transportadas al Departamento de Geología de la **FCFM** de la Universidad de Chile, estas se dejaron secar al aire libre para así eliminar parte del contenido líquido salino que poseían. Es necesario tener en cuenta que la metodología detallada más adelante no se efectuó a su cabalidad en todas las muestras, debido a que algunas no poseen una cantidad óptima de masa, en particular las obtenidas en la primera etapa del proyecto. El análisis geoquímico y mineralógico necesita de un tratamiento sedimentario previo. Este se llevó a cabo en el laboratorio de tratamiento de muestras y consistió en un tamizaje en seco y en húmedo para las fracciones de los sedimentos de bahía y de lecho marino, respectivamente.

Mineralogía

Para el análisis mineralógico de las muestras marinas, se tamizaron los sedimentos secos finos en las mallas #35(0,5mm o 1 ϕ) y #120 (0,125mm o 3 ϕ), para el caso de los sedimentos costeros o de bahía se tamizó solo con la malla #35. Este producto fue convertido en briquetas pulidas (Figura 1.5) y descrito petrográficamente con microscopía óptica de luz reflejada (Microscopio Óptico Modelo Olympus **CX41**, Figura 1.5), en el laboratorio de microscopía del Departamento de Geología de la Universidad de Chile, generando una base de datos de la mineralogía opaca existente.

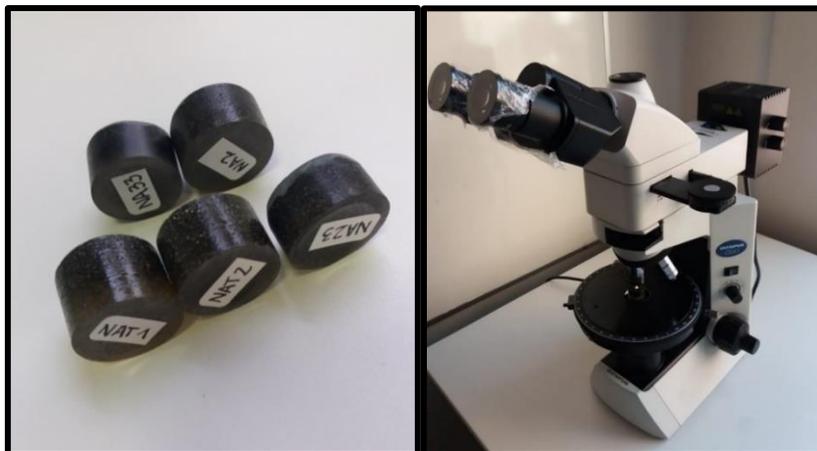


Figura 1.5. Briquetas pulidas (derecha) y microscopio Olympus **CX41** (izquierda), usados para estudio petrográfico.

Geoquímica

Para el estudio geoquímico se procedió a ocupar sedimentos concentrados entre 1 ϕ y 3 ϕ , ocupando al menos 200 gramos de muestra para cada análisis. Estas fueron sometidas a un análisis **ICP-MS** (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente) multi-elemento, obteniendo información de 60 elementos, entre ellos 12 tierras raras. Parte del análisis (**ME-MS61LTM** y **MS61L-REETM**) se hizo en los laboratorios de **ALS** (*Australian Laboratory Services*, sede en Chile), donde se generó un pretratamiento digestivo multi-ácido que consistió en ocupar cuatro ácidos (HNO₃, HClO₄, HF y HCl) que disuelven casi todos los minerales de la mayoría de las muestras geológicas, además las tecnologías de **ICP-MS** de **ALS** proporcionan amplios límites de detección, mejorando así la detección de los elementos (Tabla 1.1 y 1.2). El mismo análisis, se realizó para muestras diferentes en los laboratorios de *Bureau Veritas Chile Minerals* (**BV**) bajo los mismo estándares y tratamientos, pero con límites de detección diferentes pero no distantes.

Tabla 1.1. Rangos de detección de análisis **ME-MS61LTM**, para elementos (48) analizados con **ICP-MS**, en **ALS**.

Rangos de Detección ([ppm], o [%] si lo menciona)							
Ag	0.002-100	Cu	0.02-10000	Na	0.001[%]-10[%]	Sr	0.02-10000
Al	0.01[%]-50[%]	Fe	0.002[%]-50[%]	Nb	0.005-500	Ta	0.01-500
As	0.02-10000	Ga	0.05-10000	Ni	0.08-10000	Te	0.005-500
Ba	1-10000	Ge	0.05-500	P	0.001[%]-1[%]	Th	0.004-10000
Be	0.02-1000	Hf	0.004-500	Pb	0.01-10000	Ti	0.001[%]-10[%]
Bi	0.002-10000	In	0.005-500	Rb	0.02-10000	Tl	0.002-10000
Ca	0.01[%]-50[%]	K	0.01[%]-10[%]	Re	0.0004-50	U	0.01-10000
Cd	0.005-1000	La	0.005-10000	S	0.01[%]-10[%]	V	0.1-10000
Ce	0.01-500	Li	0.2-10000	Sb	0.02-10000	W	0.008-10000
Co	0.005-10000	Mg	0.01[%]-50[%]	Sc	0.01-10000	Y	0.01-500
Cr	0.3-10000	Mn	0.2-100000	Se	0.006-1000	Zn	0.2-10000
Cs	0.01-500	Mo	0.02-10000	Sn	0.02-500	Zr	0.1-500

Tabla 1.2. Rangos de detección de análisis **MS61L-REETM**, para elementos traza (12) analizados con **ICP-MS**, en **ALS**.

Rango de Detección Tierras Raras [ppm]					
Dy	0.005-1000	Ho	0.002-1000	Sm	0.004-1000
Er	0.004-1000	Lu	0.002-1000	Tb	0.002-1000
Eu	0.004-1000	Nd	0.005-1000	Tm	0.002-1000
Gd	0.005-1000	Pr	0.004-1000	Yb	0.004-1000

Para la determinación de Au, de la segunda etapa de muestreo (Figura 4.1, puntos verdes) se hizo un análisis de ensayo a fuego (**Au-ICP21**) con recogida de plomo en conjunto con **ICP-MS** para la detección (Rodríguez *et al.*, 2014), en los mismos laboratorios de **ALS**. El límite de detección que se genera con este método es de 1 [ppb]. A su vez, para la primera etapa de muestreo se realizó ensayo a fuego (**FA350**) con recogida de plomo para Au, Pt y Pd, utilizando **ICP-ES** para la detección de los elementos en los laboratorios de **BV** (Tabla 1.3).

Tabla 1.3. Límite de detección para Au, Pt y Pd, en ensayo a fuego de laboratorio **BV** Chile Minerals.

Límites de detección [ppb]					
Au	2	Pt	3	Pd	2

Con los resultados de los datos, se procedió a verificar su exactitud y precisión, corroborando con los estándares, blancos y duplicados generados en los laboratorios correspondientes (Anexo C1).

El análisis estadístico de los datos fue generado en el software Minitab *Statistical*, en el cual se generó un análisis estadístico de normalidad de los datos, verificando el comportamiento distributivo de ellos, con ajustes normales y log-normales, generando posteriormente estadística univariada y correlación de Pearson para entender comportamientos del Au y Ag.

Mini-Stage

El *Mini-Stage* (Figura 1.6), patente 201603428, es un nuevo utensilio tecnológico diseñado y fabricado por la geóloga Samanta Aravena de la Universidad de Chile, el cual es capaz de detectar inclusiones fluidas de CO₂ de manera sencilla y práctica. Cabe mencionar que el aparato es confeccionado en el laboratorio de fabricación digital (Fablab) ubicado en las dependencias de la **FCFM**.

Este equipo posee una serie de engranajes que al girarlos funcionan como una prensa fragmentadora de cristales. Estos cristales milimétricos han de disponerse inmersos en glicerina líquida, entre dos placas de vidrio (porta objetos) que funcionan como paredes que trituran los cristales. Si los cristales presentan inclusiones de dióxido de Carbono, en el momento del fracturamiento se liberarán burbujas de CO₂, que quedarán inmersas en la glicerina debido a la insolubilidad que poseen en este medio y por lo tanto podrán ser visibles con lupa.

Para este estudio, se trituraron fragmentos milimétricos de cuarzo extraídos de la fracción detrítica gruesa obtenida en bahías australes, teniendo el cuidado de que estos tengan una

proveniencia hidrotermal, esto significa evitando cuarzos pertenecientes a rocas ígneas. Así fue determinada la presencia relativa de este gas en los cristales de cuarzo triturados.

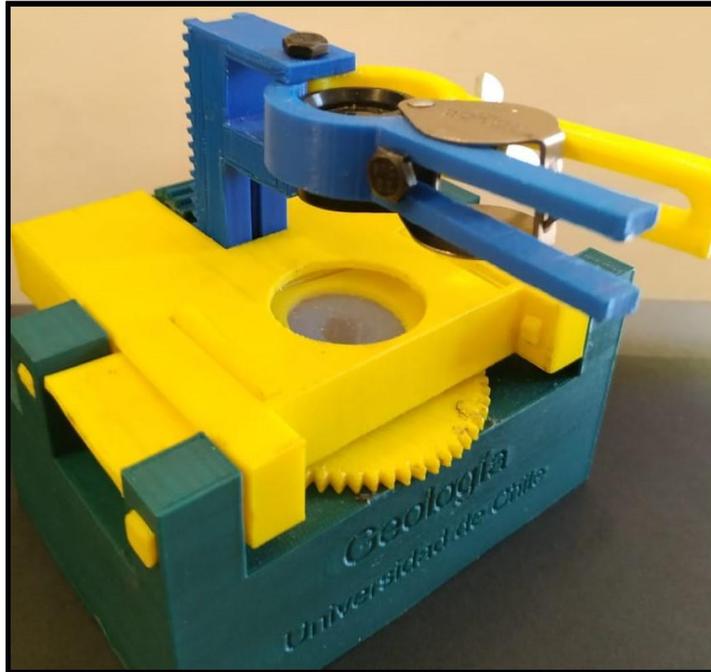


Figura 1.6. Mini-Stage utilizado para detectar burbujas de CO_2 en cristales milimétricos de cuarzo.

2. MARCO GEOLÓGICO

2.1 Marco Geotectónico General de Chile Austral

En general, la evolución del territorio chileno ha sido resultado del efecto que genera la subducción de la placa Pacífica (y Protopacífica) bajo el continente sudamericano. Esta fuerza es la que genera la cadena de montañas que rigen los Andes, los cuales tienen una continua disminución en su elevación hacia la zona más austral (Pankhurst & Hervé, 2007).

La geodinámica tectónica cenozoica (Figura 2.1) de este sector austral está formada principalmente por la convergencia de las placas Nazca y Antártica bajo la placa Sudamericana, generando dinámicas de subducción y particularmente dando origen a la fosa de Chile. Por otra parte, se generan movimientos transformantes sinestrales en el límite de las placas Scotia y Sudamericana (D'Orazio *et al.*, 2000), deformando el sector austral americano y formando zonas de falla. Entre las placas Nazca y Antártica se genera la dorsal de Chile, con dinámicas transformantes y divergentes. La dorsal presenta un evento reciente (14 Ma) de colisión con la fosa chilena, a la latitud de Tierra del Fuego, generando así el punto triple de Chile, que actualmente se ubica cercano a la península de Taitao (46°50'S).

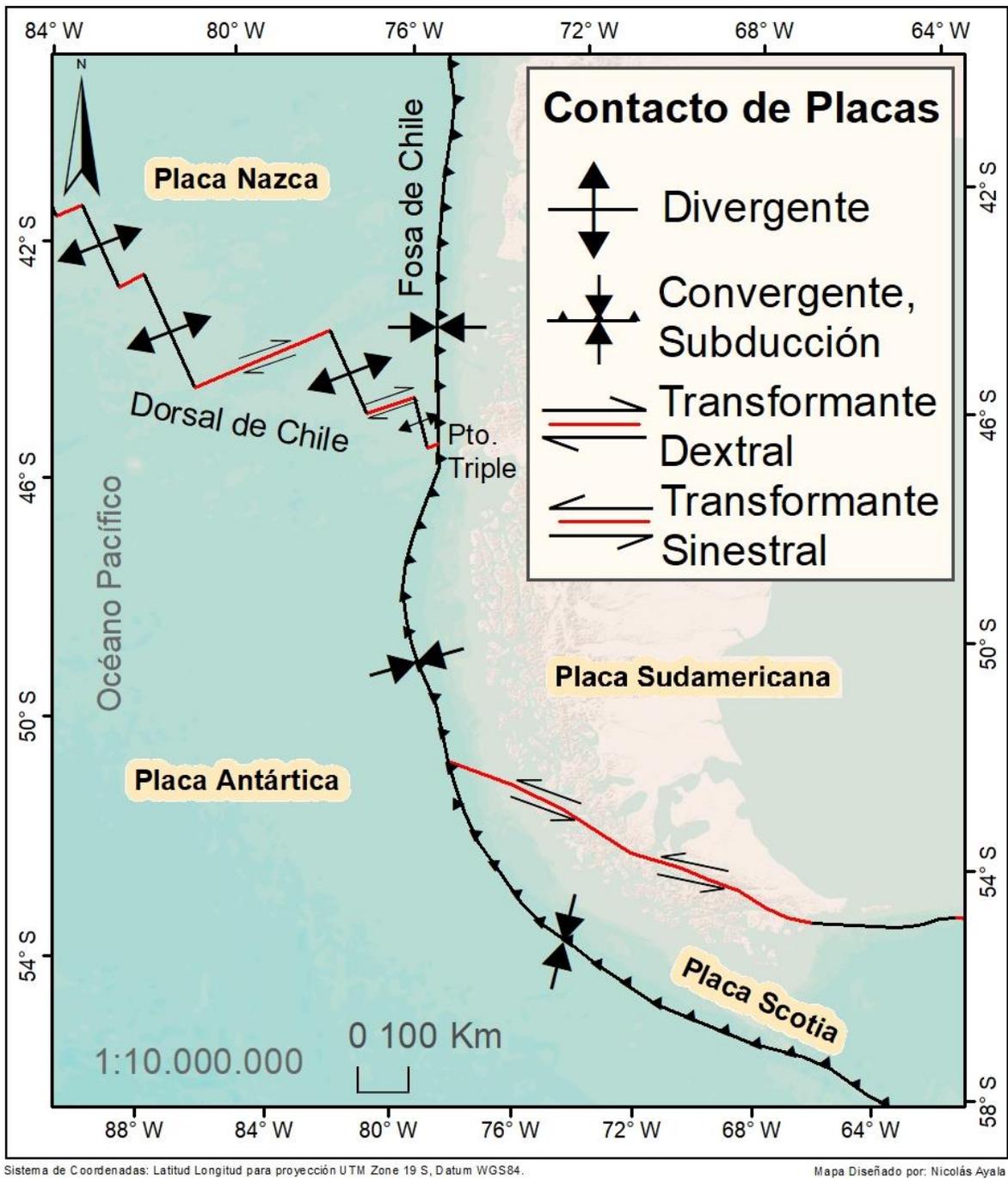


Figura 2.1. Mapa con configuración geodinámica actual de Sudamérica y océano Pacífico. Se observan las zonas de contacto entre las placas Nazca, Antártica, Sudamericana y Scotia, con sus respectivas dinámicas. Basado en D’Orazio et al. (2000), (ArcGis, ESRI).

2.2 Marco Morfoestructural General de Chile Austral

Natland *et al.* (1974) indican que al sur del golfo de Penas (47°S), a lo largo de la Patagonia austral, se observan tres unidades morfoestructurales que atañen al territorio chileno, las cuales se exponen a continuación de occidente a oriente (Figura 2.2).

- La cordillera Archipiélica o archipiélago Patagónico; se considera como el equivalente austral de la cordillera de la Costa. Está constituida, a lo largo de la costa Pacífica, por una franja con gran cantidad de islas, penínsulas y archipiélagos debido a la intensa erosión glacial modeladora de los valles australes. Se extiende continuamente hasta el cabo de Hornos y está compuesta principalmente por complejos metamórficos, como la isla Madre de Dios, Duque de York y la isla Diego de Almagro (Sepúlveda *et al.*, 2007; Hervé *et al.*, 2008), e intrusivos del Batolito Patagónico (Hervé *et al.*, 2007).
- La cordillera Patagónica o Principal; al este del archipiélago, se extiende como un cinturón montañoso relativamente bajo que cambia de orientación norte-sur a noreste-sureste bajo los 52° de latitud sur. Es importante mencionar que en este dominio se emplazan los grandes campos de hielo continentales y también remanentes australes que cubren islas como la isla Santa Inés, Clarence o Tierra del Fuego (Cordillera de Darwin). Está compuesto por la zona oriental del Batolito Patagónico (De la Cruz *et al.*, 2004), complejos metamórficos como el Andino oriental (Hervé, 1993) o el que corresponde a la cordillera de Darwin (Kohn *et al.*, 1995), ofiolitas y rocas volcánicas de la cuenca Rocas Verdes (Calderón *et al.*, 2016), y más al oriente la Faja plegada y corrida de Magallanes.
- La cuenca de Magallanes o cuenca de antepaís Andina en la Patagonia central; se extiende desde el este de la cordillera Patagónica hasta el Océano Atlántico, cubriendo gran parte de la provincia de Magallanes. Se trata de una cuenca de antepaís con secuencias marinas y continentales, presentando rocas sedimentarias, volcánicas y volcanoclásticas, que se preservan principalmente en la parte oriental de la faja plegada y corrida de Magallanes y en la pampa magallánica (Natland *et al.*, 1974).

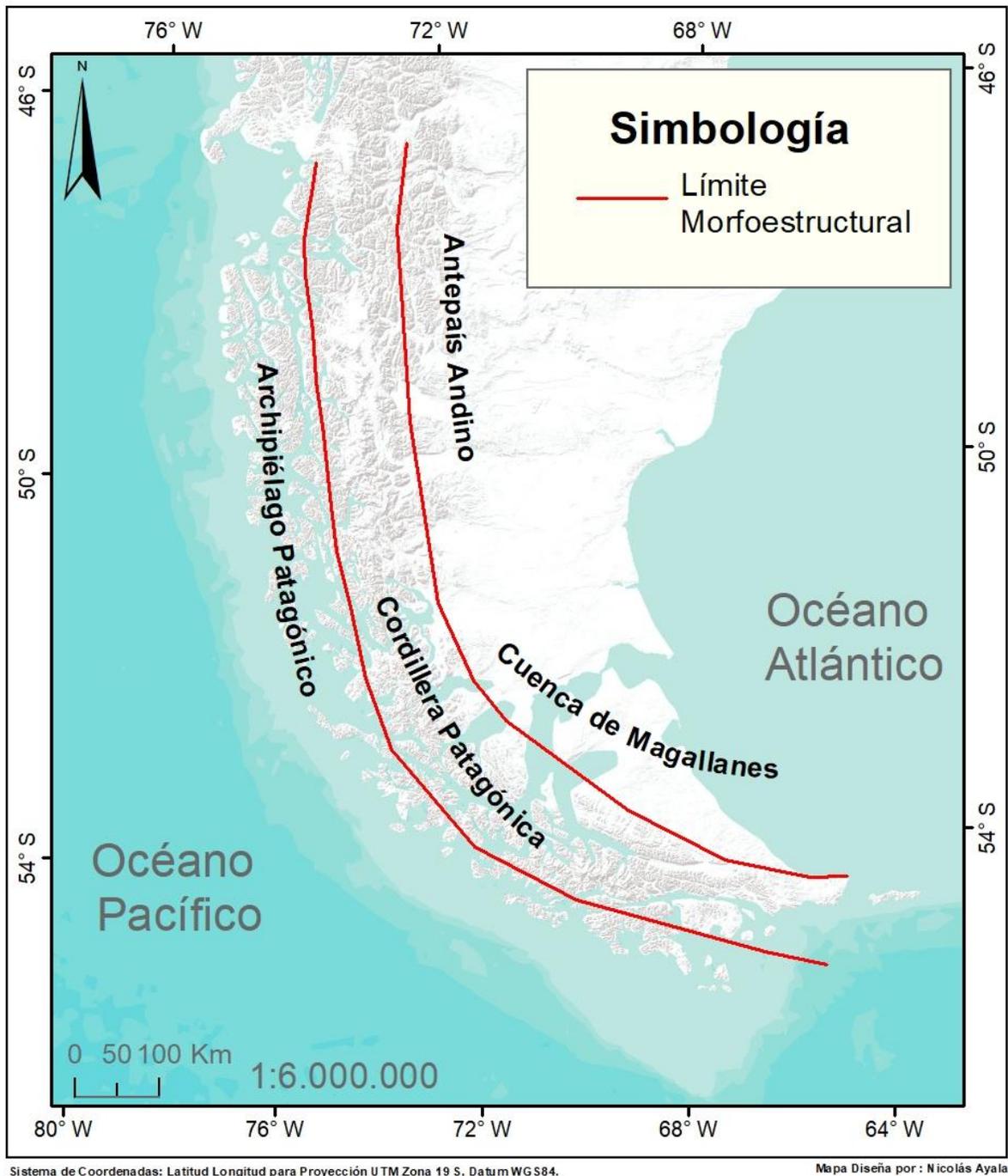


Figura 2.2. Mapa morfoestructural de la zona sur-austral chilena. Se presenta de oeste a este, el archipiélago Patagónico, la cordillera Patagónica y la cuenca de antepaís de Magallanes (o antepaís andino en Patagonia central). Basado en Charrier et al. (2007), (ArcGis, ESRI).

2.3 Marco Estratigráfico

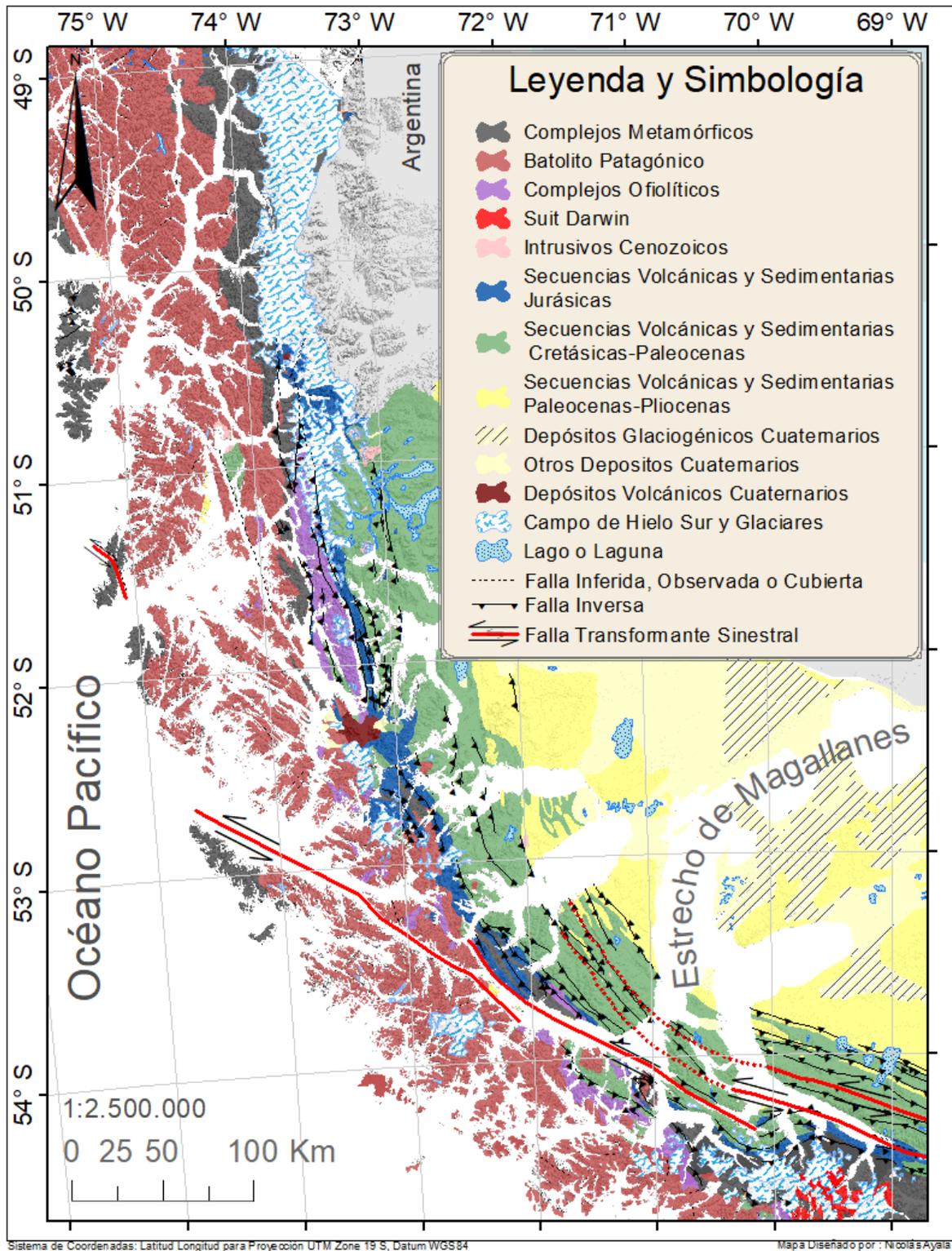


Figura 2.3. Mapa geológico de la zona de estudio, donde se puede observar los principales fallamientos. Modificado de Sernageomin (2003), basado en Klepeis (1994), Klepeis et al. (2010); Maloney et al. (2011); Poblete et al. (2014, 2016), Sandoval et al. (2020), (ArcGis, ESRI).

Complejos Metamórficos y Ofiolíticos (Paleozoico-Mesozoico)

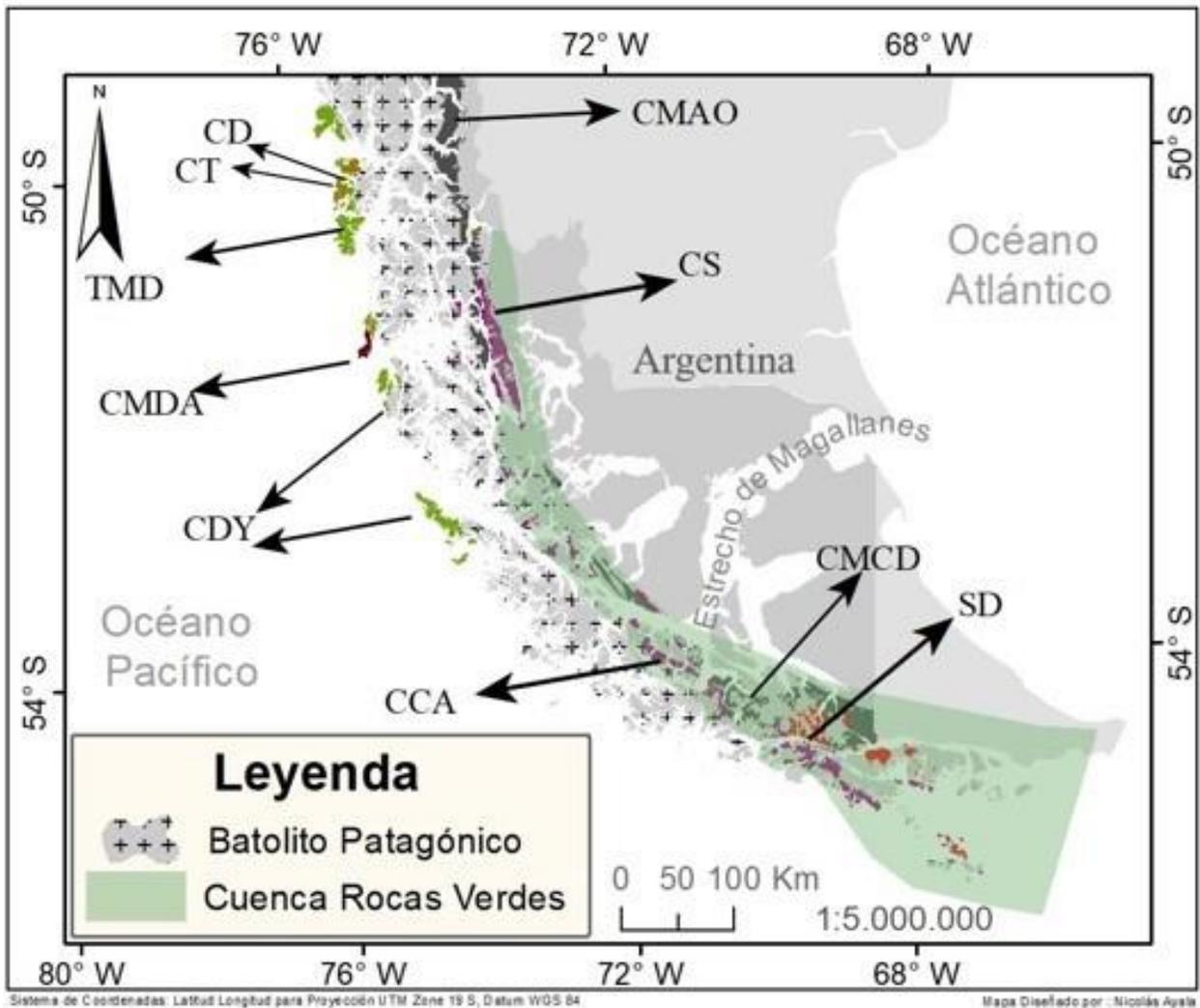


Figura 2.4. Mapa con los complejos metamórficos y ofiolíticos de la zona de estudio (Paleozoico-Mesozoico), que atañen a la zona de estudio en la región de Magallanes y la Antártica chilena. Se puede observar también la cuenca Rocas Verdes. Las abreviaciones de las unidades geológicas corresponden a: **CCA** Complejo Ofiolítico Capitán Aracena; **CMCD** Complejo Metamórfico Cordillera de Darwin; **CMDA** Complejo Metamórfico Diego de Almagro; **CD** Complejo Denaro; **CDY** Complejo Duque de York; **CMAO** Complejo Metamórfico Andino Oriental; **TMD** Terreno Madre de Dios; **CS** Complejo Ofiolítico Sarmiento; **CT** Calizas Tartlon; **SD** Suit Darwin. Basado en Calderón et al. (2016), (ArcGis, ESRI).

-Complejo Metamórfico Andino Oriental (CMAO)

El Complejo Metamórfico Andino Oriental (Hervé, 1993), que incluye unidades previamente definidas por Lagally (1975) en la región de Aysén, así como por Forsythe & Allen (1980) en la región de Magallanes (Complejo Staines), aflora principalmente en la cordillera patagónica andina, al este del Batolito Patagónico, desde el lago General Carrera (46°S) hasta el norte del campo de Hielo Sur (49°S) (Hervé, 1993; Hervé *et al.*, 2008).

Esta constituido, por un dominio oriental en el norte, que presenta esquistos de cuarzo-moscovita y aparición importante de mármol, esquistos verdes y esquistos calcáreos (Lagally, 1975; Skarmeta, 1978; Bell & Suárez, 2000; Thomson & Hervé, 2002; De la Cruz & Suarez, 2006), y por un dominio occidental más al sur, donde afloran en menor medida, sucesiones de metaturbiditas con pequeños cuerpos de calizas y metabasitas (Lagally, 1975; De la Cruz *et al.*, 2004). El grado metamórfico que se observa de manera regional, es de esquistos verdes (bajo) y del alto grado en sectores de contacto a intrusiones mesozoicas y cenozoicas (Thomson & Hervé, 2002; Calderón, 2000; Valdés, 2005).

Hervé *et al.* (2003) y Augustsson & Bahlburg (2008) interpretan que el protolito es de fuente sedimentaria con depositación devónica – carbonífera tardía (dominio oriental) a pérmica - triásica (dominio occidental). Además, autores sugieren que las turbiditas (dominio oriental) fueron depositadas en un margen continental pasivo, sufriendo posteriormente un bajo grado de metamorfismo, antes del Pérmico Tardío (Hervé *et al.*, 1998; Faúndez *et al.*, 2002; Ramírez, 2002; Augustsson & Bahlburg, 2003; Lacassie, 2003). Sin embargo, Augustsson & Bahlburg (2008) sugieren que las rocas del sector oriental fueron alimentadas por rocas metasedimentarias nativas de un evolucionado arco magmático.

-Complejo Metamórfico Cordillera de Darwin (CMCD)

El Complejo Metamórfico Cordillera de Darwin (Darwin, 1844; Kranck, 1932; Nelson *et al.*, 1980; Kohn *et al.*, 1995) se ubica en el núcleo de lo que corresponde a la cordillera del mismo nombre (54°S), siendo esta la culminación topográfica de los Andes Fueguinos (Hervé *et al.*, 2010). Consiste en unidades metasedimentarias, meta plutónicas y metavolcánicas, generadas durante el Paleozoico Tardío hasta el Mesozoico Temprano. Además, presenta un particular y único evento metamórfico en el Mesozoico Tardío, a lo largo de los complejos de la Patagonia austral y los Andes Fueguinos (Nelson *et al.*, 1980; Hervé *et al.*, 1981; Khon *et al.*, 1995; Klepeis *et al.*, 2010). Posee cuatro litologías principales: a) esquistos pelíticos con cuarzo, plagioclasa, moscovita, biotita, clorita, granate, estauroлита, ilmenita, kianita y sillimanita; b) metabasitas con granate, plagioclasa, hornblenda, biotita, clorita, cuarzo, epidota, titanita e ilmenita; c) ortogneis con granate; y d) esquistos de cuarzo-mica (Hervé *et al.*, 2010; Klepeis *et al.*, 2010; Maloney *et al.*, 2011).

El complejo fue interpretado por Klepeis *et al.* (2010) y Maloney *et al.* (2011) como resultado de todo el proceso que envuelve la colisión del Batolito Patagónico y la corteza continental sudamericana, principalmente por el proceso de infracabalgamiento continental bajo el arco, generando el colapso de la paleocuenca Rocas Verdes y el engrosamiento de la corteza, además de alzamiento y posterior exhumación de la cordillera de Darwin. Esta es una alternativa al modelo que considera al **CMCD** como un complejo de núcleo metamórfico exhumado extensionalmente (Dalziel & Brown, 1989; Kohn *et al.* 1993).

-Terreno Madre de Dios (TMD)

Los afloramientos del **TMD** se distribuyen desde la isla Mornington (49°20'-50°S), incluyendo el archipiélago Madre de Dios (50°- 50°50'S), la isla Diego de Almagro (51°13'-51°40'S), las islas Ramírez y Contreras (51°40'-52°10'S) y también las islas Recalada y Desolación (52°40'-53°25' S) (Sepúlveda, 2011), todas ellas restringidas morfoestructuralmente al archipiélago Patagónico. Aquí afloran tres unidades litoestratigráficas generalmente relacionadas por contactos tectónicos, las **Calizas Tartlon (CT)**, el **Complejo Denaro (CD)** y el **Complejo Duque de York (CDY)** (Forsythe & Mpodozis, 1979, 1983).

Las **CT** corresponden a calizas pelágicas, depositadas en la plataforma oceánica durante el Carbonífero Superior – Pérmico Inferior (Douglass & Nestell, 1976) y que sobreyacen generalmente al sustrato oceánico del **CD** (Ling *et al.*, 1985). Este último está compuesto principalmente por lavas basálticas almohadillas y cherts radiolaríticos. Estos metabasaltos presentan relictos ígneos, augita y cromita, además de asociaciones minerales metamórficas, que corresponden a las facies pumpellita-actinolita (Sepúlveda, 2004; Sepúlveda *et al.*, 2008), probablemente representando un ambiente distal de la influencia continental gondwánica (Calderón *et al.*, 2016).

Por su parte el **CDY** es la unidad más extendida del **TMD** y está conformado por sucesiones turbidíticas depositadas sobre las unidades anteriores, en el margen continental (Forsythe & Mpodozis, 1979, 1983). En este complejo se han encontrado palinomorfos y cherts radiolaríticos, indicando depositaciones en el Pérmico Temprano (Quezada, 2010; Sepúlveda *et al.*, 2010). Estas metapelitas muestran generalmente metamorfismo de bajo grado, que ha sido datado en el Jurásico Temprano (Thomson & Hervé, 2002), asimismo es interpretado como depósitos de una paleocuenca adyacente al margen tectónicamente activo de Gondwana (Faúndez *et al.*, 2002; Lacassie *et al.*, 2006). Por tanto, estas tres unidades se interpretan como acreciones frontales al margen continental durante el Mesozoico Inferior (Sepúlveda *et al.*, 2008; Willner *et al.*, 2009).

-Complejo Metamórfico Diego de Almagro (CMDA)

En la isla Diego de Almagro, ubicada en el margen occidental del archipiélago Patagónico, también se extiende el **CMDA** (Hervé *et al.*, 1999) en contacto con el **CDY** (Forsythe, 1981,1982), yuxtapuestas por la Zona de Cizalle Seno Arcabuz (**ZCSA**) (Olivares *et al.*, 2003; Willner *et al.*, 2004). Está formado principalmente por dos unidades, una parte occidental de la isla presenta anfibolitas de granate y esquistos azules, formando el sector de alta presión y baja temperatura del complejo (Angiboust & Muñoz, 2018). En contraste con la unidad Lazaro al oriente, donde dominan los esquistos mica-cuarzo y ortogneises de alta temperatura y presión intermedia (Willner *et al.*, 2004; Calderón *et al.*, 2016; Angiboust *et al.*, 2018). Según Angiboust *et al.* (2018), la isla representa la exhumación de cuatro fragmentos tectónicos de la acreción basal, acreciones que fueron generadas durante el Jurásico Tardío y el Cretácico.

-Complejo Ofiolítico Sarmiento (CS)

Al oeste de Puerto Natales (51°43'S), siendo la continuación natural del campo de Hielo Sur, se encuentra la cordillera Sarmiento de Gamboa (51°-52°48'S), en la cual aflora el **CS** (Allen, 1982) en porciones N-S, junto a la zona de cizalle Canal de las Montañas (**ZCCM**) (Calderón *et al.*, 2007). Representa la parte superior de lo que fue piso oceánico de la paleocuenca Rocas Verdes (Dalziel *et al.*, 1974; Stern & de Wit, 2003), es decir una secuencia ofiolítica con rocas máficas, cuyo volcanismo submarino ha sido datado en el Jurásico Superior (Calderón *et al.*, 2007). Se han definido tres unidades principales: a) una capa gruesa de lavas basálticas almohadilla, brechas e intercalaciones de cherts radiolaríticos; b) una capa extrusiva máfica-félsica, que principalmente posee sucesiones de basaltos almohadillas con intercalaciones de toba riolítica y hialoclastitas, sumado a esto aparecen diques dacíticos y riolíticos; c) intrusivos máfico-félsicos, fundamentalmente constituidos por granófidos cortados por diques gabroicos y plagiograníticos. (Allen, 1982; Calderón *et al.*, 2007; Rapalini *et al.*, 2008).

-Complejo Ofiolítico Capitán Aracena (CCA)

Al noreste de la cordillera de Darwin, principalmente en la isla Capitán Aracena (53°48'-54°36'S) y Carlos III (53°36'S), se extiende el **CCA** (Prades, 2008). Corresponde a un cuerpo elongado de dirección sureste-noroeste, que cabalga hacia el norte sobre metasedimentos de la Formación Yaghan (Otzen, 1987). Este complejo está formado por metabasitas almohadillas intruidas por diques máficos, que a veces se encuentran acompañados de intrusiones graníticas y rocas riolíticas. Estas rocas pertenecen también al piso oceánico de la paleocuenca de Rocas Verdes, desarrollado en el Jurásico Superior, además a esto, acá se han encontrado leucogranitos de edad similar a diques máficos ofiolíticos, lo que indicaría un magmatismo bimodal en tempranas etapas de la cuenca (Otzen, 1987; Stern & Wit, 2003; Calderón, 2006; Prades, 2008; Calderón *et al.*, 2013).

Rocas Estratificadas Australes (Jurásico-Neógeno)

Edad		Localidades			Megasecuencias	
		Última Esperanza	Península Brunswick - Isla Riesco	TdF Chile		
Neógeno	Cuaternario	Depósitos fluviales y aluviales			Antepaís 4	
	Plioceno					
	Mioceno	Palomares			Antepaís 3	
	Oligoceno	Loreto				
Paleógeno	Eoceno		Leña dura 3 Brazos Agua Fresca	3 Brazos Agua Fresca Balleña	Antepaís 2	
	Paleoceno		Chorrillo Chico	Chorrillo Chico		
Cretácico Superior	Maastrichtiano	Dorotea	Rocallosa	C° Cuchilla	Transición	
	Campaniano	3 Pasos	Fuentes	Co. Maitero		
	Santoniano	Cgl. Lago Sofía	Escarpada	Río García		
	Coniaciano	Co Toro	Latorre			
Jurásico	Superior				Antepaís 1	
	Medio					

Edad		Localidades			Megasecuencias
		Última Esperanza	Península Brunswick - Isla Riesco	TdF Chile	
Cretácico Superior	Turoniano	Co Toro	Latorre		Subsistencia térmica
	Cenomaniano	Pta. Barrosa			
Cretácico Inferior	Albiano	Erezcano / Zapata	Erezcano / Zapata	Canal Bertrand	Subsistencia térmica
	Aptiano	Erezcano / Zapata	Erezcano / Zapata		
	Barremiano	Erezcano / Zapata	Erezcano / Zapata		
	Hauteriviano				
	Valanginiano	Río Rincón / Shuterland	Springhill	Yaghan	
	Berriasiano				
	Tithoniano				
	Kimmerid.	"Complejo Sarmiento"		"Complejo Tortuga"	
	Oxfordiano	Tobifera		Tobifera	

Figura 2.5. Estratigrafía simplificada de las secuencias ubicadas en el área de estudio de la región de Magallanes y Antártica chilena (Jurásico-Cuaternario), para cada una de las provincias, asociando los principales eventos tectónicos australes. Modificado de Mpodosis et al. (2011).

- Formaciones Pertencientes a la Megasecuencia de *Synrift* (Jurásico Medio-Superior)

Mpodozis *et al.* (2011) señala que la extensión y fusión de la corteza continental sudamericana es fomentada debido a la anomalía térmica generada en Pangea, desde el Jurásico Medio, dando origen a *plateaus* félsicos en la Patagonia suroccidental.

Este evento se manifiesta en Chile en la **Formación Tobífera**, que fue definida por Thomas (1949) y que ha sido descrita como Formación Lemaire en el sector argentino (Caminos *et al.*, 1981). Según su contenido fósil posee una edad Oxfordiano - Kimmeridgiano Superior (Fuenzalida & Covacevich, 1988), sin embargo, se han reportado edades que corresponden al Aaleniano (Pankhurst *et al.*, 2000). Esta unidad se extiende desde el sur del Hielo Patagónico Sur (50°22'), pasando por la faja plegada y corrida de Magallanes (**FPCM**) hasta el costado sur del seno Almirantazgo (54°20'). Se encuentra sobreyaciendo en inconformidad a rocas metamórficas paleozoicas e infrayaciendo concordantemente a la Formación Zapata (Prieto, 1992; Cañon, 2000; Galaz *et al.*, 2005; Fildani *et al.*, 2008). Paralelamente las rocas del Complejo Sarmiento muestran contemporaneidad con ellas, indicando volcanismo bimodal en el Jurásico (Calderón *et al.*, 2007). Se trata de una secuencia *synrift* volcano- sedimentaria, que posee facies volcánicas ácidas con riolitas e ignimbritas; facies pelíticas con lutitas, capas calcáreas y limolitas; y rocas ígneas básicas que la intruyen (Wilson, 1991; Prieto, 1992; Fildani & Hessler, 2005; Fildani *et al.*, 2008; Mpodozis *et al.*, 2011).

- Formaciones Pertencientes a la Megasecuencia de Subsistencia Térmica, Fase Pre-Atlántica (Jurásico Superior- Cretácico Inferior)

Luego del ciclo volcánico asociado a la Formación Tobífera, se generó una transgresión generalizada en la cuenca Rocas Verdes, debido a la subsidencia que sobrevino a la fase *synrift* (Mpodozis *et al.*, 2011).

Las secuencias transgresivas basales están compuestas por facies arenosas de los **Estratos de Río Rincón** (Cortés, 1964) y de la **Formación Punta Sutherland** (Cecioni, 1957) de edad Titoniano Superior- Valanginiano (Cecioni, 1955), las que afloran principalmente en la cordillera andina de la provincia de Última Esperanza y la isla Riesco (52°48'-53°14'S). Las secuencias anteriores reaparecen en el subsuelo argentino y chileno con el nombre de **Formación Springhill** (Thomas, 1949) de edad Titoniano-Berriasiano (Cecioni, 1955; Riccardi 1976), constituida importantemente por areniscas y conglomerados cuarcíferos provenientes de la Formación Tobífera. Aflorando simultáneamente, en el seno de Última Esperanza (51°30'S), en la isla Riesco y la península de Brunswick (53°16'-53°51'S), se encuentra la **Formación Zapata** (Katz, 1963) integrando a la formación definida anteriormente como Formación Erezcano (Cecioni, 1951). Esta unidad, de edad Titoniano- Albiano, está compuesta principalmente por una sucesión de lutitas y en menor medida por presencia de areniscas, laminaciones volcánicas y capas calcáreas. En la zona sur de Tierra del Fuego, este evento está representado por la **Formación**

Río Jackson (Cortés & Valenzuela, 1960), desde el Hauteriviano al Aptiano. La formación está constituida por pelitas negras acumuladas sobre un ambiente de plataforma y talud.

-Formaciones Pertencientes a la Megasecuencia de Subsistencia Térmica, Fase Atlántica (Cretácico Inferior-Cretácico Superior)

Durante el final del Cretácico, la tasa de generación cortical oceánica atlántica aumentó considerablemente. De la misma manera, la evolución del sistema de subducción hacia el oeste generó un rápido consumo del piso oceánico perteneciente a la cuenca Rocas Verdes, hasta su cierre en el Coniaciano (Mpodozis *et al.*, 2011).

Evidencias del arco magmático anterior aparecen en la **Formación Yaghan** (Suárez, 1978) y la **Formación Hardy** (Suárez & Pettigrew, 1976) en Tierra del Fuego, aunque principalmente afloran en Islas de la provincia Antártica como la isla Navarino (55°S). La primera se apoya directamente sobre piso oceánico, con edades que fluctúan desde el Titoniano al Aptiano-Albiano (Dott *et al.*, 1977). Corresponden a turbiditas volcanoclásticas, limolitas tobáceas y tobas. Esta unidad interdigita hacia el sur con la Formación Hardy que presenta principalmente rocas volcanoclásticas intercaladas con flujos de lavas y domos, en el Aptiano-Cenomaniano (Suárez & Pettigrew, 1976).

Más al norte, en la península de Brunswick e isla Riesco, aparece durante la misma fase la **Formación Canal Bertrand** (Castelli *et al.*, 1992), de edad Aptiano-Albiano. Esta formación se compone por areniscas y pelitas negras que presentan un comportamiento turbidítico hacia el techo. En el sector Última Esperanza y la provincia de Magallanes, prosigue la acumulación marina de la Formación Zapata inclusive hasta el Cenomaniano (Macellari, 1988; Mpodozis *et al.*, 2011), aunque depositada en un ambiente más somero que en la fase anterior.

El cambio de régimen depositacional y tectónico del Aptiano, se refleja en unidades carbonáticas depositadas en ambientes someros que afloran en Tierra del Fuego (Mpodozis *et al.*, 2011), como la **Formación Vicuña** (Barwick *et al.*, 1951) de edad Aptiano-Albiano (Rojas & Harambour, 1993) y la **Formación La Paciencia** (Cortés & Valenzuela, 1960) datada en el Aptiano-Coniaciano(?) (Cañon, 2000). La primera se extiende en el centro de la isla y está compuesta por limolitas calcáreas y coquinas, con intercalaciones tobáceas. La segunda yace concordantemente sobre la Formación Río Jackson, en la porción sur del seno Almirantazgo, además se encuentra formada por limolitas y arcillolitas intercaladas con areniscas tobáceas, también aparecen concreciones calcáreas (Cañon, 2000).

-Formaciones Pertenecientes a la Fase de Cuenca Antepaís del Cretácico Superior

A escala regional, el evento que marca el período de formación de la cuenca antepaís, es la activación de sistemas de subducción hacia el este, lo que sucede luego de ser consumida la corteza oceánica en la subducción hacia el oeste. Sobre el depocentro de la cuenca se generaron sucesivas cuencas de inversión (Mpodozis *et al.*, 2011).

En la primera etapa, la sedimentación estuvo controlada por abanicos turbidíticos, con detritos provenientes de la cordillera colisional cretácica (Mpodozis *et al.*, 2011). Esta fase se extiende en la provincia de Última Esperanza por el seno del mismo nombre y se expresa, con la acumulación de lutitas y areniscas depositadas por corrientes de turbidez de alta energía, en la **Formación Barrosa** (Cecioni, 1957) generada desde el Albiano Tardío hasta al Cenomaniano (Cortés, 1964), aunque también se relaciona con el desarrollo de la FPCM en el Turoniano (Fildani *et al.*, 2003). Sobreyaciendo concordantemente y transicional a la unidad anterior se distribuye la **Formación Cerro Toro** (Cecioni, 1957) de edad Cenomaniano-Campaniano (Wilson, 1991). La secuencia anterior consiste principalmente en lutitas gris oscuro hemipelágicas y areniscas turbidíticas, que se intercalan con conglomerados lenticulares del miembro Lago Sofía (Katz, 1963).

Otra sucesión representativa se expone en la península Brunswick y al norte de la isla Riesco, se trata de la **Formación Latorre** (Mpodozis, 2006) datada en el rango Albiano Medio - Coniaciano (Covacevich, 1991; Mpodozis, 2006) y que corresponde a una sucesión de turbiditas depositadas en un abanico submarino (Mpodozis, 2006). Sobreyaciendo concordantemente a la unidad anterior se extiende la **Formación Escarpada** (Mpodozis, 2006) en distintas localidades del seno Skyring (52°40'S). La formación anterior ha sido descrita como una unidad de conglomerados muy gruesos y areniscas, que presentan clastos de volcanitas ácidas, rocas intrusivas, metamórficas y limolitas, con una edad de depositación santoniana (Covacevich, 1991; Mpodozis, 2006).

En el sector chileno de Tierra del Fuego se integran la **Formación Cerro Matrero** (Barwick *et al.*, 1951) datada en el Albiano-Campaniano (Céspedes, 1971) y la **Formación Río García** (Cortés & Valenzuela, 1960) datada en el Cenomaniano(?)-Campaniano, ambas afloran en la faja plegada corrida fueguina. La primera unidad, se extiende en el sector oeste del seno Almirantazgo yaciendo sobre la Formación La Paciencia. Corresponde a areniscas depositadas por corrientes de turbidez, limolitas bioturbadas, lutitas y conglomerados. La segunda aflora más al norte, en la frontera con Argentina y se encuentra depositada concordantemente con la Formación Vicuña, está constituida por limolitas arcillosas negras, laminadas y bioturbadas, a veces areniscas (Cañon, 2000).

No obstante, entre el Campaniano y Maastrichtiano Inferior, disminuyó la subsidencia propiciando una invasión de sistemas deltaicos en la cuenca (Mpodozis *et al.*, 2011). En la zona de Última Esperanza prolifera la **Formación Tres Pasos** (Katz, 1963), tras el cese de la

sedimentación turbidítica de la Formación Cerro Toro. Esta formación se puede ver aflorando al norte de Puerto Natales, presentando potentes secuencias de areniscas arcillosas con abundantes concreciones calcáreas, también posee niveles conglomerádicos intercalados con limolitas y lutitas (Katz, 1963), sus facies reflejan la transición de un ambiente marino profundo a uno somero (Macellari, 1988).

Más al sur, en el Seno Skyring y sobre los estratos de la Formación Escarpada, se dispone concordantemente la **Formación Fuentes** (Thomas, 1949) con una serie de areniscas finas glauconíticas, pelitas y margas (Charrier & Lahsen, 1969) datadas en el Campaniano (Covacevich, 1991).

- Formaciones Pertencientes a Periodo Transición, Cretácico Superior-Paleoceno

Luego, al finalizar la sedimentación Cretácica principal, se generó un vertiginoso pulso de transgresión-regresión (Mpodozis *et al.*, 2011). Esta transición se puede observar en el área de Última Esperanza, sobre la Formación Tres Pasos, principalmente al noreste de Puerto Natales. Corresponde a una unidad de areniscas masivas, principalmente glauconíticas, con intercalaciones de conglomerados, la cual recibe el nombre de **Formación Dorotea** (Cecioni, 1957; Katz, 1963) y que tiene una edad en el rango del Maastrichtiano, pero según Wilson (1991) podría extenderse a las primeras etapas del Paleoceno.

Al sur de la provincia, entre el seno Skyring y la península Brunswick, este evento recibe el nombre de **Formación Rocallosa** (Thomas, 1949), que según Castelli *et al.* (1992) está formada por una secuencia arenosa acumulada en un ambiente de plataforma somera durante el Campaniano Superior a Maastrichtiano. Mpodozis *et al.* (2011) no descarta que pueda pertenecer a la megasecuencia de antepaís anterior porque yace concordantemente sobre la Formación Fuentes.

En el territorio chileno de Tierra del Fuego, el pulso se distribuye en la parte central-oeste de la faja plegada y corrida fueguina, en la costa del canal Whiteside (53°51'S). Aquí recibe el nombre de **Formación Cerro Cuchilla** (Cortés & Valenzuela, 1960), cubriendo concordantemente las Formaciones Río García y Cerro Matrero. Corresponde a una unidad que pertenece al rango Maastrichtiano–Daniano Temprano (Sánchez *et al.*, 2010), compuesta por bancos tabulares de limolitas, conglomerados y areniscas, representando depósitos de abanicos turbidíticos.

-Formaciones Pertencientes a la Fase de Cuenca Antepaís del Paleoceno-Eoceno

En general, la estratigrafía cenozoica tiene más registro en la isla de Tierra del Fuego, contrariamente a lo observable en la zona continental magallánica que posee un registro más

fragmentario con unidades interrumpidas, debido al efecto erosivo glacial durante el cuaternario (Ugalde, 2014). A pesar de lo anterior, el estudio del subsuelo magallánico principalmente por parte de la empresa nacional del petróleo (**ENAP**), ha generado un mejor entendimiento de la estratigrafía magallánica.

Durante el Paleoceno tiene lugar una segunda megasecuencia de antepaís, la cual está marcada por una discordancia erosiva basal que la separa de la fase de transición anterior. Estas secuencias muestran un incremento en su espesor en el sentido norte a sur, efecto que es vinculado a la gran compresión de ese período y debido a los esfuerzos transpresivos asociados a la rotación antihoraria de la placa Sudamericana, al separarse de la península Antártica (Mpodozis *et al.*, 2011). Acá, a diferencia del período anterior, no hay acumulación de turbiditas en ambientes profundos, sino series potentes pelítico-psamíticas, sugiriendo un estado más estable entre aporte sedimentario y generación de espacio de acomodación.

Este evento se expone en la península Brunswick e isla Riesco, con cuatro formaciones correspondientes a facies marinas. En la base de la secuencia se expone la **Formación Chorrillo Chico** (Thomas, 1949), de edad Paleoceno Medio - Paleoceno Tardío (Hervé *et al.*, 2004), compuesta por limolitas glauconíticas compactas y con capas delgadas, además de concreciones de caliza (Malumián *et al.*, 2013). Concordantemente se dispone la **Formación Agua Fresca** (Decat & Pomeyrol, 1931) conteniendo lutitas arcillosas con concreciones calcáreas y niveles inferiores glauconíticas (Malumián *et al.*, 2013). Luego la sobreyace la **Formación Tres Brazos** (Ruby, 1945) compuesta principalmente por areniscas glauconíticas (Malumián *et al.*, 2013). Más al techo se encuentra la **Formación Leña Dura** (Decat & Pomeyrol, 1931), que a su vez presenta lutitas con grandes concreciones calcáreas fosilíferas (Malumián *et al.*, 2013). Estas tres últimas secuencias abarcan en conjunto parte del Paleoceno Superior y todo el Eoceno (Todd & Kniker, 1952; Charrier & Lahsen, 1969; Fasola, 1969; Cañon & Ernst, 1974; Natland *et al.*, 1974).

La secuencia Formación Chorrillo Chico-Agua Fresca-Tres Brazos se extiende hasta el sector chileno de Tierra del Fuego en la zona occidental de la faja plegada y corrida, engranando al norte del lago Lynch y el lago Blanco (53°56'S), con la **Formación Ballena** (Barwick *et al.*, 1951) desde el Eoceno. La cual está constituida por areniscas gruesas y conglomerados, representando sedimentos sintectónicos depositados en la zona de deformación activa de la faja fueguina (Prieto & Moraga, 1990).

- Formaciones Pertencientes a la Fase de Cuenca Antepaís del Oligoceno-Mioceno

En el Oligoceno-Mioceno se observa el desarrollo de una tercera secuencia sedimentaria sobre la zona de antepaís, con menor variación de espesor norte-sur que la anterior. También se observa un descenso de la carga tectónica desde el sur, mientras concluye la transpresión entre las placas Sudamericana y Antártica, abriéndose paulatinamente la placa Scotia (Mpodozis *et al.* 2011). Principalmente son secuencias progradantes evolucionando a agradantes.

Esta fase se extiende por las provincias de Última Esperanza y Magallanes como una sola unidad llamada **Formación Loreto** (Keidel & Hemmer, 1931), de edad Oligoceno-Mioceno Inferior (Fasola, 1969; Biddle *et al.*, 1986; Martínez-Pardo & Martínez, 1989). Se encuentra sobreyaciendo concordantemente a la Formación Leña Dura, incluyendo areniscas con horizontes glauconíticos y concreciones calcáreas, asimismo presenta intercalaciones de carbón y abundante fauna y flora fósil (Malumíán *et al.*, 2013), representando secuencias sedimentarias marinas de ambiente somero y litoral (Keidel & Hemmer, 1931). En Tierra del Fuego no afloran rocas de este período.

- Formaciones Pertencientes a la Fase de Cuenca Antepaís del Neógeno-Cuaternario

En el Mioceno Temprano, con el inicio de la colisión de la placa Sudamericana y la dorsal de Chile, se indica el inicio de la última megasecuencia de antepaís austral. El alzamiento y la creación de nuevo relieve vertical en la cordillera patagónica, durante este periodo, no fueron acompañados de subsidencia flexural en el antepaís (Mpodozis *et al.*, 2011). Por esta razón, la secuencia no presenta gran variación de espesor con respecto a las unidades anteriores.

Esta fase se evidencia como una transgresión en el sector extraandino chileno, la cual se interdigita hacia el oeste, en Última Esperanza y la zona Brunswick-Riesco, con la **Formación El Salto** (González, 1952) de edad Mioceno Medio. Extendiéndose discordantemente sobre la Formación Loreto, se describe como capas de areniscas y conglomerados, intercalados con arcillitas y lentes carbonosos (Mella, 2001), correspondiendo a depósitos continentales. Sobre esta unidad se encuentra la **Formación Palomares** (Keidel & Hemmer, 1931), fijada en el Mioceno Superior- Plioceno Inferior, constituida principalmente por conglomerados, tobas, brechas volcánicas y areniscas, todas acumuladas en un ambiente continental (Mella, 2001).

-Depósitos semiconsolidados y no consolidados (Cuaternario)

Según lo observable en Sernageomin (2003), las unidades cuaternarias (Pleistoceno-Holoceno) pertenecen principalmente a depósitos sedimentarios morrénicos, aluviales, coluviales, fluvioglaciales y glacialacustres, también se observan depósitos volcánicos que pertenecen a volcanes de la Zona Volcánica Austral (**ZVA**), con erupciones basálticas a dacíticas (Parada *et al.*, 2007), los ejemplares presentes en la zona de estudio son el Volcán Aguilera (50°20'S), Volcán Reclus (50°59'S) (Martinić, 1988) y el Volcán Monte Burney (52°20'S) (Stern *et al.*, 1976, 2007).

Rocas Intrusivas

-Batolito Patagónico

El Batolito Patagónico se extiende en las costas occidentales de América del Sur, distribuyéndose como un cordón continuo norte-sur por el archipiélago Patagónico y la cordillera Austral, alcanzando latitudes que van desde los 40°S hasta los 56° S (Hervé *et al.*, 2007). Diversas dataciones radiométricas han permitido concluir que la actividad magmática del Batolito ha ocurrido de manera episódica, desde el Jurásico Superior hasta el Neógeno (Hervé *et al.*, 2007).

Los segmentos que afloran en la zona de estudio reciben el nombre de Batolito Surpatagónico (**BSP**) (47°-53°S) y Batolito Fueguino (**BF**) (53°-56°S) (Hervé *et al.*, 2007). Hacia el oriente se encuentra intruyendo al **CMAO**, y a secuencias sedimentarias y volcánicas, mientras que al occidente intruye al **TMD** (Pankhurst & Hervé, 1994). Bruce *et al.* (1991) determinaron que los plutones más longevos son máficos (gabros y dioritas principalmente) y, en cambio, los más recientes son félsicos (granitos, granodioritas y tonalitas principalmente). Hervé *et al.* (2007) propone que las diferencias de la composición del magma en el tiempo son el resultado de cambios episódicos en las condiciones tectónicas y de los parámetros de subducción, que terminaron influyendo en la tasa de generación de magma, factor importante para crear grandes cámaras magmáticas que pueden interactuar con magmas del manto y la corteza.

El **BSP** está localizado actualmente en una configuración tectónica donde la placa Antártica subducta bajo la placa Sudamericana (Hervé *et al.* 2007). El primer indicio de que los procesos de subducción fueron activados, se expresa en la acreción del **TMD** desde el noroeste (Pérmico Medio - Jurásico Inferior) (Hervé *et al.* 2007). Por su parte el **BF** se desarrolla hasta la actualidad sobre la placa Scotia. Por tanto, representa el producto característico de procesos de subducción en un margen continental activo (Hervé *et al.* 2007).

-Suit Darwin (SD)

El *Suit Darwin* aflora principalmente, en la zona de estudio, al interior del fiordo Parry (54°38'S) (Halpern, 1973; Ortiz, 2007), corresponde a rocas magmáticas emplazadas durante el *rift* de la cuenca Rocas Verdes, en el Jurásico Superior (Hervé *et al.*, 1981; Klepeis *et al.*, 2010). Está formado por rocas félsicas intermedias, como granitos y ortogneises graníticos, además también posee diques graníticos y está intruido por diques máficos (Klepeis *et al.*, 2010). Se ha sugerido que son intrusivos equivalentes al del magmatismo que originó las rocas de la Formación Tobífera (Halpern, 1973; Hervé *et al.*, 1981).

-Plutones Cenozoicos de Región Extraandina

Son principalmente cuerpos graníticos aislados, emplazados en rocas sedimentarias de la cuenca de Magallanes (Formación Barrosa y Formación Cerro Toro) con tendencia norte-sur. Los cuerpos intrusivos principales son, el Complejo Ígneo Torres del Paine (Michael, 1984), que aflora en la cordillera Paine (51°S) con una edad miocena y que está constituido por un complejo máfico basal y granitos sobreyacientes (Michel *et al.*, 2008; Sánchez, 2011). También se reconoce el Plutón Cerro Donoso (51°15'S) (Oligoceno) constituido por facies granodioríticas (Sánchez, 2011) y el Complejo Ígneo Monte Balmaceda (51°25'S) (Mioceno) con facies leucograníticas y máficas (Sánchez, 2011).

2.4 Marco Estructural General

A simple vista, los Andes Patagónicos (Figura 2.6) son caracterizados por presentar una curvatura a los 52°S de latitud, pasando de una orientación norte-sur a una cercana a este-oeste en la isla Tierra del Fuego (Poblete *et al.*, 2014). Esto es interpretado como una rotación antihoraria de los Andes relacionada con el cierre de la cuenca Rocas Verdes y la formación de la Cordillera de Darwin durante el período Cretácico Tardío-Paleoceno (Poblete *et al.*, 2016).

A grandes rasgos, Mpodozis *et al.* (2011) señala que las rocas sedimentarias acumuladas en el sector de Magallanes se disponen en dos dominios estructurales mayores. El primero se encuentra en el margen suroeste, representado por la cordillera patagónica y la faja plegada y corrida de Magallanes (**FPCM**). Este dominio es producto de la tectónica compresiva que caracteriza al margen occidental de la placa Sudamericana desde el Cretácico al presente. Esta deformación compresional incluye zonas de deformación dúctil y zonas de metamorfismo de alto grado (cordillera de Darwin), con un estilo estructural dominante de piel gruesa (*thick-skinned*). Este carácter compresional queda de manifiesto también en la deformación de la cobertura mesozoica y en el acortamiento absorbido por numerosas fallas inversas con vergencia al noroeste agrupadas en la **FPCM** (Kraemer, 2003; Ghiglione *et al.*, 2009). Esta última, presenta una progresiva disminución en la intensidad de la deformación hacia el este, pasando de corrimientos que comprenden el basamento y su cubierta sedimentaria a suaves pliegues en su borde oriental (Mpodozis *et al.*, 2011).

El segundo dominio, ubicado en la zona de antepaís magallánico, es resultado de una tectónica extensional generada en el Jurásico Superior. Esta característica condiciona las estructuras desarrolladas sobre los niveles del antepaís, presentando suaves pliegues de gran amplitud. El basamento Paleozoico y los niveles jurásicos de la fase synrift se encuentran en bloques estructurales rotados limitados por fallas, definiendo *hemigrabens* compuestos por fallas normales de orientación NW-SE. (Mella, 2001; Mpodozis *et al.*, 2011).

La activación del límite transformante entre las placas Scotia y Sudamericana durante el Mioceno, generó cambios en la configuración estructural del sector austral (Mpodozis *et al.*, 2011). Este sector constituido por sistemas de fallas transformantes se denomina zona de falla Magallanes-Fagnano (**ZFMF**) o sistema de falla Magallanes, presentando una cinemática sinistral a lo largo de 1000 km aproximadamente (Lodolo *et al.*, 2003), con evidencias de deslizamiento cuaternario (Sandoval & De Pascale, 2020).

En el territorio de Tierra del Fuego, 15 [km] al norte de la **ZFMF** se extiende la zona de falla Deseado (**FD**), siendo parte también del límite transformante entre las placas Scotia y Sudamericana (Klepeis, 1994; Lozano *et al.*, 2020). Esta zona de falla está caracterizada por ser

del tipo transformante y oblicuo, la cual se encuentra superpuesta sobre estructuras compresivas que afectan rocas Meso-Cenozoicas de Magallanes (Lozano *et al.*,2020).

Más al norte (51°S-52°S), en los Andes patagónicos, existe una zona de cizalle llamada el Canal de las Montañas (**ZCCM**). Corresponde a un cinturón milonítico mesozoico de bajo grado generado en protolitos pelíticos, ignimbríticos félsicas y basálticos de la cuenca Rocas Verdes, interpretado como la zona basal de fallamiento del Complejo Sarmiento (Calderón *et al.*, 2012). Las rocas de esta zona muestran cinemáticas inversas con una menor componente dextral. (Calderón *et al.*,2016).

En la costa occidental del archipiélago patagónico, particularmente en la isla Diego de Almagro se ubica la zona de cizalle Seno Arcabuz (**ZCSA**). Corresponde a un cinturón milonítico de bajo grado y tendencia nor-noroeste que registra dos eventos deformativos (Olivares *et al.*, 2003).

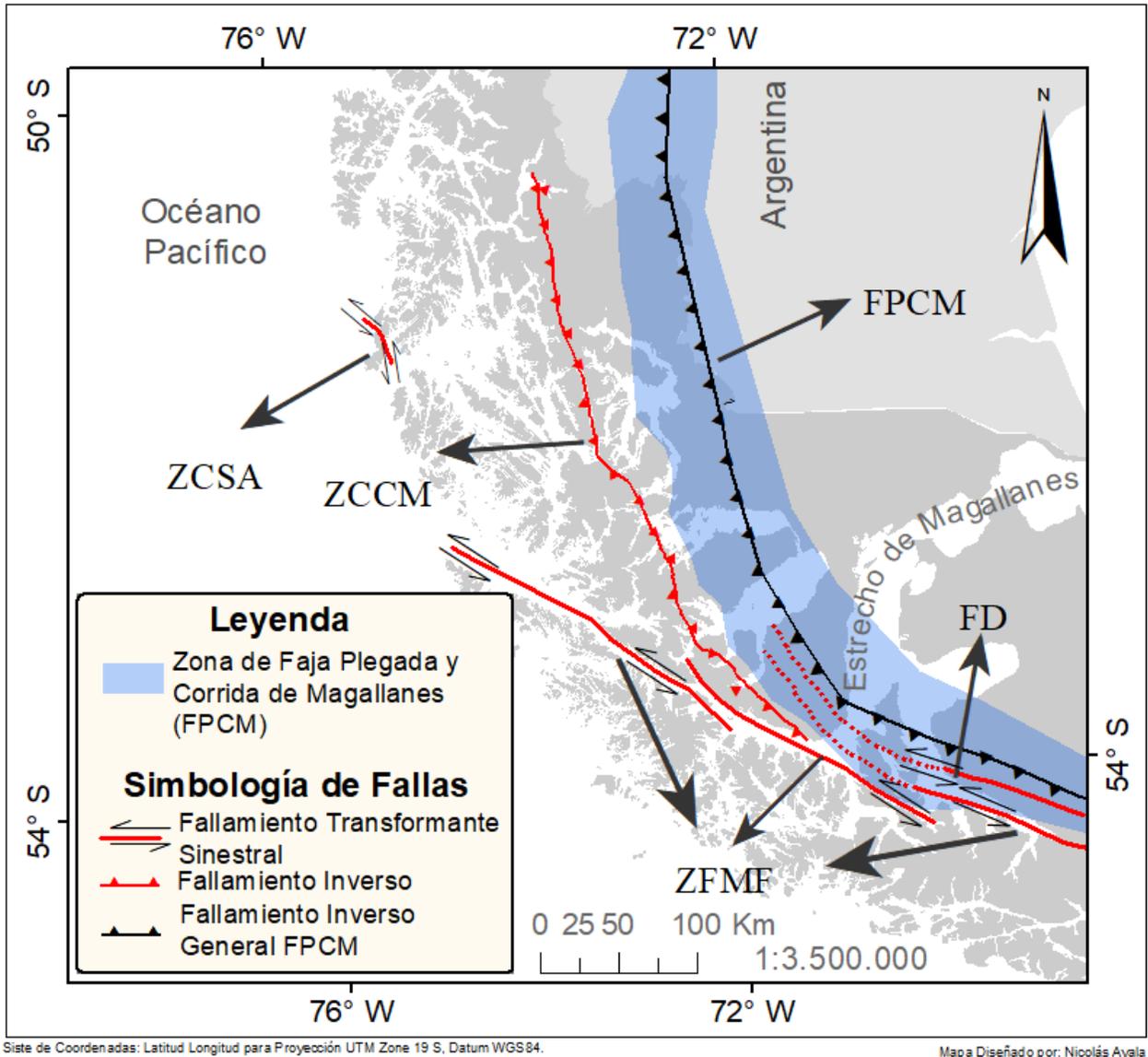


Figura 2.6. Mapa esquemático de la geología estructural presente en la zona de estudio. Se puede observar el área y la componente principal que ocupa la faja plegada y corrida de magallanes (**FPCM**), también se aprecian los trazos y cinemáticas de la zona de falla Magallanes-Fagnano (**ZFMF**), la falla Deseado (**FD**), la zona de cizalle Canal de las Montañas (**ZCCM**) y la zona de cizalle Seno Arcabuz (**ZCSA**). Basado en Kraemer (2003), Poblete et al. (2014), Calderón et al. (2016) y Lozano et al. (2020) (ArcGis, ESRI).

2.5 Marco Metalogénico

Los recursos minerales metálicos encontrados en Magallanes corresponden principalmente a placeres auríferos (Figura 2.7) formados por procesos glaciales durante el Cuaternario (Portigliati, 1999). Están ligados principalmente a sedimentos morrénicos, fluvioglaciales y glaciofluviales depositados sobre una circa desarrollada en la Formación Loreto (Greiner, 1991).

Greiner (1991) clasifica particularmente estos depósitos auríferos, teniendo en cuenta que al menos se generaron dos períodos glaciales durante el Pleistoceno y el Holoceno (Weischet, 1964), estos son:

- Depósitos donde el oro está asociado a morrenas (depósitos de till) de fondo relacionadas a la primera glaciación. Estos depósitos están preservados en mesetas altas del Cordón Baquedano, alcanzando espesores del rango 20-30 m con contenidos promedios de oro de 150-200 mg/m³.
- Depósitos de oro retrabajado y depositado durante la segunda glaciación. Se encuentran a lo largo de las orillas de suave pendiente de los ríos principales. Las concentraciones auríferas son erráticas y discontinuas, presentando bajo control estratigráfico.
- Depósitos de oro retrabajado y depositado por la actividad fluvial, durante y posterior al retiro de la segunda glaciación. Corresponden al retrabajo de las tillitas en mesetas altas.
- Depósitos de oro retrabajado durante la actividad fluvial interglacial, generando placeres remanentes que no sufrieron erosión durante la segunda glaciación (no fueron cubiertos por el hielo).

En general, los depósitos auríferos descubiertos y explotados en la zona de estudio, como el Cordón Baquedano en Tierra del Fuego o los encontrados aledaños a Punta Arenas, representan depósitos glacifluviales. A pesar de esto, también hay presencia de placeres de playas marinas, según Portigliati (1999) se conocen de este tipo en la boca oriental del estrecho de Magallanes en el sector de Bahía Posesión. Cabe mencionar que no se tiene registro público de placeres del tipo submarino.

Por otro lado, existe registro sobre una faena minera con minerales sulfurados de cobre, ubicada en la Península de Brunswick (Figura 2.7), en la ribera sur del canal Jerónimo (ENAMI, 1964). El yacimiento está ubicado en una formación de rocas metamórficas de bajo grado y esta constituido por un sistema de vetas o mantos de rumbo NNE con manto W. En la actualidad el distrito se encuentra en procesos de prospección geológica debido al potencial económico polimetálico de Au, Ag y Cu (SEIA, 2018).

Entre los recursos minerales energéticos que se conocen de la zona, los mantos de carbón son uno de los que más destacan (Figura 2.7), con primeras extracciones cercanas a Punta Arenas en la mina Loreto. Se reconocen también las minas Pecket, Magdalena, Elena, Josefina, Marta y Invierno, todas situadas entre las provincias de Magallanes y Última Esperanza. Según CEREMAG (2015), las reservas probadas de la Península de Brunswick (Pecket) son de 30 millones de toneladas. La presencia de faenas de explotación de calizas se presenta, en la actualidad, en la costa noroeste de la isla Guarello (Figura 2.7), ubicada en el archipiélago Madre de Dios. Las reservas medidas al año 1981 alcanzaban los 85 millones de toneladas de caliza (Melquisedec, 1981).

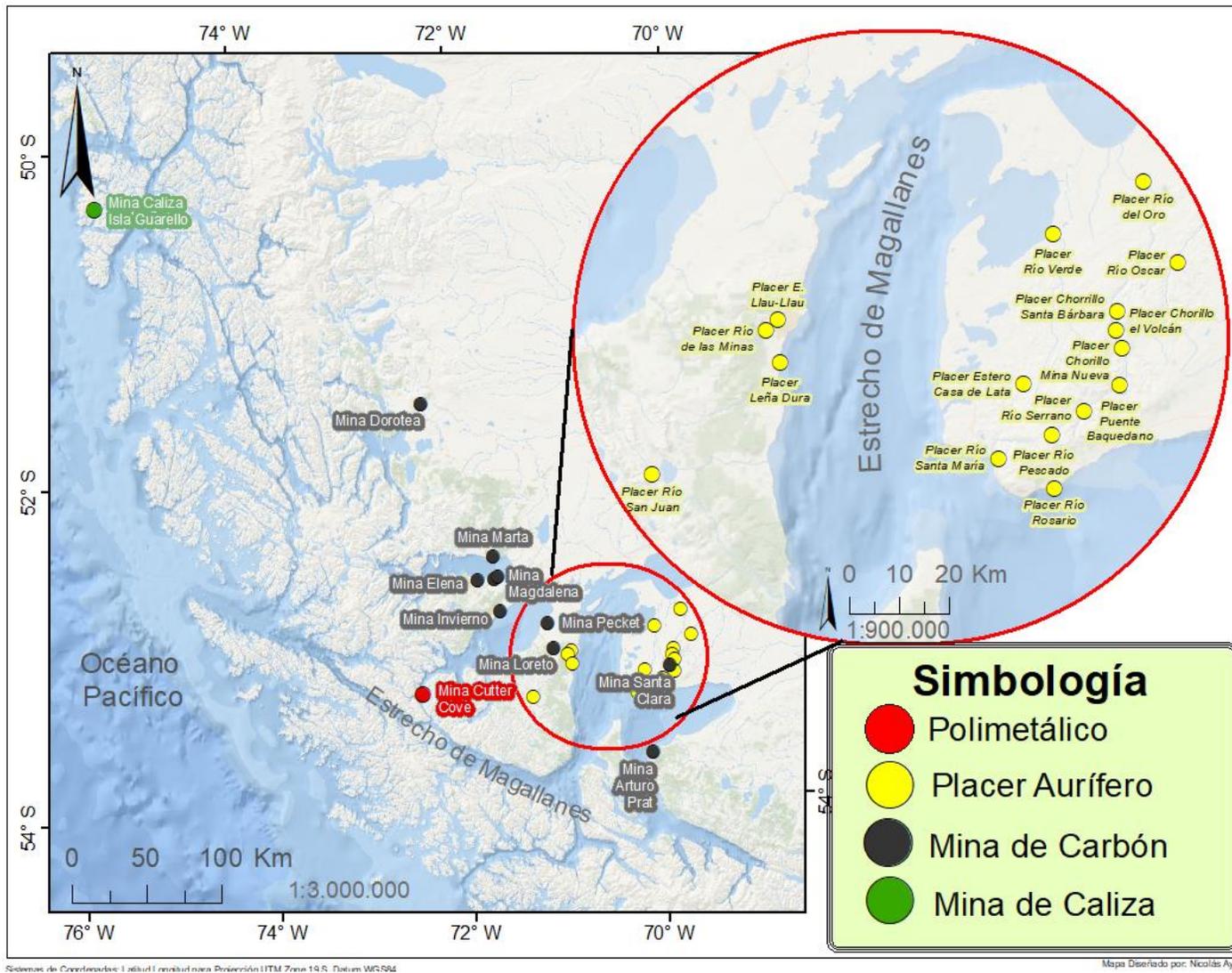


Figura 2.7. Mapa metalogénico de la zona de estudio, con ampliación en el sector de concentración de placeres auríferos. Basado en ENAMI (1965), Portigliati (1999), Martinic (2003) y SONAMI (2017), (ArcGis, ESRI).

2.6 Marco Geoquímico

Los datos disponibles de geoquímica de sedimentos superficiales de canales australes chilenos corresponden a resultados de expediciones de carácter internacional y nacional, que por lo general han sido divididas en 3 sectores principales. Estos tres sectores corresponden a una zona norte que abarca Puerto Montt a laguna San Rafael, una zona central que se ubica entre el golfo de Penas al estrecho de Magallanes y a una zona sur ubicada entre el mismo estrecho de Magallanes y cabo de Hornos (Ahumada, 2006).

Un primer registro de química sedimentaria de la zona sur (estrecho de Magallanes principalmente) fue generado por una expedición italiana entre los años 1989-1990, el cual proporcionó 26 muestras de sedimentos registradas en la publicación de Mosca & Fontolan (1991). En general, los rangos de elementos trazas reconocidos, en orden decreciente son el Zn (52-123 [ppm]), el Ni (38-76 [ppm]), Co (34-76 [ppm]), Cr (18-66 [ppm]), Pb (27-48 [ppm]), Cu (6-31 [ppm]) y Cd (< 2-4 [ppm]).

Los otros datos disponibles que conciernen a la zona de estudio pertenecen a la expedición **CIMAR** en su versión 2 y 3, durante los años 1996 y 1997 respectivamente (Ahumada, 2006). Estas expediciones dan registro de metales menores y trazas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos, particularmente para el Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Concentración media de metales ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) contenidos en los sedimentos marinos

Metales	Zona Central		Zona Sur	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
<i>Ba</i>	649.7	95.3	549.2	121.1
<i>Cd</i>	0.27	0.15	0.3	0.1
<i>Co</i>	12.3	2.1	13.2	2.4
<i>Cr</i>	67.5	13.5	60.4	12.1
<i>Cu</i>	18	4.6	21.9	10.2
<i>Ni</i>	28	4.9	29.7	7.8
<i>Pb</i>	27.6	3.8	22.6	5.1
<i>Sr</i>	155.8	29.8	256.5	94.5
<i>V</i>	122.1	13.8	146.4	18.2
<i>Zn</i>	102.5	13.4	112.4	21.4

Los datos de la Zona Central abarcan las latitudes 48° S a 52° S, por su parte la Zona Sur de 52° a 56°, cabe destacar que los datos particulares de cada canal o fiordo también están disponibles.

comprendidos entre la Zona Central y Sur de la región de Magallanes, Ahumada (2006).

Es preciso mencionar que, para la zona más austral de la región, la provincia Antártica Chilena, también se realizaron análisis de sedimentos obtenidos (en **CIMAR 3**), indicando la presencia de Pt, Au y Ag en concentraciones menores a la sensibilidad analítica empleada (Ahumada, 2006), a pesar de esto se destaca la detección de Pt en sedimentos superficiales de la bahía Nassau con valores de 10 y 11 [ppb] (Pineda *et al.* 2002). También existen datos de química sedimentaria para las regiones de Los Lagos y Aysén (**CIMAR 24**), indicando principalmente relación con las franjas metalogénicas continentales y que las concentraciones de oro oscilan levemente por sobre la concentración cortical (Pérez, 2020; Pérez *et al.*, 2021).

2.7 Marco Glaciológico

En la actualidad, existen grandes capas de hielo perenne estable en el territorio nacional, estas se presentan en las partes altas de los Andes Patagónicos. Corresponden a los Campos de Hielos Patagónicos Norte y Sur, además de un desconectado y más pequeño campo de hielo presente sobre la Cordillera de Darwin (Figura 2.8) (Hulton *et al.*, 2002). Durante el último máximo glacial (**LGM**) (alrededor de 19000-23000 años atrás), el hielo aglomeraba todos los campos antes mencionados. Hulton *et al.* (2002) modelan la capa de hielo demarcando un límite máximo y un volumen aproximado de 500000 km³, bajo las condiciones del período y de evidencia empírica, presentando así una reconstrucción similar a la de Hollin & Schilling (1981).

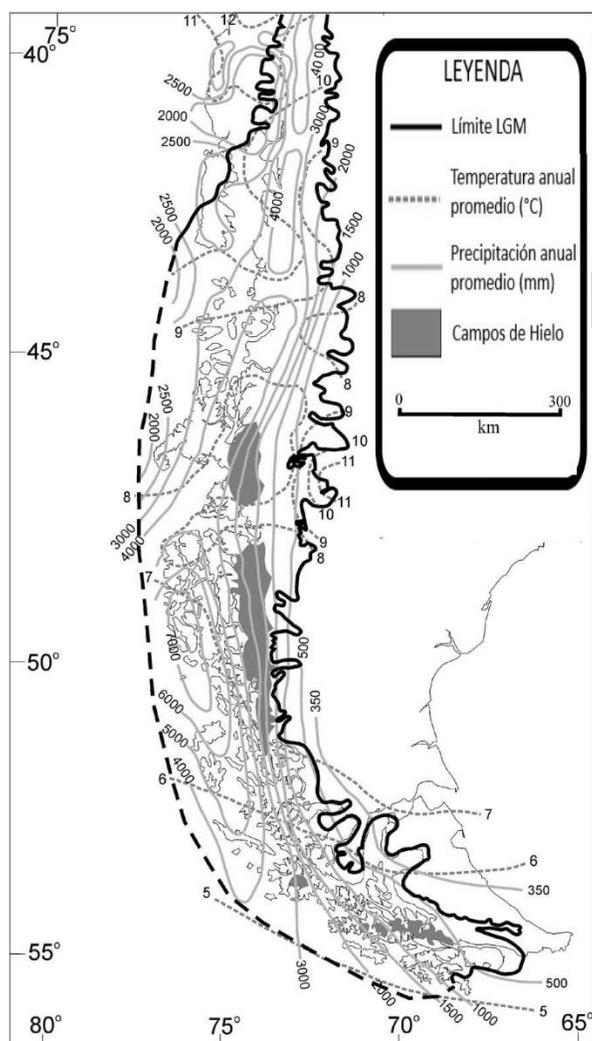


Figura 2.8. Límites del último máximo glacial (**LGM**) y la distribución de los campos de hielo actuales en Patagonia. Adicionalmente se mencionan las precipitaciones y temperaturas actuales (Hulton *et al.*, 2002).

En el estrecho de Magallanes, durante el Pleistoceno, las zonas de acumulación glacial se encuentran principalmente en sectores de gran altura cercanos a la costa pacífica, como lo es la cordillera a de Darwin, en donde fueron formados anchos glaciares que fluyeron en 4 direcciones principales (Figura 2.9), estos son (1) por el estrecho de Magallanes (**MS**) hacia la apertura este que conecta con el océano Atlántico, (2) hacia bahía Inútil (**BI**) - bahía San Sebastián (**BSSb**), (3) por el seno Almirantazgo (**SA**) – lago Fagnano (**LF**) y (4) canal Beagle (**BC**) (Balocchi *et al.*, 2021), dando lugar a los actuales brazos que presenta el estrecho hacia el océano Pacífico y el Atlántico (Raedeke, 1978). Los diversos avances que se han reconocido y descrito desde el siglo XIX, han podido generar relaciones entre las grandes glaciaciones patagónicas (**GPG**) y accidentes geográficos estudiados en la zona, principalmente morrenas que registran los máximos niveles lobulares de hielo (**GPG 1.1Ma**; **GPG1 1Ma-760Ka**; **GPG2 760Ka-315Ka**; **GPG3 260Ka-150Ka**; **LGM 25Ka**) (Figura 2.9; Balocchi *et al.*, 2021). El retroceso glacial tuvo lugar durante el Pleistoceno-Holoceno, resultando en extensos depósitos morrénicos laterales y terminales (Clapperton *et al.*, 1995).

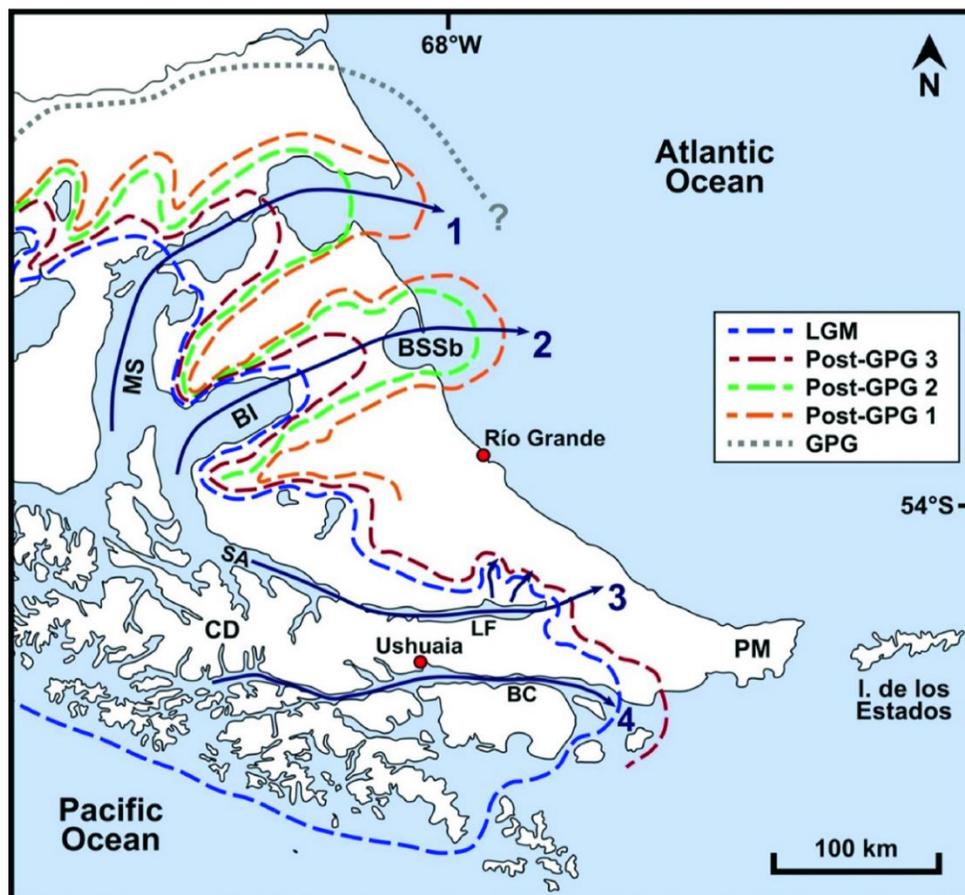


Figura 2.9. Mapa simplificado del flujo de hielo presente en el Cenozoico Tardío y la extensión de los lóbulos en Tierra del Fuego (Tomado de Balocchi *et al.*, 2021; basado en Bentley *et al.*, 2005; Caldenius, 1932; Clapperton *et al.*, 1995; Darvill *et al.*, 2014, 2017; Glasser & Jansson, 2008; Meglioli, 1992; Rabassa *et al.*, 2000, 2011). (1)MS: Lóbulo estrecho de Magallanes. (2)BI-BSSb: Lóbulo bahía Inútil - San Sebastián. (3)LF-SA: Lóbulo lago Fagnano - seno Almirantazgo. (4)BC: Lóbulo canal Beagle. GPG: Gran glaciación patagónica.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Placeres Auríferos

Definición y Clasificaciones

Según Portigliati (1999), el término placer se define como “depósito sedimentario no consolidado, que contiene mineralización detrítica económica y que se ha originado a partir de la liberación total o parcial, por procesos físicos y/o químicos, de las partículas de minerales pesados albergadas en rocas de cualquier naturaleza, en depósitos minerales y en depósitos sedimentarios preexistentes, y que son transportadas, depositadas y concentradas por procesos de carácter principalmente físico que pueden repetirse en forma cíclica, y en los cuales el agua juega un papel preponderante”(p.28).

La existencia de rocas con contenidos de oro, inclusive sin contenidos económicos, hace posible la existencia de placeres auríferos. Para que aquello se produzca, es necesario que un agente deje libre los detritos con oro y que posteriormente los concentre, aquel agente geológico por excelencia es el agua.

Portigliati (1999) describe de manera general estos depósitos de oro, como depósitos de origen sedimentario, habitualmente estratiformes y moderadamente consolidados, aunque no presentan estratificación cuando se asocian a procesos glaciales o de remociones en masa. Sus características sedimentológicas son variadas y dependen de su grado de evolución, de los agentes formadores, de la disponibilidad de agua y de las características mecánicas y mineralógicas de la roca fuente. Por otro lado, este metal se encuentra generalmente en estado libre, diseminado heterogéneamente en la matriz del sedimento. La distribución de la mineralización dependerá a su vez, de la disponibilidad de agua, el grado de evolución sedimentaria, de la topografía y de la existencia de trampas naturales que faciliten su depositación. En depósitos poco evolucionados, cuando la velocidad a la que opera la meteorización es menor o igual a la que opera la erosión, la liberación de oro puede ser parcial, por lo que estaría arraigada a clastos mayores. A su vez, la forma de los detritos de oro dependerá de la evolución del depósito y de la participación de agentes químicos. Principalmente los factores que regulan la evolución de las partículas son: la topografía, que regula la velocidad de escurrimiento; el tamaño, contenido y forma de las partículas transportadas; la presencia de detritos de cuarzo y el tamaño original del oro. La forma variará progresivamente durante el transporte, con aplastamientos, redondeamientos, aparición de estrías y estructuras de plegamiento. Asimismo, el tamaño de las partículas auríferas, dentro del mismo depósito, es variable, por lo general el oro más grueso se deposita cerca de su fuente y los más finos quedan más expuestos al transporte y la depositación lejana. El autor menciona que la fineza del oro se relaciona con los procesos de meteorización química que lixivian impurezas de cobre y plata,

además indica que estos detritos suelen estar asociados a otros elementos o minerales pesados como el platino, el estaño, el titanio, la magnetita, el circón, los rubíes y otras piedras preciosas.

Los placeres auríferos pueden clasificarse considerando los procesos formadores, la cantidad de agua que participa y su morfología resultante (Portigliati, 1999). Según los puntos anteriores, existe el **placer residual** o *in situ* que esta principalmente formado por procesos de meteorización química, el **placer gravitacional** que tiene génesis en procesos de remociones en masa con presencia casi nula de agua, el **placer hidrogravitacional** que difiere del anterior en que presenta moderada participación de agua en su formación, el **placer hidráulico** que está formado por la acción del agua que fluye confinadamente en un canal generando depósitos bien estratificados rellenando valles y deltas, en ambientes glaciales y proglaciales generan depósitos glacifluviales y fluvio-glaciales respectivamente, el **placer en till (morrénicos)** que son formados en ambientes proglaciales con gran influencia del ambiente glacial, y por último el **placer litoral marino** que se forman en depósitos de playa en ambientes glaciales, periglaciales y proglaciales.

Así mismo, pueden clasificarse según su origen en dos tipos (Kartashov, 1971), los proximales o autóctonos que se forman a menos de 10 km de su fuente, presentando relaciones directas con su roca madre. Estos pueden vincularse a los placeres de tipo residuales, gravitacionales, hidrogravitacionales, de tills y parcialmente a los hidráulicos. Los distales o alóctonos, son los que poseen fuentes difíciles de reconocer o inferir, se pueden relacionar con los placeres de tipo hidráulicos y los litorales marinos.

Una clasificación más local es establecida por Greiner (1991), quien agrupa de manera general los principales depósitos auríferos chilenos, determinando 4 tipos principales: los placeres relacionados con intrusivos granitoides de edades del Jurásico Superior – Cretácico – Terciario Inferior; los placeres relacionados con esquistos micáceos y/o cuerpos intrusivos graníticos paleozoicos; los placeres relacionados con morrenas cuaternarias de Tierra del Fuego y Magallanes; y los placeres de playas oceánicas.

Condiciones y Procesos en la Formación de Placeres Auríferos en la Zona Austral de Chile

En la génesis de un placer aurífero se deben cumplir una serie de condiciones, que, sumadas a los agentes geológicos, físicos, químicos y climáticos, desembocan la formación del depósito en cuestión. Portigliati (1999) hace un estudio y revisión de lo anterior para el territorio nacional. En particular, acá se hace mención a los requisitos necesarios para la formación de placeres auríferos en la zona austral de Chile.

Exceptuando los depósitos sudafricanos, los placeres de mayor tamaño que se conocen, tienen lugar en terrenos que han sufrido procesos glaciales de gran extensión (Portigliati, 1999). En estas zonas glaciares, por lo general se generan condiciones singulares que afectan la formación de placeres auríferos. Una de ellas es la alta tasa erosiva que accionan las grandes masas de hielo en movimiento, en conjunto con la gran capacidad de molienda y chancado que se gesta principalmente en la zona subglacial, permitiendo la liberación de las partículas minerales.

También es notorio mencionar las extensas distancias que pueden recorrer los detritos en estas condiciones, pudiendo alcanzar centenares de kilómetros. Además, los detritos pueden depositarse en niveles bases variados, inclusive en fondos marinos (Portigliati, 1999).

El primer requisito radica en la existencia de una fuente de oro. A pesar de los escasos volúmenes con mineralización aurífera en roca dura reconocidos en el sur de Chile, existen grandes contenidos en los placeres que residen ahí (Portigliati, 1999). Loen (1991) señala que, para la generación de placeres cenozoicos, la mineralización de oro de la roca madre debe variar entre 0.02 a 6.1 [ppb].

Asimismo, Loen (1991) propone una fórmula (Ecuación 1) para estimar el contenido de oro de un placer, en función de diversas variables.

Ecuación 1. Cálculo de la cantidad de oro (A_{up}) contenido en un placer. “ D ” corresponde a la densidad media de la roca madre (ton/m^3), “ Ad ” es el área de la cuenca erodada (km^2), “ C ” es el contenido medio del oro en la roca madre [ppb], “ T ” es la duración del ciclo erosivo (Ma), “ R ” es la velocidad media de denudación ($\text{cm}/1000$ años) y “ E ” es la eficiencia de la liberación de oro [%] (Loen, 1991).

$$A_{up} = \frac{(D * Ad * C * T * R) * E}{100}$$

Portigliati (1999) toma la ecuación anterior (Ecuación 1) bajo ciertas condiciones y efectúa un análisis para estimar la disponibilidad de oro detrítico, que existe en el área del sur de Chile sometida a acción glacial cuaternaria (entre los 40° y 56° S). Las condiciones que sustentan el análisis son, considerar que el área chilena afectada por las glaciaciones pleistocénicas alcanza unos 100.000 km^2 (Ad) basado en la estimación de área cubierta por hielo en América del sur (Flint, 1971); sugerir una densidad media de 2.65 ton/m^3 para las rocas afectadas (D); utilizar un tiempo erosivo mínimo de 750 mil años y un máximo de 1 millón de años (T) basado en estudios sedimentológicos (Mercer, 1976; Heusser & Flint, 1977; Porter, 1981; Mercer & Sutter, 1982; Clayton *et al.*, 1997); considerar una velocidad de denudación para ambientes cordilleranos de 4 a 10 cm cada 1000 años (R) (Chorley *et al.*, 1984); suponiendo una eficiencia de 50 [%] lo que corresponde al mismo valor que toma Loen (1991) (E); y un rango de oro contenido en la roca madre de 1 a 10 [ppb], valores que han sido estimados por diferentes autores (Rankama & Sahama, 1954; Boyle, 1979; Ishihara *et al.*, 1986) (C). Por lo tanto, la cantidad de oro susceptible

para ser liberada debido a la acción glacial (Aup) da como resultado, para el caso más conservador a 397,5 toneladas de oro, en cambio para el caso más optimista da un total de 1325 toneladas de oro. El resultado anterior evidencia la gran disponibilidad de oro que podría depositarse, bajo condiciones adecuadas, en placeres.

Un segundo requisito consiste en que las partículas con minerales pesados sean liberadas, particularmente para estos placeres, consiste en que el oro disponible en la roca madre quede en estado libre. Lo anterior depende de una serie de factores ambientales, donde las condiciones climáticas toman un rol preponderante. Portigliati (1999), establece dos situaciones ambientales extremas, una para condiciones de aridez y ambientes tropicales; y otra para ambientes glaciares con alta pluviosidad. Es este último el que prolifera en la zona sur del territorio nacional.

En los territorios montañosos y cubiertos por hielo, que caracterizan a los ambientes glaciados chilenos, la erosión mecánica es mucho más rápida que la meteorización química, inclusive este último proceso no alcanza a tener un desarrollo completo. Es por esto, que el proceso erosivo tiene un papel preponderante, ejerciendo su mayor componente en la sección basal del glaciar. Es ahí donde la acción abrasiva de los hielos desgasta la roca y da lugar a la liberación de los minerales pesados. Por lo tanto, en este tipo de ambientes, la liberación de partículas con minerales pesados tiene una connotación principalmente mecánica (Portigliati, 1999).

El transporte y la posterior depositación son los próximos procesos que deben seguir las partículas libres. Los agentes físicos que transportan los detritos son la gravedad, el agua, el hielo y el viento, también pueden participar agentes químicos solubilizando las partículas y luego precipitándolas. Para que la depositación ocurra es necesario que se generen procesos y ambientes tales, que los detritos transportados puedan concentrarse. Si bien cualquier depósito puede tener cantidades de oro, para que se forme un yacimiento es necesario que el oro se concentre, lo que es posible gracias a la acción del agua (Portigliati, 1999).

Los procesos de transporte y depositación varían para cada tipo de placer, acá solo se enfatiza en los placeres que han sido formados directa o indirectamente por la acción de glaciares. Para entender el transporte glacial, primero es necesario entender cómo es que un glaciar se desplaza. El desplazamiento glacial se origina por la deformación que este sufre debido a la acción de la gravedad, implícitamente es una transferencia continua de material desde la zona de acumulación de un glaciar hasta su zona de ablación (zona de fusión) (Gutiérrez, 2008). Según Sharp (1988), en este flujo deformativo se distinguen dos procesos, uno de deformación interna y otro de deslizamiento basal. El primero consiste en un flujo por reptación que es resultado de la aplicación de esfuerzo por un tiempo prolongado, generando desplazamiento de los cristales de hielo (intergranular) que tiene lugar principalmente en la base del glaciar. El segundo corresponde al desplazamiento de la masa de hielo sobre su lecho, que se activa por la presencia

de agua basal, ya que esta disminuye la fricción generada entre el lecho de roca y el glaciar. Portigliati (1999) también señala que el proceso abrasivo generado por la interacción entre el sustrato rocoso y los detritos transportados deforma la superficie de deslizamiento, por lo que también genera desplazamiento glacial.

El material transportado por el glaciar puede ir sobre (supraglacial), dentro (englacial) o bajo (subglacial) la masa de hielo, llegando a distancias que varían de unos cuantos kilómetros a centenares de ellos (Gutiérrez, 2008). La carga sedimentaria que está en contacto con la base glacial o cercana a ella es transportada principalmente por la misma erosión abrasiva, generando detritos redondeados y finos. En contraste, los sedimentos transportados sobre y dentro del glaciar no sufren cambios significativos, por lo que corresponden generalmente a fragmentos de rocas gruesas y angulosas. En consecuencia, el oro se libera y transporta preponderantemente en la zona subglacial (Portigliati, 1999).

El material transportado es depositado tanto en forma subaérea como submarina, generando diferentes depósitos sedimentarios de origen glaciar. Portigliati (1999), enmarca dentro de este contexto a los placeres de tipo till o morrenas, a los depósitos sedimentarios glacifluviales y fluvioglaciales, además de los depósitos sedimentarios de playas marinas. Paralelamente existe también la depositación marina, la cual genera placeres submarinos principalmente deltaicos.

Los principales depósitos auríferos encontrados en la zona sur de Chile corresponden a placeres de **tipo till**, **glacifluviales**, de **playas marinas** y **submarinos**. En los placeres **tipo till**, el proceso de transporte glacial culmina con la depositación de tills y depósitos estratificados. Los tills derivan directamente de la acción de los glaciares y corresponden a sedimentos polimícticos no estratificados, constituidos por una gran variedad de tamaños de grano, con fragmentos de dimensión bloque inmersos en una matriz de grano fino, incluso arcilloso. Se encuentran ubicados tanto en la porción subglacial como en sectores marginales de la masa de hielo, generando morfologías de morrena (Gutiérrez, 2008). Estos depósitos suelen tener oro, pero este se encuentra distribuido en forma heterogénea en los sedimentos, por lo que raramente constituye un depósito explotable. En el sur de Chile, los ejemplos auríferos de este tipo son las morrenas de Alto Biobío (región del BioBío), Maullín (región de Los Lagos) y Cucao (región de Los Lagos) (Portigliati, 1999). Por otro lado, los placeres **glacifluviales**; corresponden a depósitos que se generan en ambientes proximales a los glaciares (periglacial), debido a la acción hidráulica formada por el deshielo en las áreas de ablación (frente glacial). Por lo general se generan redes dendríticas que transportan las partículas, en este caso auríferas, hacia depósitos de características fluviales. En el sur de Chile, las rocas han pasado por profundos procesos de erosión durante el Pleistoceno y el Holoceno, producido por el desarrollo de procesos glaciales sucesivos y de gran magnitud, es más, toda la zona nacional al sur de los 40°S estuvo cubierta por masas de hielo (Emparan & Portigliati, 1991), inclusive cruzando la actual línea de costa. Las oscilaciones de los frentes glaciales han permitido el retrabajo de los productos generados en las glaciaciones

pleistocenas (Weischet, 1964). Resultado de lo anterior se han formado variados depósitos sedimentarios con probables contenidos de oro detrítico. El ejemplo por excelencia de este tipo de placeres se ubica en la región de Magallanes y la Antártica chilena, en los lavaderos del río del Oro en el Cordón Baquedano (Porvenir). Por su parte, los placeres de **playas marinas**; corresponden a placeres litorales, formados por la interacción de procesos marinos, fluviales, glaciales y eólicos. El material que da origen a este placer puede provenir de depósitos glaciales y glacifluviales depositados en el fondo marino o de depósitos costeros de origen variado. La carga aurífera liberada por los glaciares acá queda expuesta a la acción del mar, que además de modificar su tamaño a fino, selecciona los sedimentos dejando los materiales más gruesos y pesados en las cercanías costeras, y a su vez transportando los materiales más finos y livianos hacia aguas más profundas (Portigliati, 1999). Además, la depositación aurífera depende de las propiedades de las partículas de oro, de la fuerza y dirección de los vientos y de las corrientes marinas. Estos depósitos se desarrollan en cualquier trampa natural que impida el desplazamiento libre de las corrientes costeras, por lo que se desarrollan en playas marinas actuales, playas de tormenta, playas emergidas y playas submarinas. El oleaje normal provoca un movimiento oscilatorio de las partículas y es durante las tormentas (generalmente en invierno) cuando este gana más energía y traslada partículas hasta la playa, depositándolas de manera selectiva en horizontes separados por peso específico (Emparan & Portigliati, 1991). Estos depósitos se ven mermados en los períodos de calma, principalmente en períodos estivales. Es por esto, que en el sur del país la explotación artesanal de estos depósitos ocurre en tiempos invernales. En Chile, estos placeres se distribuyen en las líneas de costa y de manera continua desde Puerto Montt (Carelmapu) hasta Cabo de Hornos (en islas Lennox, Picton y Nueva). Particularmente en el estrecho de Magallanes se ubican en el sector de bahía Posesión. Por último, los placeres **submarinos** corresponden a los materiales depositados por ríos y glaciares en la plataforma continental, por lo que quedan expuestos a la acción erosiva del mar. Los movimientos del fondo marino dependen de la altura de las olas, del diámetro de las partículas, del balance de fuerzas de arrastre, de la pendiente y de la fuerza de resistencia (Chorley *et al.*, 1984). Por lo tanto, la acción del oleaje, de mareas, de corrientes, de tormentas y tsunamis, provocan el desplazamiento de las partículas marinas hacia zonas más costeras. En Chile, no existe información pública de las actividades realizadas en depósitos de este tipo, a pesar de lo anterior, Portigliati (1999) menciona que son conocidos los esfuerzos de empresas particulares en la boca oriental del estrecho de Magallanes, no así sus resultados.

Considerando la historia glacial como generadora de los mantos auríferos y de la morfología actual Patagónica, Greiner (1991) propone buscar el origen de los depósitos magallánicos en la Cordillera de Darwin (Figura 3.1 y 3.2), área desde donde fluyeron corrientes de hielo y donde las acumulaciones de agua sólida glacial persisten hasta la actualidad.

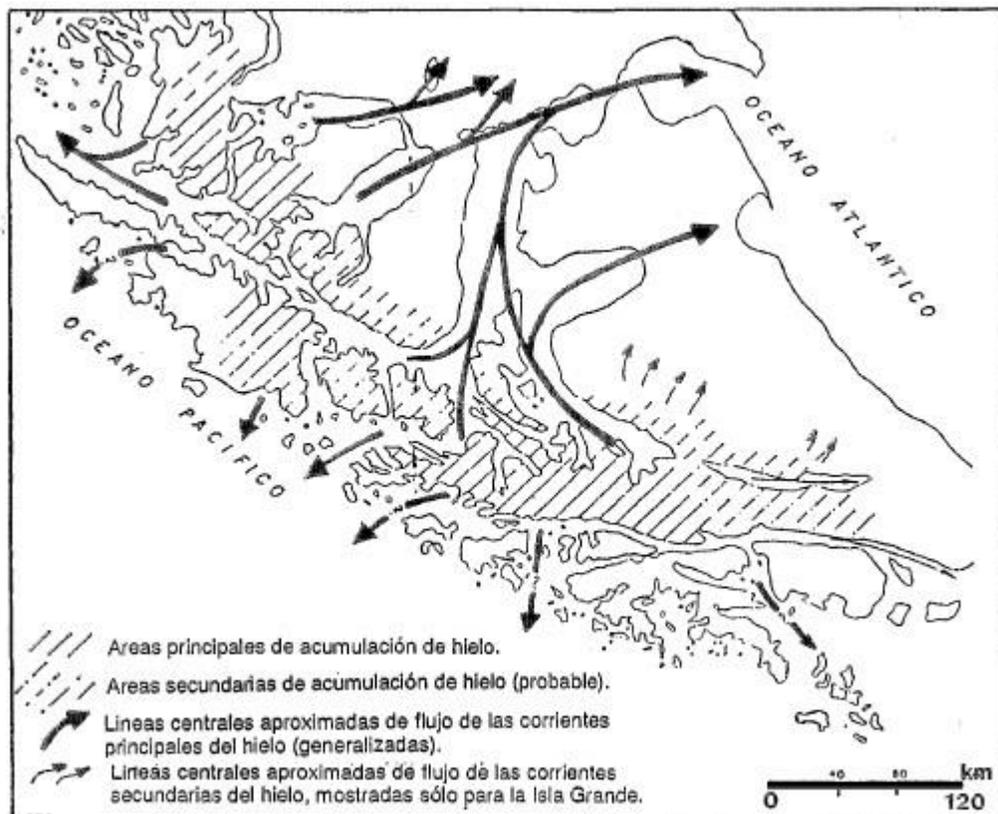


Figura 3.1. Áreas de acumulación de hielo glacial y del movimiento generalizado del hielo Pleistoceno (Tomado de Greiner, 1991; basado en Raedeke, 1978).

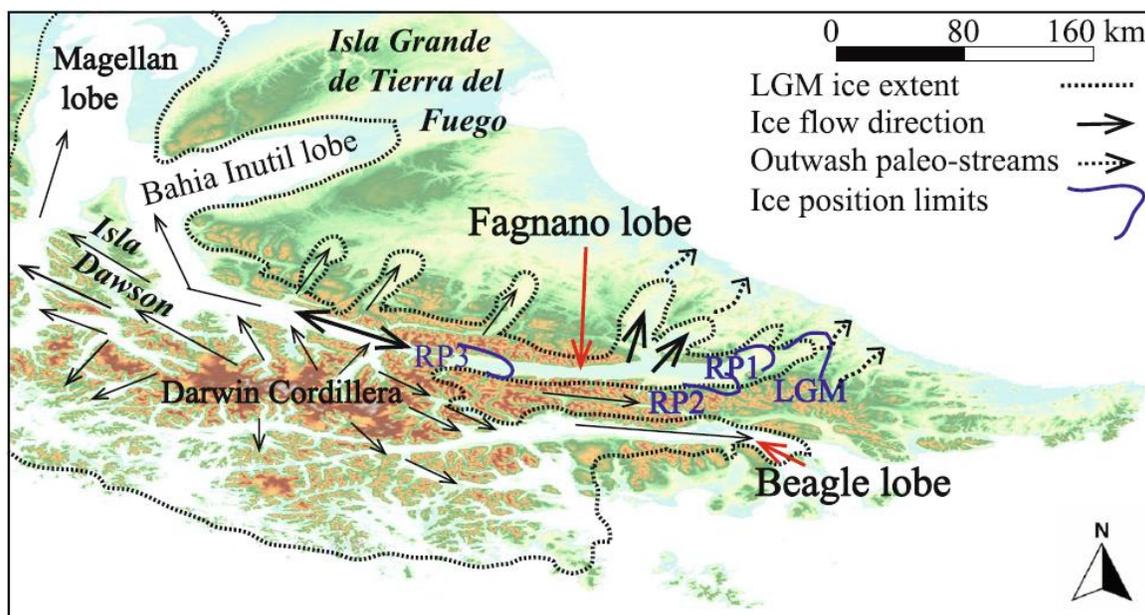


Figura 3.2. Mapa del sector sur de Magallanes en el que se identifica el máximo glacial en línea punteada (LGM) y sus retiradas progresivas en azul (RP1-3), además de la dirección de los hielos en flechas negras (Tomado de Sandoval et al., 2020).

Antecedentes de la Minería Aurífera Aluvial Mundial y Chilena

Hasta la caída del Imperio romano, en Europa y Medio Oriente, el oro era principalmente extraído de placeres auríferos. Durante la edad media su producción se vio afectada debido al agotamiento de gran parte de los depósitos que había en la zona (Cope & Rice, 1992). Es hasta el siglo XV, con la conquista de América, que la producción aurífera aumenta considerablemente debido al desarrollo de nuevos yacimientos procedentes, en su mayoría, de Nueva Granada (actual Colombia), México, Perú y Chile. Esto trajo consigo que durante los siglos XVI y XVII, la producción mayoritaria de oro fuera de origen americano (Avila-Salinas, 1991). Posteriormente en el siglo XIX y XX, un extraordinario aumento de la producción mundial se vincula al hallazgo de oro en placeres y depósitos de roca dura provenientes de California, Alaska, Canadá, Siberia, Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica. Cabe destacar, que el mayor recurso aurífero del que se tiene registro corresponde a los depósitos sudafricanos de Witwatersrand encontrados en este período (Tabla 3.1), estos son considerados como antiguos placeres que actualmente residen en secuencias metamórficas (Portigliati, 1999).

Tabla 3.1. Producción Estimada de Oro de Placeres de los Principales Distritos y Países hasta 1981 (Portigliati, 1999).

<i>Nombre</i>	Producción [Ton]
<i>Witwatersrand</i>	40000
<i>California</i>	1350
<i>Leda</i>	1300
<i>Colombia</i>	1000
Chile	350
<i>Bolivia</i>	300
<i>Klondike</i>	300
<i>Fairbanks</i>	250
<i>Otago</i>	250
<i>British Columbia</i>	200
<i>Westland</i>	150
<i>Perú</i>	100
<i>Otros (Brasil, Nueva Guinea, España, etc.)</i>	1000
Total	45550

La producción de lavaderos de oro del territorio nacional (Tabla 3.2, Figura 3.3), se remonta a tiempos prehispánicos, vestigios de aquello son confecciones de oro exhibidas en museos de la zona norte chilena (Cuadra & Dunkerley, 1991). Además, ya en 1425 hay noción de

lavaderos auríferos (Copiapó, región de Atacama) asociados a rutas con destino al Cuzco, donde aborígenes del territorio rendían tributos al Imperio incaico (Gacitúa, 1931).

Durante la conquista española en el siglo XVI, Pedro de Valdivia, da conocimiento de la existencia de sectores chilenos ricos en oro, como el lavadero Marga Marga (Valparaíso, región de Valparaíso) (Cuadra & Dunkerley, 1991). Con el avance de la conquista hacia el sur, fueron descubiertos los lavaderos Quilacoya (Concepción, región del Biobío), Madre de Dios (Valdivia, región de Los Ríos) y Ponzuelos (Osorno, región de Los Lagos), siendo faenados por el esclavizado pueblo Mapuche (Cuadra & Dunkerley, 1991).

Desde el siglo XVIII la producción de lavaderos comenzó a ser opacada por los depósitos de roca dura. No obstante, a finales del siglo XIX, con el descubrimiento de manifestaciones auríferas en la zona sur y austral, los lavaderos auríferos volvieron a jugar un papel importante dentro de la producción del rubro, llegando al 40[%] de la producción del mismo siglo (Tabla 3.2) (Portigliati, 1999). Dentro de este período tuvo lugar la conocida fiebre del oro de Tierra del Fuego, que impulsó una importante migración a la región austral (Cuadra & Dunkerley, 1991).

En la primera mitad del siglo XX, Chile se vio fuertemente afectado por la crisis económica mundial (La Gran Depresión del 29), generando disminuciones en el precio del cobre y la paralización de la industria salitrera (Cochilco, 2017). Ante este escenario, en los años 30 se gestó un plan aurífero nacional que tenía como fin activar la minería artesanal, el cual tuvo buenos resultados durante la década. A partir de la década de los 40 hasta los 70, se produjo un gran descenso productivo del oro nacional, pasando desde 6.5 toneladas anuales a menos de 2 e inclusive manteniéndose hasta los años 90 en cifras cercanas al 1[%] (Portigliati, 1999).

Tabla 3.2. Producción Histórica de Oro en Chile y producción de lavaderos, Portigliati, (1999).

<i>Período</i>	Producción Total [Ton]	Producción Lavaderos [Ton]	Porcentaje de Lavaderos con Respecto al Total [%]
<i>Prehispánico</i>	150	150	100
<i>Siglos XVI y XVII</i>	120	120	100
<i>Siglos XVIII</i>	100	70	70
<i>Siglo XIX</i>	91	35	38
<i>Siglo XX</i>	500	25	5
Total	961	400	42

La estimación de oro aluvial hasta el siglo XVII es del 100[%], aunque en la zona norte del país habrían existido operaciones menores en roca dura.

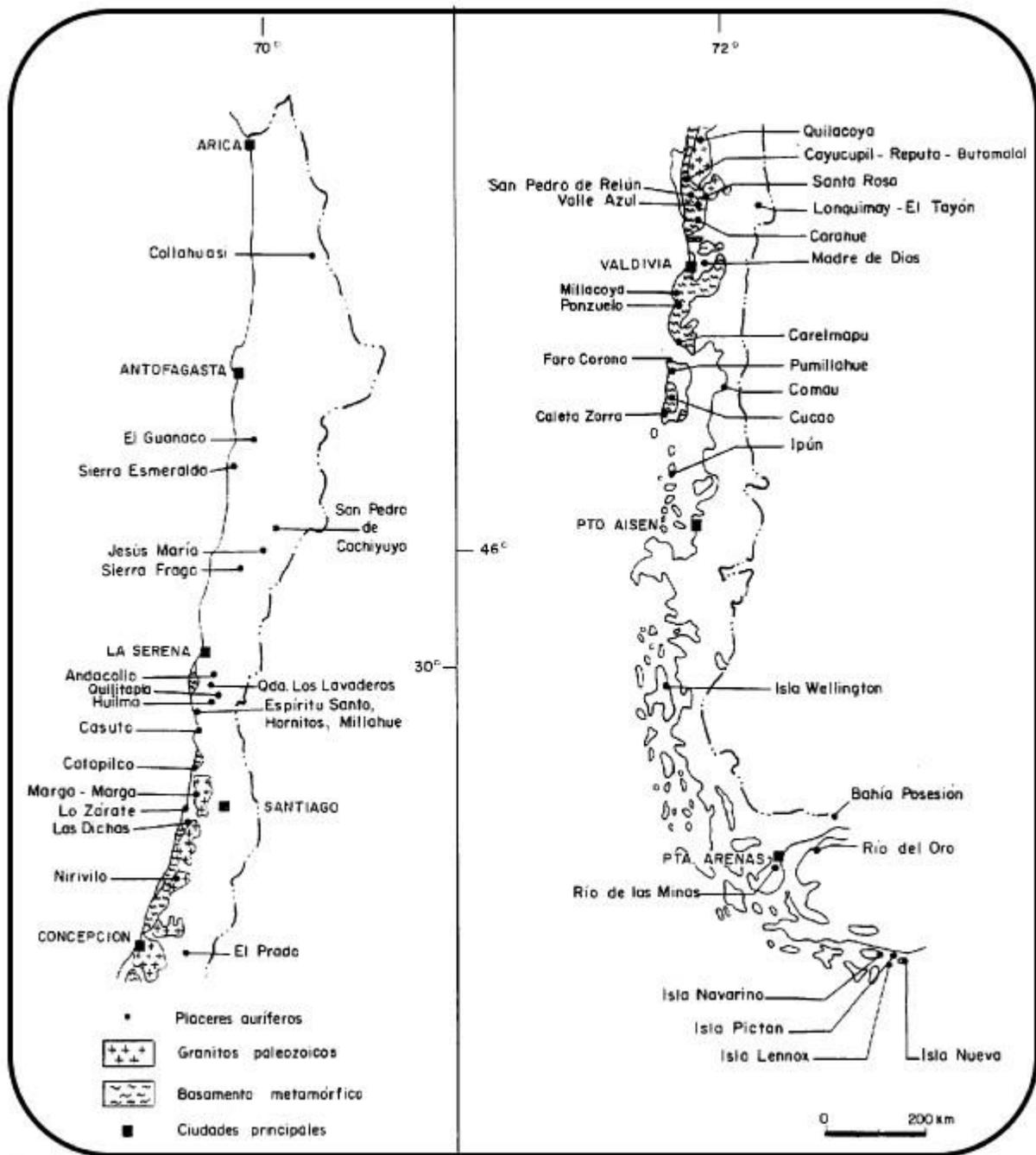


Figura 3.3. Distribución de los principales placeres auríferos chilenos hasta el siglo XX (Tomado de Portigliati, 1999).

Antecedentes Históricos de la Minería Aurífera Aluvial Magallánica

Según Martinic (2003), las exploraciones científicas en búsqueda de minerales metálicos y no metálicos en la región de Magallanes se iniciaron a finales del siglo XIX, cuando ya se conocía la existencia de yacimientos de lignito y placeres auríferos de hallazgo casual. El autor señala que entre 1869 y 1950, es el período en que se registró la mayor actividad prospectiva y extractiva aurífera (Anexo A, Figura 9.1), separándola así en episodios históricos. Penrose (1908) afirma que estos depósitos, pertenecientes a gravas de río y de playa, fueron en general pequeños, ricos, pero por sobre todo transitorios.

El primer episodio data de 1869, cuando el gobernador de la colonia de Magallanes, Oscar Viel, informaba de la ocurrencia de oro en gravas del río Carbón que rodeaba Punta Arenas (Penrose, 1908), generando así el entusiasmo colectivo de la población local. Lo anterior se tradujo en centenares de hombres lavando oro detrítico con *chayas* y *longtons* (canaletas), además esto trajo consigo el interés extranjero por formar parte de la colonia. Desde entonces el río cambió de nombre a río de las Minas. Entre el año 1869 y 1871, la exportación de oro alcanzaba el 66 [%] del comercio del rubro aurífero chileno. La explotación fue abandonada alrededor del año 1876, debido a la baja en su rendimiento (Martinic, 2003).

El segundo período tiene lugar en la isla grande de Tierra del Fuego, a partir del año 1879, debido a exploraciones con fines colonizadores a cargo de la Armada de Chile. Así fue como se detectaron, en sierra Boquerón, manifestaciones auríferas en un río al que apodaron el río Oro. En los años siguientes empezaron las labores extractivas a manos de empresarios y mineros libres, lo que trajo consigo la llegada de una gran cantidad de extranjeros, principalmente austríacos y yugoslavos. Para 1898 se reportaban en la isla un total de 134 faenas con alrededor de 300 hombres, que rendían 98 kilos de oro en una temporada. La tecnología empleada para lavar el oro seguía siendo *chayas*, pero las canaletas (Figura 3.4), ahora de forma más compleja, podían trabajar mayor cantidad de material (Martinic, 2003).



Figura 3.4. Depósitos de oro aluvial en río Verde, se observan canaletas para concentrar el mineral. Tierra del Fuego (Tomado de Penrose, 1908).

El siguiente período importante atañe a la parte argentina de Tierra del Fuego, en efecto, en 1886 el ingeniero de minas rumano Julio Popper que residía en Argentina, enterado de las circunstancias que prosperaban en las localidades costeras de Santa Cruz como Zanja a Pique, decidió explorar y explotar la región fueguina. Es más, en la península de Páramo, encontró uno de sus más famosos hallazgos auríferos, el cual fue registrado como el primer yacimiento en la zona en ser explotado de manera industrial por una compañía (Martinic, 2003).

Por el año 1888 los mismos trabajadores de Popper, explorando territorio chileno, dan cuenta del oro que residía en el archipiélago austral de Tierra del Fuego, específicamente en las islas Lennox y Nueva, más adelante se sumó la isla de Picton y la costa oriental de Navarino. Para 1891, ya se instalaban alrededor de 500 mineros improvisados, atraídos por la conocida fiebre del oro. Registros contemplan alrededor de 1.5 toneladas de oro recaudados entre los años 1891 y 1894, lo que naturalmente llevó al paulatino agotamiento y a menores rendimientos. Para finales de siglo ya no quedaban más que vestigios de la actividad aurífera (Martinic, 2003).

El siglo XX, trajo consigo nuevas tecnologías que trataron de mecanizar la faena minera, una de ellas fue la draga a vapor (Figura 3.5) que empezó a funcionar a mediados del año 1905 en las cercanías de Porvenir, particularmente a manos de la compañía Sutphen en el río Oro y que posteriormente se extendería a río Verde y río Oscar. Esto trajo consigo la creación de nuevas compañías, lo que causó que para 1908, ya se contaran con alrededor de 12 dragas funcionando en 11 asentamientos mineros (río Verde, río del Oro, Casa de Lata, río Rosario, río Santa María, Chorrillo Esperett, Chorrillo de los Volcanes, río Pérez, Sutphen, Mina Nueva y río Progreso). A pesar de los buenos augurios que se habían esparcido, para finales del 1905 los gastos energéticos de explotación eran muy elevados para el rendimiento que tenían los yacimientos, por lo que las faenas fueron cerrando progresivamente hasta 1909, concluyendo así este efímero y vertiginoso episodio aurífero (Martinic, 2003).

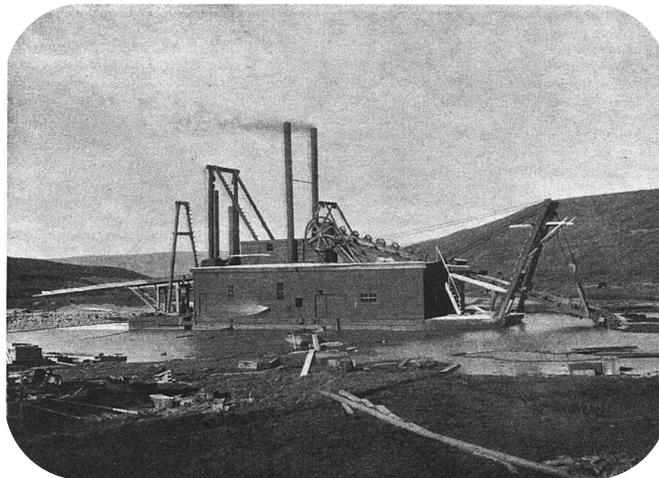


Figura 3.5. *Draga de oro en el área de Punta Arenas, 1910 (Tomado de Cuadra & Dunkerley, 1991).*

La conmoción aurífera del período generó un auge de actividades explorativas y prospectivas en el territorio magallánico. En la península de Brunswick resaltan los trabajos realizados en el río Leñadura, río Tres Brazos, río de los Patos y varios más que no prosperaron. También se registran en la costa norte de la isla Riesco, particularmente en el río Palo. En el sector continental de Última Esperanza se rescatan actividades en el río Baguales y el río Las Chinas. En el borde nororiental del estrecho de Magallanes destaca Punta Delgada y la bahía Munió. Asimismo, se observan en el archipiélago austral y las costas del canal Beagle. Sin embargo, las cantidades de oro encontradas en estos sitios solo podían sustentar faenas artesanales (Martinic, 2003).

Las condiciones antes descritas, generan que desde 1910 se empiece a desarrollar la culminación de este capítulo minero, que principalmente consistió en trabajos artesanales. No obstante, hay registro que desde 1937 hasta 1950 existieron sociedades formadas por obreros que trabajaban el cordón Baquedano (sierra Boquerón), en su mayoría rindiendo cuentas a la compañía aurífera Porvenir de Tierra del Fuego, la cual arrendaba los derechos de explotación de los piques (Martinic, 2003).

Durante la segunda mitad del siglo XX, la importancia y fama del oro en Magallanes fue disminuyendo, en parte por el agotamiento de los depósitos ya trabajados y por el constante fracaso obtenido en muchas de las operaciones de esta actividad. A pesar de esto, Martinic (2003) señala que se han registrado nuevos intentos empresariales, pero que han sido altamente improductivos, incluso alude a prospecciones marinas aparentemente sin éxito.

3.2 Geoquímica

ICP-MS

Para poder obtener concentraciones de los elementos que componen una muestra cualquiera, es necesaria instrumentación específica que sea capaz de detectarlos y cuantificarlos, particularmente, una técnica ampliamente utilizada en la industria es la espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (**ICP-MS**). Este instrumento (espectrómetro de masas, **MS**) es muy versátil permitiendo medir, en poco tiempo, concentraciones muy pequeñas (trazas) de una gran gama de elementos químicos con aplicación a muchas áreas, como la biología, geología, etc. La espectrometría de masas está basada a grandes rasgos en la recaudación de iones a partir de moléculas en fase gaseosa, una vez obtenidas, estas se separan en función de su masa y carga (**m/z**) debido a la presencia de un campo magnético, para ser finalmente detectados por medio de un dispositivo adecuado. Por lo tanto, las etapas necesarias para la determinación de las masas son:

- a) Generación de moléculas y fragmentos moleculares en fase gaseosa.
- b) Ionización de estas.
- c) Separación en función de su relación m/z.
- d) Detección de iones.

Es el plasma de acoplamiento inductivo (**ICP**) el que en primera instancia descompone, atomiza y ioniza la muestra, para luego ser analizada por el espectrómetro.

Las ventajas que posee este método son su alta precisión, el razonable coste económico en su utilización y los bajos límites de detección. Además, tiene la capacidad de analizar un gran número de elementos e isótopos de forma simultánea y rápida.

Ensayo a Fuego

El método que más se usa para valorizar los contenidos de oro y los metales preciosos en la naturaleza es el ensayo a fuego. Este método consiste en fundir una muestra pulverizada, usando reactivos (óxido de plomo) y fundentes apropiados que generen dos fases líquidas, una en donde se aglomere toda la escoria de la muestra (silicatos principalmente) y otra en donde se genere una fase metálica constituida por plomo (Pb) y los metales de interés como Au, Pd o Pt. Luego se calienta el material con Pb (copelación), con el fin de fundirlo y eliminarlo, obteniendo los metales preciosos de interés. Esta muestra final se disuelve con agua regia y puede ser analizada por cualquier método de detección adecuado, como el **ICP-MS**.

Distribución Normal y Lognormal

Al iniciar un análisis estadístico de una serie de datos, luego de corregir y detectar errores, es preciso describir las distribuciones de frecuencia de las variables analizadas, este es uno de los recursos más útiles y que se asumen como presentes al estudiar los datos químicos (Díaz & Fernández, 2001). Una de las distribuciones mejor estudiadas es la distribución normal (gaussiana, Figura 3.6), que suele aparecer cuando se toman valores de alguna variable continua en un muestreo representativo (Blair & Taylor, 2008), frecuentemente asociada a fenómenos naturales y cotidianos. Una variable aleatoria normal presenta una función de densidad que está completamente determinada por dos parámetros, la media y la desviación estándar, que le dan la forma de campana. Dentro de las propiedades de esta distribución se tiene que su única moda coincide con la media y la mediana, además de que existe una simetría geométrica con respecto a la media y cuya dispersión se acrecienta cuando aumenta la desviación estándar.

Otra distribución importante y que se repite bastante en la geoquímica ambiental, es la distribución lognormal, esta distribución se presenta en variables aleatorias restrictivamente positivas. Una variable aleatoria tiene este tipo de distribución si el logaritmo natural de ella presenta una distribución normal, por lo que se define solamente para valores positivos. Por lo general no es una distribución simétrica sino más bien una sesgada (Figura 3.6).

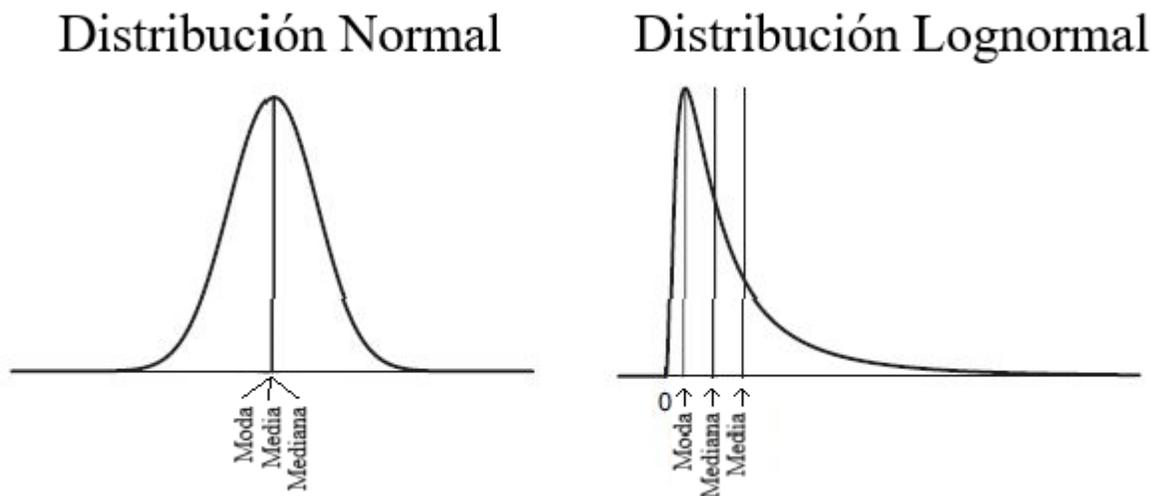


Figura 3.6. Representación gráfica que ejemplifica las distribuciones estadísticas normal y lognormal, con sus diferentes parámetros estadísticos.

Prueba de Bondad de Ajuste, Estadístico Anderson-Darling

Las pruebas de bondad de ajuste intentan verificar si un conjunto de datos se ajusta a un cierto tipo de distribución determinado, en particular para probar la normalidad o lognormalidad se pueden ocupar una serie de diferentes métodos que testean la distribución. Según Pedrosa *et al.* (2015), un factor importante a la hora de decidir qué prueba usar es el tamaño muestral, llegando a la conclusión de que para un tamaño muestral pequeño ($n \sim 30$) la prueba Anderson-Darling posee una mejor capacidad de detección.

El estadístico Anderson Darling mide que tan bien siguen los datos una distribución en particular, comparando la función distribución acumulada empírica de los datos con la distribución esperada de los datos asumiendo normalidad, si esta diferencia es suficientemente grande, la prueba rechaza la hipótesis de normalidad de la población. Las hipótesis para esta prueba son:

- **H₀** (hipótesis nula): los datos siguen una distribución normal.
- **H₁**: Los datos no siguen una distribución normal.

Este estadístico se traduce en el cálculo de un valor p (*p-value*), utilizado para probar si los datos provienen de la distribución elegida. Para determinar si los datos no siguen la distribución, se compara el valor de p con un nivel de significancia adecuado, generalmente este valor es 0.05. Un valor de p más pequeño que el anterior evidencia un fuerte argumento en contra de la hipótesis nula, por lo que esta es rechazada.

Diagrama de Caja (*Boxplot* o *Box & Whiskers plot*)

El diagrama de caja (Figura 3.7) como herramienta para el análisis explorativo de datos fue introducido por Tukey (1970, 1977) y corresponde a un resumen compacto de la distribución de datos, que resalta aspectos distributivos de las observaciones. Este instrumento estadístico posee tres componentes esenciales del set de datos (Wickham & Stryjewski, 2011): la mediana como una línea en la caja, los límites de la caja que representan los valores del primer cuartil y del tercer cuartil (Q1 y Q3), los límites del diagrama o extremos (bigotes) que representan valores limítrofes establecidos, como máx. y mín. o 1,5 veces el valor del rango intercuartílico, que a su vez se calcula como:

Ecuación 2. Rango intercuartílico (*IQR*), calculado como la diferencia entre el cuartil 3 y el 1.

$$IQR = Q3 - Q1$$

Los valores *outliers* (o anómalos) positivos, son valores anómalos que sobrepasan los valores límites superiores del diagrama de caja (Figura 3.7), a veces esto significa que están por encima del tercer cuartil más 1,5 veces el rango intercuartílico, por el contrario, también existen *outliers* negativos que están por debajo del límite inferior del diagrama, por lo tanto, estos valores se encuentran distantes del resto (Tukey, 1977). Existen dos tipos de *outliers*, los leves y los extremos, los primeros son datos que caen entre el límite del diagrama y 3 veces el rango intercuartílico, el segundo son datos por sobre o bajo el anterior.

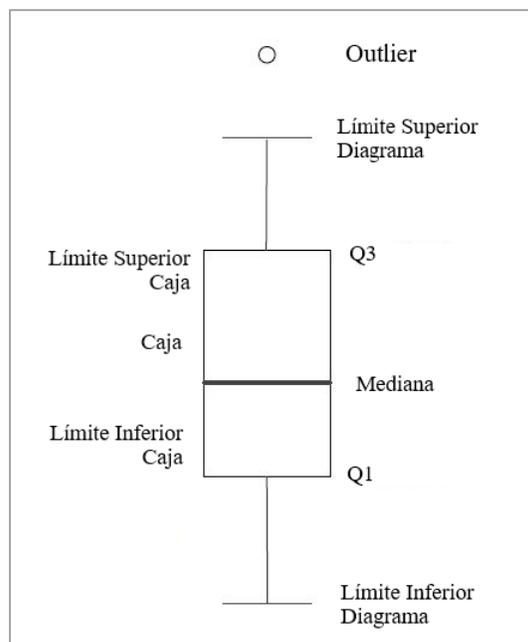


Figura 3.7. Diagrama de caja (*Boxplot*), con los elementos del gráfico (Wickham & Stryjewski, 2011).

Correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson (r) (ecuación 3) es una prueba que mide la relación estadística entre variables continuas. Este coeficiente de correlación puede tomar un rango de valores entre 1 y -1, indicando correlaciones positivas o negativas. El valor positivo de la correlación representa que a medida que una de las variables aumenta, también lo hace el valor de la otra. Por el contrario, si la correlación es negativa, el aumento de una va acompañada de la disminución de la otra. Por lo tanto, el coeficiente indica:

- Que, de existir una relación lineal exacta entre las variables, esta tendrá todos los puntos en la recta $y = a + b \cdot x$, con un valor de $r = 1$ si $b > 0$ o $r = -1$ si $b < 0$.
- Que, de no existir una relación lineal exacta entre las variables, r tendrá un valor entre -1 y 1 representando el grado de asociación entre las variables evidenciado en la Tabla 3.3.
- Que, de obtener una relación igual a 0, esta indicaría la no existencia de una correlación lineal entre las variables.

Ecuación 3. Coeficiente de correlación de Pearson, n representa el total de datos, X y Y corresponden a las variables a correlacionar.

$$r = \frac{n \cdot \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{\sqrt{[n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] \cdot [n \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

Tabla 3.3. Interpretación de la correlación de Pearson (r).

Rango de Valores de r	Interpretación
$0 \leq r < 0.5$	Mala Correlación
$0.5 < r \leq 0.75$	Buena Correlación
$0.75 < r \leq 0.9$	Muy Buena Correlación
$0.9 < r \leq 1$	Excelente Correlación

Tierras raras (REE)

El grupo de las Tierras Raras (**REE**) se conforma, principalmente, por elementos que tienden a formar iones trivalentes (Ce y Eu son una excepción, exhibiendo también tetravalencia y divalencia, respectivamente) con tamaños relativamente semejantes, es por este motivo que su comportamiento es física y químicamente similar. Las diferencias se evidencian en variaciones del radio iónico, el cual disminuye cuando los números atómicos (**Z**) aumentan, es por esto último que se genera un fraccionamiento de los elementos dependiendo de las condiciones fisicoquímicas de la cristalización magmática. El acontecimiento anterior genera que el uso de diagramas, que consideren estos elementos, funcionen para el reconocimiento de fuentes (proveniencia) dentro de la evolución magmática (Rollinson, 1993).

Los valores de las **REE** tienden a normalizarse con respecto a una serie de valores de referencia usados en la literatura científica (**NASC**, **PAAS**, etc.), uno de ellos es la normalización a meteoritos condriticos (Ecuación 4). Este es ocupado debido a que representa muestras no fraccionadas del sistema solar, siendo comparables con la composición original de la Tierra, los valores pueden verse en la Tabla 3.4. Teniendo los datos normalizados se pueden generar diagramas de **REE** para ver comportamientos de estos elementos, junto a estos diagramas se pueden calcular anomalías y razones relevantes. La razón $(La/Lu)_n$ entrega información acerca del fraccionamiento de las **REE** livianas (**LREE**), con respecto a las pesadas (**HREE**). La razón $(Gd/Lu)_n$ se usa para cuantificar la pendiente entre las HREE. La razón $(Ce/La)_n$ permite entender la anomalía de Ce y a su vez Eu/Eu^* (Ecuación 5) permite entender la anomalía de Eu.

*Ecuación 4. Normalización de **REE** al condrito. X representa la concentración de un **REE** y sus subíndices M , el medido en este estudio, C , el obtenido del condrito y n , su valor normalizado.*

$$X_M/X_C = X_n$$

Ecuación 5. Relación para entender la anomalía del Eu, de Eu/Eu^ .*

$$Eu/Eu^* = Eu_n/(Sm_n * Gd_n)^{0.5}$$

Tabla 3.4. REE de meteoritos condriticos

Valores REE de condrito por <i>Pourmand et al. (2012)</i> .						
La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]
0.2469	0.6321	0.0959	0.4854	0.1556	0.0599	0.2093
Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
0.0378	0.2577	0.0554	0.1667	0.0256	0.1694	0.0256
Valores REE de condrito por <i>Boynton (1984)</i> .						
La [ppm]	Ce [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Yb [ppm]		
0.31	0.808	0.195	0.0735	0.209		

Las **REE** normalizadas y algunos elementos como el torio (Th) y el escandio (Sc), son muy útiles caracterizando la proveniencia sedimentaria, ya que al ser elementos poco solubles reflejan la química de la fuente (McLennan, 1989). Los elementos lantano (La) y Th son más abundantes en rocas silíceas (félsicas) que en rocas básicas (máficas), por el contrario, el Sc abunda más en estas últimas. En este sentido, un relativo enriquecimiento de elementos incompatibles sobre elementos compatibles (**LREE** sobre **HREE** o **Th/Sc**) indicarían una fuente promedio más félsica que máfica (Cullers & Podkovyrov, 2002). Debido a todo lo anterior, la composición de **REE** ha sido usada, en la literatura científica (McLennan, 1989), para monitorear las composiciones de la roca fuente, desde rocas básicas que presentan patrones menos fraccionados de **LREE** vs **HREE** y casi nula aparición de anomalías de Eu, a rocas más ácidas que usualmente muestran patrones más fraccionados (elevados niveles de **HREE**) y evidentes anomalías negativas de Eu, que generalmente se preservan en el registro sedimentario (Cullers & Podkovyrov, 2002; López *et al.*, 2005).

3.3 Inclusiones de CO₂ en vetas de cuarzo-oro y su papel en la solubilidad del oro orogénico

Las inclusiones fluidas son cavidades dentro de un cristal que han sido rellenas con fluidos que circulaban en él y que posteriormente fueron selladas. A partir de ellas se pueden reconocer una serie de características del fluido en el momento del atrapamiento (Roedder, 1984).

El CO₂ es una de las inclusiones que se pueden encontrar en los minerales, es más, elevadas cantidades de inclusiones de este tipo se han encontrado en vetas de cuarzo-oro (Goldfarb, 2015), por lo que algunos autores proponen que representa una herramienta útil en la exploración aurífera (Kraustsov & Fridman, 1965). Según Sillitoe & Thompson (1998) elevados contenidos de CO₂ han sido reportados tanto en sistemas de vetas de cuarzo-oro orogénico como también en sistemas de oro magmático (Tabla 3.5), por lo que no sería un indicador diagnóstico del tipo de sistema aurífero. Garofalo & Ridley (2014) señalan que los **IRGD** (*Intrusion-Related Gold Deposits*) y los depósitos orogénicos aparecen como producto de fluidos hidrotermales que son químicamente diferenciables de otros depósitos hidrotermales de alta temperatura como los pórfidos, epitermales o **IOCG** (Iron-Oxide Copper-Gold), ya que poseen fluidos ricos en Au con suficiente CO₂ para generar fases carbónicas líquidas en inclusiones fluidas, además de ser un fluido de baja salinidad.

Tabla 3.5. Comparación de depósitos de oro orogénico y **IRGD**.

Tipo de Depósito	Ambiente Tectónico	Temperatura de Formación [°C]	Profundidad de emplazamiento [Km]	Composición fluidos mineralizadores	Tipo Alteración	Otros	Referencia
Orogénico	Margen Continental, en régimen compresional a transpresional, en rocas metamórficas	200 a 700	2 a 20	3-10 equiv. NaCl, ≥ 5 mol CO ₂ , trazas CH ₄ /N ₂	Seritización, sulfuración, carbonatación, como skarn en depósitos de alta temperatura	En terrenos metamórficos, asociación espacial con zonas de fallas transcorticales y magmatismo granítico	Groves <i>et al.</i> , 1998
IRGD	Ambientes corticales bajos a intermedios, careciendo de volcanismo extenso contemporáneo. Desarrollo tardío en el ciclo orogénico	141 a 219, 270 a 330 y 340 a 600	2 a 8	2.1 a 15.7% equiv NaCl, 2 a 8% equiv. NaCl; Fluidos ricos en CO ₂ , 20 a 50% equiv NaCl	Cuarzo, feldespato-K, albita, sericita y carbonato	Intrusiones félsicas de estado de oxidación intermedia, bajos contenidos de sulfuros. Estilos greisen, diseminado, veta plana, <i>stock-work</i> , brecha en roca ígnea huésped.	Goldfarb <i>et al.</i> , 2005

Phillips & Evans (2004) proponen que el rol que genera el CO_2 (sus especies acuosas H_2CO_3 , HCO^- , CO^-) en la formación de depósitos auríferos de este tipo, no es de carácter directo, debido a que el enlace químico entre el oro y este compuesto no es fuerte. Sino que juega un papel más bien indirecto, pero fundamental durante el transporte del oro, amortiguando el fluido (*buffer*) en un rango de pH neutro donde la concentración elevada de oro se mantiene por complejos con azufre reducido, ya que el oro es soluble bajo complejos HS^- en condiciones hidrotermales (Williams-Jones *et al.*, 2009). En la Figura 3.8 se puede observar un diagrama binario de la solubilidad del oro en solución acuosa, en función del pH y la fugacidad del oxígeno ($f\text{O}_2$), para cierta temperatura, presión y concentración de azufre. Muchos de estos diagramas calculados para diferentes temperaturas, presiones y moles de azufre, revelan que la alta solubilidad del oro está controlada por dos condiciones fundamentales: (1) un rango muy acotado de pH cercano al valor neutro (~ 7) y (2) una $f\text{O}_2$ justo debajo del límite de estabilidad mineral sulfato-sulfuro (Gaboury, 2019). Por tanto, la condición (1) estaría vinculada a la presencia de especies acuosas de CO_2 que mantienen los rangos óptimos de pH y por ende de solubilidad aurífera.

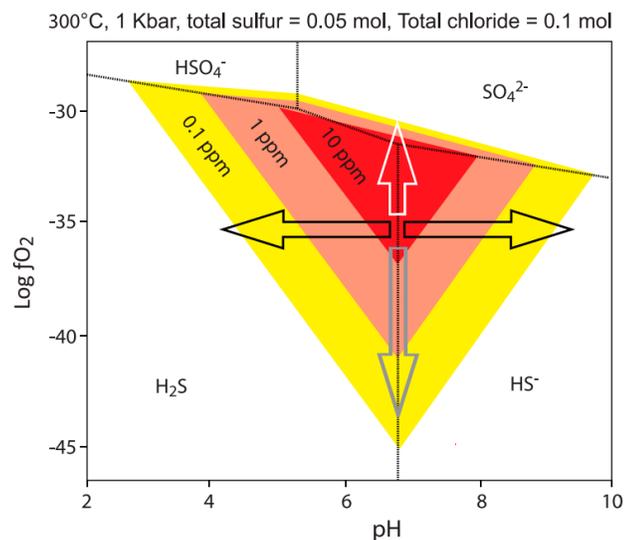


Figura 3.8. Diagrama esquemático de $\log f\text{O}_2 - \text{pH}$ para la solubilidad del oro, mostrando campos de solubilidad del oro para complejos oro-bisulfurados (Tomado de Gaboury, 2019)

Los depósitos de vetas ricas en oro están aparentemente asociados a los llamados depósitos de oro orogénico o también denominados depósitos de oro mesotermiales (Sillitoe & Thompson, 1998) que se caracterizan por poseer vetas de cuarzo-carbonato-oro. Estos depósitos están relacionados a terrenos regionalmente metamorfizados, formados durante procesos de deformación compresional o transpresional de orógenos colisionales o acresionarios, en márgenes convergentes (Groves *et al.*, 1998). Con la dinámica tectónica, las rocas volcánicas y sedimentarias marinas hidratadas han sido añadidas al margen continental durante decenas y centenas de millones de años de colisión. Estos procesos de subducción han incrementado los gradientes geotermiales dentro de las secuencias acresionadas, provocando la migración de fluidos hidrotermales (Groves *et al.*, 1998). Los fluidos encargados de formar estos depósitos corresponden a carbonáticos acuosos, con 5-30 mol [%] de CO_2 (Goldfarb *et al.*, 2015).

4. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con la metodología de trabajo planteada. Primero se exhiben los resultados de la fase de recolección de las muestras, seguido de los resultados concernientes a la petrografía de minerales opacos. Luego, se presentan los resultados del análisis geoquímico, con un análisis de normalidad, univariado de los datos, además, se grafican anomalías positivas y su localización geográfica. Además, se presenta un análisis bivariado de Au y Ag con respecto a los demás elementos químicos. Más adelante, se muestran los resultados del análisis de proveniencia sedimentaria con **REE** y elementos trazas. Finalmente, se evidencian los resultados de crushing en cuarzos como posibles focos explorativos futuros.

4.1 Muestreo

Como se observa en la Figura 4.1 (puntos rojos), los resultados de la primera etapa de muestreo significaron la recolección de 23 muestras de lecho marino de canales interiores con la draga Van Veen, de las cuales 22 son analizables debido a que poseen datos de adquisición geográfica, como se observa en la Tabla 4.1. Por otro lado, en la segunda etapa de muestreo, se registraron 42 muestras de lecho marino de canales interiores (Tabla 4.2 y Figura 4.1, puntos verdes), de las cuales 41 son efectivas, pues hay una muestra de la que solo se obtuvo material rocoso tamaño bloque (NA13-DR). Además, se obtuvieron 19 muestras de bahía y/o desembocadura de río, principalmente sedimentos tamaño arena-grava de color negro y blanco (Tabla 4.3 y Figura 4.1, puntos azules).

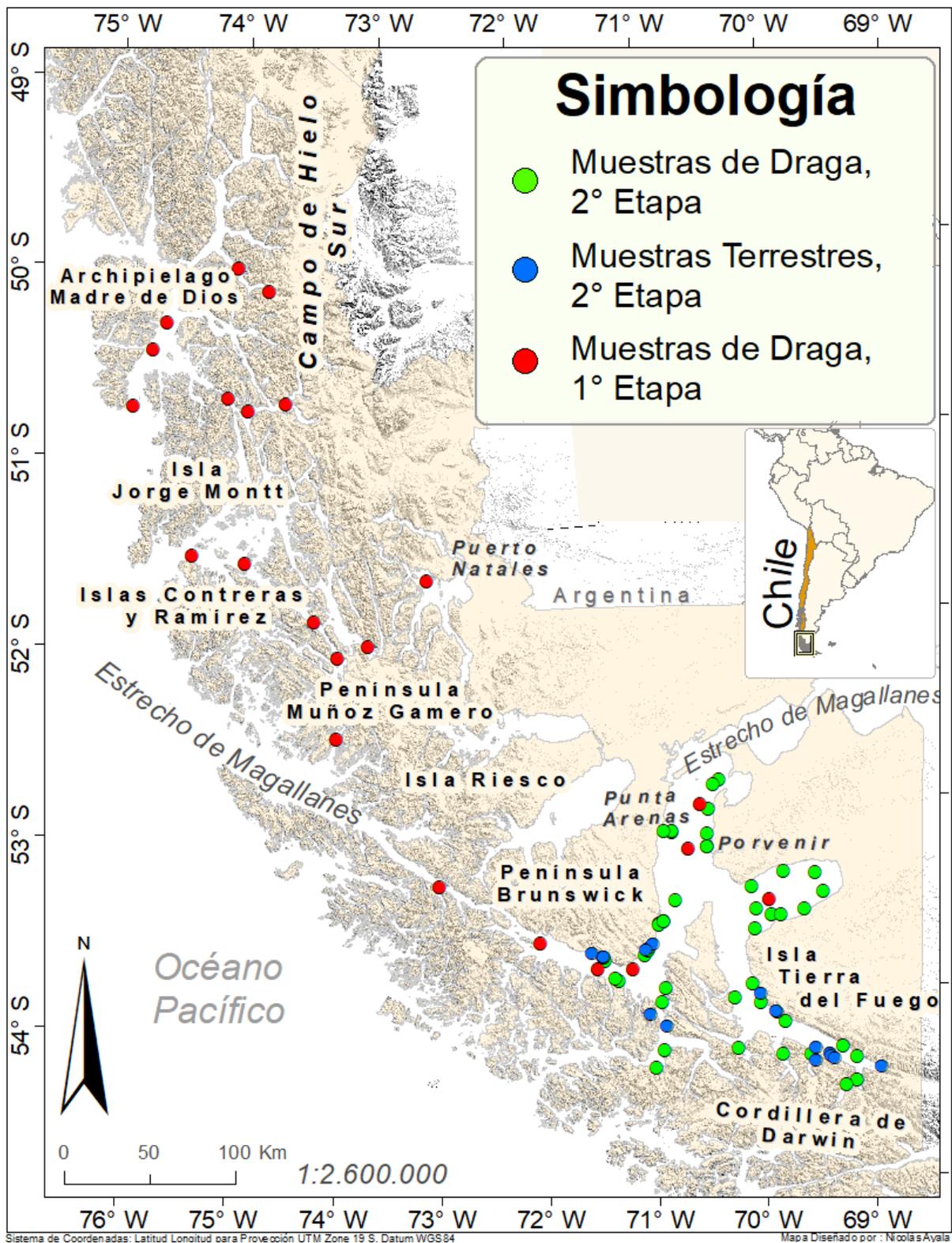


Figura 4.1. Resultados de muestreo CIMAR 25 en zona de estudio. Destacan en rojo y verde los lugares de muestreo de lecho marino, en azul destacan los muestreos de bahía y/o desembocadura de río. Mapa vectorial tomado de la biblioteca del congreso nacional (BCN), (ArcGIS, ESRI).

Tabla 4.1. Primera Etapa de Muestreo, Región de Magallanes y Antártica Chilena, Provincias de Última Esperanza y Magallanes.

Nombre de Muestra	Orden Corr.	Estación	Fecha (2019)	Lat. S [°]	Lat. S [']	Long. W [°]	Long. W [']	Prof. [m]	Ubicación de Lecho Marino
36-2	2	36	28-Sept	50	7.202	74	14.142	436	Centro de Seno Europa.
39-4	4	39	28-Sept	50	15.341	74	0.012	185	Extremo sur de Seno Europa.
41-5	5	41	29-Sept	50	22.296	74	51.247	424	Sector centro-norte de Canal Concepción.
42-7	7	42	29-Sept	50	30.533	74	59.172	560	Centro de Canal Concepción, frente al Canal Oeste.
G	9	9	30-Sept	50	47.855	74	24.018	311	Extremo norte del Canal Esteban.
70-10	10	70	30-Sept	50	52.453	74	14.716	236	Extremo oeste de Estero Peel.
43-12	12	43	01-Oct	50	47.962	75	11.43	209	Sur de Canal Concepción, salida al Océano Pacífico.
71-15	15	71	02-Oct	50	50.995	73	55.306	254	Estero Peel, al norte de Estero Amalia.
50-18	18	50	03-Oct	52	0.354	73	48.613	438	Canal Smyth, al oeste de Isla Hunter.
64-19	19	64	03-Oct	52	12.338	73	38.107	243	Canal Smyth, cerca de Cabo Palmer, al noroeste Monte Burney.
62-21	21	62	03-Oct	52	37.736	73	41.411	538	Canal Smyth. Frente al Monte Joy, Isla Manuel Rodríguez.
47-28	28	47	05-Oct	51	36.442	74	47.972	490	Estrecho Nelson, al sur de Isla Lobos.
48-30	30	48	05-Oct	51	40.217	74	21.704	207	Extremo norte Canal Smyth, al este del estrecho Nelson.
59-31	31	59	06-Oct	52	9.130	73	21.959	243	Canal Unión, al noroeste Isla Jaime.
54-33	33	54	06-Oct	51	49.457	72	49.823	174	Golfo Almirante Montt, al noroeste de Isla Focus.
10B-35	35	10B	08-Oct	53	26.238	72	51.581	605	Estrecho de Magallanes, Paso Largo, al norte del Seno Nevado.
9C-36	36	9C	08-Oct	53	45.606	71	59.742	366	Estrecho de Magallanes, Paso Froward, al este de las Islas Charles.
8A-37	37	8A	08-Oct	53	54.412	71	29.225	476	Estrecho de Magallanes, Paso Froward, al frente de Bahía Snug.
7C-38	38	7C	08-Oct	53	54.796	71	10.798	380	Estrecho de Magallanes, Paso del Hambre, al frente de Bahía San Nicolás.
56A-40	40	56A	09-Oct	53	33.683	69	57.165	61	Estrecho de Magallanes, Bahía Inútil.
6B-42	42	6B	09-Oct	53	17.179	70	39.584	253	Estrecho de Magallanes, Paso Ancho, al noreste de Punta Arenas.
5B-44	44	5B	11-Oct	53	3.108	70	33.122	120	Estrecho de Magallanes, Paso Ancho, al sureste de Punta Arenas.

Son 23 muestras obtenidas a través de draga Van Veen, para el proyecto CIMAR 25 (22 analizables, 1 sin datos).
 Orden Corr.: Numeración con respecto al muestreo hecho en la primera etapa del proyecto; Lat.: Latitud; Long.: Longitud; Prof.: Profundidad.

Tabla 4.2. Segunda Etapa de Muestreo, Lecho Marino, Región de Magallanes y Antártica Chilena, Provincias de Magallanes y Tierra del Fuego.

Nombre de Muestra	Sub d.	Fecha (2019)	Lat. S [°]	Lat. S [']	Long. W [°]	Long. W [']	Prof [m]	Peso [Kg]	Tipo	Ubicación de Lecho Marino (Estrecho de Magallanes)
NA1-DR	A	17-Oct	53	40.847	70	56.282	157	23.72	Sed. Sup.	Paso del Hambre, frente a Bahía Voces (Península Brunswick).
	B							10.52	Sed. Sup.	
	C							0.6	Sed. Sup.	
NA2-DR	-	17-Oct	53	40.921	70	56.112	202	23.7	Sed. Sup.	Paso del Hambre, frente a Bahía Voces (Península Brunswick).
NA3-DR	A	17-Oct	53	39.882	70	53.932	308	23.26	Sed. Sup.	Paso del Hambre, al este de desembocadura río San Juan (Península Brunswick).
	B							6.04	Sed. Sup.	
NA4-DR	A	17-Oct	53	40.045	70	53.59	328	18.08	Sed. Sup.	Paso del Hambre, al este de desembocadura Río San Juan (Península Brunswick).
	B							14.4	Sed. Sup.	
NA#5	A	18-Oct	53	11.762	70	48.309	170	18.44	Sed. Sup.	Paso Ancho, al sureste de Punta Arenas.
	B							14.76	Sed. Sup.	
NA#6	A	18-Oct	53	11.373	70	48.314	187	19.8	Sed. Sup.	Paso Ancho, al sureste de Punta Arenas.
	B							20.54	Sed. Sup.	
	C							16.66	Sed. Sup.	
NA7-DR	A	18-Oct	53	11.536	70	52.393	113	20.08	Sed. Sup.	Paso Ancho, al sureste de Punta Arenas.
	B							20.68	Sed. Sup.	
NA8-DR	A	20-Oct	53	50.483	71	4.434	257	19.42	Sed. Sup.	Paso del Hambre, al frente de Bahía San Nicolás (Península Brunswick).
	B							10.48	Sed. Sup.	
NA9-DR	A	21-Oct	53	58.583	71	18.647	391	17.8	Sed. Sup.	Paso Froward, al norte de la Península Greenough (Isla Capitán Aracena).
	B							17.32	Sed. Sup.	
	C							14.32	Sed. Sup.	
NA10-DR	A	21-Oct	53	52.09	71	25.89	-	19.3	Sed. Sup.	Paso Froward, Desembocadura Río del Oro, al sur de Bahía Snug (Península Brunswick).
	B							23.7	Sed. Sup.	
NA11-DR	A	21-Oct	53	48.962	71	2.485	303	17.28	Sed. Sup.	Paso del Hambre, al frente de Bahía Indio (Península Brunswick).
	B							13.98	Sed. Sup.	
	C							13.06	Sed. Sup.	
NA12-DR	A	22-Oct	54	26.357	70	59.657	153	16.54	Sed. Sup.	Canal Magdalena, al oeste de Punta Gruesa.
	B							16.28	Sed. Sup.	
NA13-DR	R1	22-Oct	54	20.822	70	55.082	137	-	Rocas	Canal Magdalena, al oeste de Punta Pajarito.
	R2		54	20.759	70	55.062	162	-	Rocas	
NA14-DR	A	22-Oct	54	5.584	70	55.72	335	4.88	Sed. Sup.	Seno Magdalena, extremo norte del Canal Gabriel.
	R1							-	Rocas	
NA15-DR	R1	22-Oct	54	1.333	70	53.598	138	-	Rocas	Seno Magdalena, costa oeste de Isla Dawson, al norte de Punta Zigzag.
	I							23.52	Sed. Sup.	
NA16-DR	A	23-Oct	53	57.54	71	20.377	470	14.02	Sed. Sup.	Paso Froward, al norte de Península Greenough (Isla Capitán Aracena).
	B							14.18	Sed. Sup.	
	C							15.4	Sed. Sup.	
NA17-DR	A	23-Oct	54	20.495	70	14.982	167	20.56	Sed. Sup.	Extremo sur del Canal Gabriel.
	B							15.94	Sed. Sup.	
	C							13.72	Sed. Sup.	
NA18-DR	R1	23-Oct	54	22.817	69	11.006	33	0.92	Sed. Sup.	Extremo este de Seno Almirantazgo, al sur de la desembocadura del Río la Paciencia (Isla Tierra del Fuego).
	A		54	23.644	69	10.872	96	16.18	Sed. Sup.	
	B							15.72	Sed. Sup.	
NA19-DR	A	23-Oct	54	31.109	69	10.832	183	16.36	Sed. Sup.	Fiordo Parry, al interior de Seno Almirantazgo, cercano a Bahía Blanca.
	B							12.8	Sed. Sup.	
	C							7.76	Sed. Sup.	
NA20-DR	-	23-Oct	54	21.112	69	18.319	70	21.54	Sed. Sup.	En el borde norte del Seno Almirantazgo, a la longitud del Lago Chico.
NA21-DR	A	24-Oct	54	22.828	69	35.533	127	17.46	Sed. Sup.	Fiordo Ainsworth, al interior de Seno Almirantazgo (borde sur).
	B							25.08	Sed. Sup.	
	C							19.44	Sed. Sup.	
NA22-DR	A	24-Oct	54	32.635	69	16.897	132	19.7	Sed. Sup.	Fiordo Parry, al interior de Seno Almirantazgo (borde sur), cercano a Bahía Parry.
	B							17.54	Sed. Sup.	

NA23-DR	-	25-Oct	54	4.447	70	16.308	242	5.2	Sed. Sup.	Canal Whiteside, al noreste de Isla Wickham.
NA24-DR	A	25-Oct	54	0.162	70	6.78	190	18	Sed. Sup.	Canal Whiteside, cercano a desembocadura Río Grande o Cóndor (Isla Tierra del Fuego).
	B							Sed. Sup.		
	C							Sed. Sup.		
NA25-DR	A	25-Oct	54	6.338	70	2.39	196	18	Sed. Sup.	Extremo oeste de Seno Almirantazgo (borde norte).
	B							Sed. Sup.		
	C							Sed. Sup.		
NA26-DR	A	25-Oct	54	12.307	69	49.331	243	16.44	Sed. Sup.	Extremo oeste de Seno Almirantazgo (borde norte), en la misma longitud del Fiordo Brooks.
	B							Sed. Sup.		
	C							Sed. Sup.		
NA27-DR	A	25-Oct	54	22.584	69	51.107	185	15	Sed. Sup.	Fiordo Brooks, al interior de Seno Almirantazgo (borde sur).
	B							Sed. Sup.		
	C							Sed. Sup.		
NA28-DR	A	25-Oct	53	42.782	70	5.348	67	19.9	Sed. Sup.	Bahía Inútil, al frente de Cabo Nose (Isla de Tierra del Fuego).
	B							Sed. Sup.		
NA29-DR	A	26-Oct	53	38.516	69	55.981	35	17.68	Sed. Sup.	Bahía Inútil, al frente de Punta Cameron (Isla de Tierra del Fuego).
	R1							Rocas		
NA30-DR	A	26-Oct	53	38.442	69	51.329	25	22.34	Sed. Sup.	Bahía Inútil, al frente de Punta Cameron (Isla de Tierra del Fuego).
	B							Sed. Sup.		
NA31-DR	A	26-Oct	53	36.745	69	38.735	21	18.1	Sed. Sup.	Bahía Inútil, cercano al borde sur (Isla de Tierra del Fuego).
	B							Sed. Sup.		
NA32-DR	A	26-Oct	53	31.224	69	28.921	40	18.38	Sed. Sup.	Interior Bahía Inútil (Isla de Tierra del Fuego).
	B							Sed. Sup.		
	C							Sed. Sup.		
NA33-DR	A	26-Oct	53	25.414	69	33.136	54	14.5	Sed. Sup.	Interior Bahía Inútil (Isla de Tierra del Fuego).
	B							Sed. Sup.		
	C							Sed. Sup.		
NA34-DR	A	26-Oct	53	24.761	69	49.738	64	20.14	Sed. Sup.	Bahía Inútil, cercano al borde norte (Isla de Tierra del Fuego).
	B							Sed. Sup.		
NA35-DR	A	26-Oct	53	29.636	70	6.643	150	14.5	Sed. Sup.	Bahía Inútil, sureste de cabo Boquerón (Isla de Tierra del Fuego).
	B							Sed. Sup.		
	C							Sed. Sup.		
NA36-DR	A	26-Oct	53	36.515	70	4.058	176	18.24	Sed. Sup.	Bahía Inútil, (Isla de Tierra del Fuego).
	B							Sed. Sup.		
	C							Sed. Sup.		
NA37-DR	A	27-Oct	53	33.43	70	47.051	32	20.34	Sed. Sup.	Paso del Hambre, al frente de Bahía Carrera (Península de Brunswick).
	B							Sed. Sup.		
NA38-DR	A	27-Oct	53	16.579	70	29.859	64	26.12	Sed. Sup.	Paso Ancho, noroeste de Bahía Porvenir (Isla de Tierra del Fuego).
	B							Sed. Sup.		
NA39-DR	A	27-Oct	53	12.614	70	29.472	70	18.84	Sed. Sup.	Paso Ancho, cercano al borde oeste de Isla Tierra del Fuego, en la misma latitud que Laguna Verde.
	B							Sed. Sup.		
NA40-DR	A	27-Oct	53	4.806	70	28.96	56	11.28	Sed. Sup.	Paso Ancho, cercano al borde oeste de Isla Tierra del Fuego.
	B							Sed. Sup.		
NA41-DR	-	27-Oct	52	55.36	70	22.88	14	9.38	Sed. Sup.	Paso Nuevo, al noroeste de la isla Contraamaestre.
NA42-DR	-	27-Oct	52	56.801	70	26.19	50	22.08	Sed. Sup.	Paso Nuevo, al oeste de Isla Contraamaestre.

Son 42 puntos de muestreo con draga Van Veen, de los cuales 41 pueden ser analizados, con promedio de 36,7 kg de sedimento por muestra. El peso fue calculado con muestras húmedas.

Subd.: Subdivisión; **Lat.:** Latitud; **Long.:** Longitud; **Prof.:** Profundidad; **Oct:** Octubre; **Sed. Sup.:** Sedimento Superficial.

Tabla 4.3. Segunda Etapa de Muestreo, Sedimentos de Bahía, Región de Magallanes y Antártica Chilena, Provincias de Magallanes y Tierra del Fuego.

Nombre de Muestra	Subd.	Fecha (2019)	Lat. S [°]	Lat. S [']	Long. W [°]	Long. W [']	Peso [Kg]	Obs.	Ubicación de Sedimento
GP-1	A	16-Oct	53	48.096	71	1.405	0.14	A= Qz. B=Sedi m.	Bahía Indio (Península de Brunswick).
	B						22,76		
GP-2	A	16-Oct	53	47.106	70	59.886	0.26	A= Qz. B=Sedi m.	Bahía del Águila (Península de Brunswick).
	B						12.74		
GP-3	A	20-Oct	53	49.249	71	32.440	0.1	A= Qz. B=Sedi m.	Bahía Wood (Península de Brunswick).
	B						18.9		
GP-4	A	20-Oct	53	48.737	71	3.564	0.15	A= Qz. B=Sedi m.	Bahía Indio (Península de Brunswick).
	B						24.8		
NAT-1	-	21-Oct	53	50.974	71	26.116	22		Bahía Snug, desembocadura Río del Oro (Península de Brunswick).
NAT-2	-	21-Oct	53	50.687	71	26.518	14.82		Bahía Snug, desembocadura Río del Oro (Península de Brunswick).
NAT-3	-	21-Oct	53	50.687	71	26.518	18.08		Bahía Snug, desembocadura Río del Oro (Península de Brunswick).
NAT-4	-	21-Oct	53	50.726	71	26.489	14		Bahía Snug, desembocadura Río del Oro (Península de Brunswick).
GP-5	-	22-Oct	54	13.018	70	53.446	25.48		Islote Mía, costa oeste (Canal Magdalena, Isla de Tierra del Fuego).
GP-6	A	22-Oct	54	9.155	71	1.785	24.26		Ensenada Stokes, al este de Monte Vernal (Isla Capitán Aracena).
	B						25.74		
GP-7	-	23-Oct	54	20.487	69	32.911	2.18	Roca con Veta	Punta Haycock, en Fiordo Ainsworth (Isla de Tierra del Fuego).
GP-8	A	23-Oct	54	24.486	69	32.911	31.86		Bahía Ainsworth, en Fiordo Ainsworth (Isla de Tierra del Fuego).
	B						26.04		
GP-9	-	23-Oct	54	22.463	69	25.594	22.86		Borde Sur Seno Almirantazgo, entre Firdos Ainsworth y Parry (Isla de Tierra del Fuego).
GP-10	-	23-Oct	54	23.057	69	24.548	21.34		Borde Sur Seno Almirantazgo, entre Firdos Ainsworth y Parry (Isla de Tierra del Fuego).
GP-11	-	23-Oct	54	23.937	69	22.625	17.8		Borde Sur Seno Almirantazgo, entre Firdos Ainsworth y Parry (Isla de Tierra del Fuego).
GP-12	A	24-Oct	54	26.712	68	57.92	24.4	B=Roca con Veta	Bahía Jackson, extremo este de Seno Almirantazgo (Isla de Tierra del Fuego).
	B						1.08		
GP-13	-	25-Oct	54	9.334	69	54.019	21.5		Bahía Puerto Castillo, Borde norte de Seno Almirantazgo (Isla de Tierra del Fuego).
GP-14	-	25-Oct	54	9.034	69	54.59	11.1		Bahía Puerto Castillo, Borde norte de Seno Almirantazgo (Isla de Tierra del Fuego).
GP-15	A	25-Oct	54	3.344	70	2.521	16.14		Costa de Puerto Arturo, al este del Canal Whiteside (Isla de Tierra del Fuego).
	B						26.1		

Son 19 muestras recolectadas, sedimentos arenosos de bahía y desembocadura de río. Subd.: Subdivisión; Lat.: Latitud; Long.: Longitud; Obs.: Observación; Oct: Octubre.

4.2 Mineralogía

Posterior al tamizado de las muestras, se efectuó una descripción microscópica con el objetivo de identificar posibles minerales económicos. Para aquello se mandaron a realizar briquetas pulidas de 38 muestras, de las cuales solo 9 fueron ser descritas (Anexo B), que corresponden a: NA2, NA21, NA22, NA23, NA33, NA36, NA41, NAT1 y NAT2 (Figura 4.2). En general, las muestras arrojaron proporciones bajas de mineralización opaca en un rango de 5[%] a 15[%], encontrándose principalmente incluidas en fragmentos líticos y bioclásticos, en menor cantidad como granos individuales.

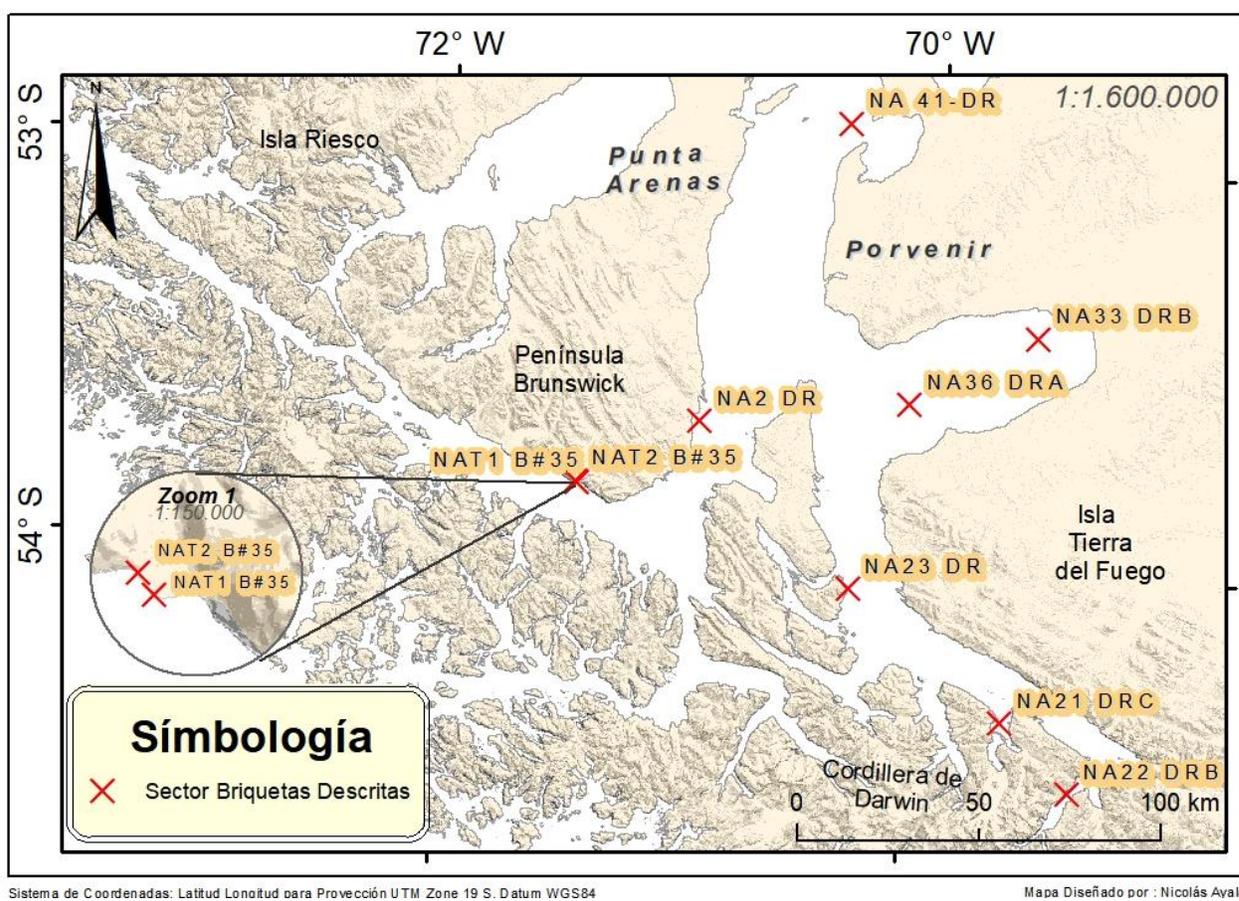


Figura 4.2. Mapa que registra ubicación de briquetas descritas petrográficamente, (ArcGis, ESRI).

Tabla 4.4. *Minerales opacos encontrados en muestras de sedimentos marinos australes.*

Muestras Descritas	Oro	Pirita	Magnetita	Ilmenita	Hematita	Goethita	Titanita	Greigita
NA2-DR	X	Si*	Si	Si	Si	Si	X	X
NA21-DR	X	Si*	Si	Si	Si	Si	Si	X
NA22-DR	X	Si*	Si	Si	Si	Si	Si	X
NA23-DR	X	Si*	Si	Si	X	Si	X	X
NA33-DR	X	Si*	Si	Si	X	X	X	X
NA36-DR	X	Si*	Si	Si	Si	Si	X	X
NA41-DR	X	Si*	Si	Si	Si	X	X	X
NAT1-DR	X	Si	Si	Si	X	X	X	Si
NAT2-DR	X	Si	Si	Si	X	Si	X	X

X: No presenta dicho mineral. *****: Pirita que presenta al menos hábito framboidal.

Como se observa en la Tabla 4.4 y en el Anexo B, todas las muestras descritas arrojaron magnetita (Fe_3O_4), ilmenita (FeTiO_3) y hematita (Fe_2O_3), que generalmente correspondían a asociaciones de magnetita-hematita-ilmenita y magnetita-hematita presentes como reemplazamientos (martitización). El otro mineral que frecuentemente se observó fue la pirita (FeS_2), enseñando hábitos cúbicos subhedrales (Figura 4.3, A) y granos anhedrales (Figura 4.3, B) a veces apartados (Figura 4.3, F), como también asociaciones framboidales que comúnmente rellenan cavidades de fragmentos bioclásticos (Figura 4.3, C, D, E) y que se observan en abundancia en el sector de Bahía Inútil (NA33 y NA36). De manera menos abundante, pero apareciendo en casi la mayoría de las descripciones se encuentra la Goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$). Por otra parte, la Titanita (CaTiSiO_5) aparece asociada a los bordes de la magnetita en las muestras recolectadas en los fiordos cercanos de Ainsworth (NA21) y Parry (NA22). La Greigita (Fe_3S_4) se reconoce por su hábito framboidal presente en la Bahía Snug (NAT-1). Es preponderante mencionar que no se observó oro (Au) en este análisis petrográfico.

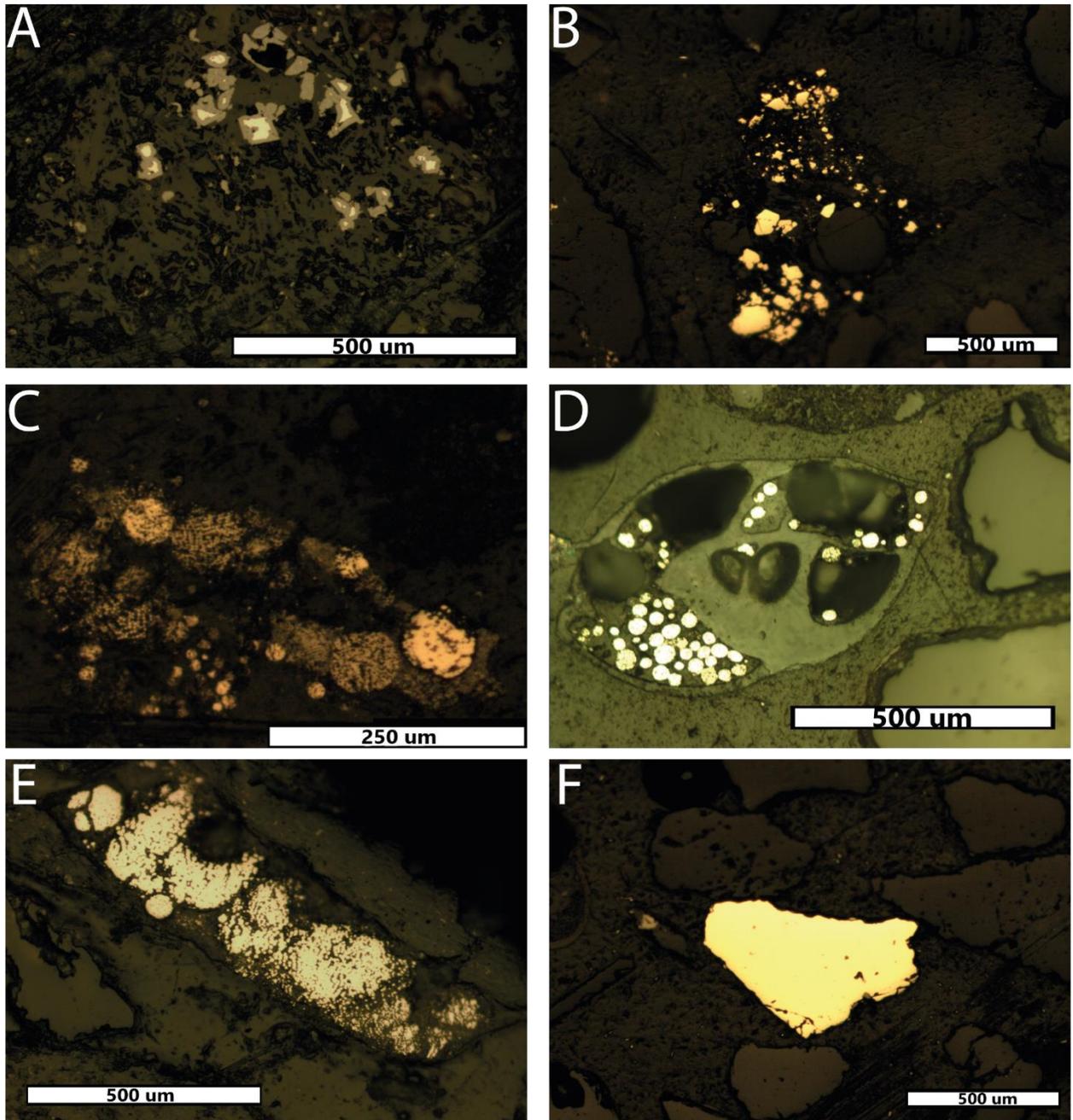


Figura 4.3. Piratas encontradas en las muestras. A. Piratas euhedrales limonitizada (NA2). B. Piratas anhedrales (NA22). C. Piratas framboidales relleno cavidades (NA33). D. Piratas framboidales relleno cavidades de bioclasto (NA36). E. Piratas framboidales relleno cavidades de fragmento lítico (NA41). F. Pirata como grano individual (NA21).

4.3 Geoquímica

El análisis geoquímico fue realizado para un total de 65 muestras, con el método ICP-MS para 48 elementos con un análisis de 12 elementos REE, todo digerido con 4 ácidos (Anexo C.2).

Los elementos con interés económico fueron analizados con ensayos fuego con detección a través de ICP-MS, particularmente las concentraciones de Pd y Pt pertenecen a los datos recolectados en el primer muestreo, solo la detección de Au fue realizada para la cabalidad de las muestras recogidas (Anexo C.3).

Control de Calidad

Un aspecto importante para considerar es tener certeza de la exactitud y de la precisión que el análisis geoquímico presenta, para ello el laboratorio ALS generó tres tipos de materiales, los cuales corresponden a muestras estándar, blancos y duplicados.

Los estándares son materiales que tienen un valor certificado, esto quiere decir que poseen una composición química conocida y que permiten determinar la exactitud del análisis en cuestión. El criterio de aceptación de los estándares utilizado acá es que más del 90[%] de las muestras analizadas en el laboratorio presenten valores de ± 2 desviaciones estándar en torno al valor certificado (Cáceres, 2008), el cual se alcanza para los tres estándares OREAS (920, 47 y 45h) (OREAS, s.f.a, s.f.b, s.f.c) de los análisis multi-elemento (Anexo C.1, Tablas 9.2, 9.3 y 9.4). Para el caso de los ensayos a fuego, la aceptación utilizada es la misma anterior y se alcanzan para los tres elementos tratados (Anexo C.1, Tabla 9.5).

Los blancos son en general muestras de material estéril que contienen elementos con concentraciones por debajo de los límites de detección, ayudando a monitorear la contaminación del análisis de laboratorio. Para el análisis multi-elemento los valores obtenidos son en su mayoría por debajo de los límites de detección o similares por lo que es aceptable su utilización (Anexo C.1, Tablas 9.6 y 9.7), del mismo modo se interpreta en los ensayos a fuego (Anexo C.1, Tabla 9.8).

Los duplicados corresponden a muestras que han sido divididas en partes representativas y que ayudan a determinar la precisión via reproducibilidad de los resultados, estimando la desviación que el laboratorio genera al analizar dos muestras homólogas. Para este caso se puede evidenciar que se generaron duplicados de las muestras NA24-DRB y NA40-DRA para el análisis multi-elemento. Para el ensayo a fuego con detección de Au se generaron duplicados de las muestras NA34-DRA y NA20-DR. Los valores de los duplicados son en general similares por lo que se puede asegurar la confiabilidad de los datos.

Análisis Univariable

Al trabajar con datos geoquímicos, uno de los primeros pasos a seguir es ajustar los datos a un patrón de distribución, Ahrens (1954) y Reimann *et al.* (2005) señalan que el patrón más aplicable en prospección geoquímica y que en general se repite en la mayoría de los estudios geoquímicos, de elementos mayores y traza, es la distribución lognormal. Que una variable presente una distribución lognormal significa que, si se aplica logaritmo natural a ella, esta presenta una distribución normal o gaussiana (Lepeltier, 1969), si esto es así, entonces hay fuertes motivos para pensar que los datos fueron obtenidos por un muestreo aleatorio y representativo (Garrido-Pérez *et al.*, 2018). Debido a lo anterior, los datos geoquímicos han sido procesados con y sin transformación logarítmica natural (Anexo C.4), los resultados transformados han sido reconvertidos a valores “reales” con la función antilogaritmo, esta retransformación no es aplicable para la desviación estándar.

El análisis de exploración de datos fue llevado a cabo elaborando gráficos de distribución univariable, cajas gráficas e histogramas en el software Minitab, en donde se puede observar la distribución de los datos, además de identificar valores anómalos.

Lo primero fue descartar elementos que arrojaran más de un 50[%] de resultados bajo el límite de detección, por el contrario, los que presentaban menos del 50[%] de los resultados bajo el límite de detección fueron utilizados en el análisis, asumiendo los valores indetectables como el cuarto del valor mínimo de detección (más conservador que ocupar su mitad como en Townley *et al.*, 2000), por ejemplo, si el límite de detección del oro es de 2 [ppb] los datos que sean indetectables serán reemplazados por 0.5 [ppb] para poder ser analizados en conjunto. . Particularmente para este análisis los elementos descartados fueron Au y Pt.

Luego se comprobó si el ajuste a una distribución lognormal de los datos era correcto, para aquello se utilizó el estadístico Anderson-Darling (Pedrosa *et al.*, 2015), que es utilizado para probar si un conjunto de datos muestrales proviene de una población con una distribución de probabilidad continua específica, como una distribución normal. Para este caso en particular la hipótesis nula (H_0) es que los datos siguen la distribución normal, por lo que si el valor de p (p -value) es menor de 0.05, entonces la hipótesis es rechazada o en otras palabras significa que para ese conjunto de datos su distribución no sigue un patrón normal. Para lo anterior, todos los datos fueron convertidos a logaritmo natural e ingresados al software Minitab *Statistical*, acá se generó un histograma para cada elemento con su respectivo ajuste a la distribución normal (Anexo C.5), además de su respectiva bondad de ajuste calculada por el software (estadístico Anderson-Darling) (Tabla 4.5). Los estadígrafos de este análisis exploratorio (aún como logaritmo natural) son presentados en el Anexo C.4.

Tabla 4.5. Valores de P-value, con método Anderson-Darling para verificar distribución lognormal de los datos.

Elemento	N° de datos	Valor P, Bondad de Ajuste método Anderson-Darling	Distribución lognormal [P > 0.05]
Ag	65	<0.005	No
Al	65	<0.005	No
As	65	<0.005	No
Ba	65	<0.005	No
Be	65	<0.005	No
Bi	65	0.140	Si
Ca	65	<0.005	No
Cd	65	0.031	No
Ce	65	0.391	Si
Co	65	0.01	No
Cr	65	0.830	Si
Cs	65	0.153	Si
Cu	65	0.011	No
Fe	65	<0.005	No
Ga	65	<0.005	No
Ge	44	0.037	No
Hf	65	<0.005	No
In	65	0.029	No
K	65	<0.005	No
La	65	0.472	Si
Li	65	0.014	No
Mg	65	0.455	Si
Mn	65	0.052	Si
Mo	65	0.072	Si
Na	65	<0.005	No
Nb	65	0.507	Si
Ni	65	0.891	Si
P	65	0.176	Si
Pb	65	0.776	Si
Rb	65	0.008	No
Re	65	0.014	No
S	65	0.109	Si
Sb	65	0.32	Si
Sc	65	0.407	Si
Se	65	0.428	Si
Sn	65	0.007	No
Sr	65	<0.005	No
Ta	65	0.162	Si
Te	65	<0.005	No
Th	65	0.289	Si
Ti	65	<0.005	No
Tl	65	0.114	Si
U	65	0.847	Si
V	65	0.129	Si
W	65	0.235	Si
Y	65	0.702	Si

Zn	65	0.006	No
Zr	65	<0.005	No
Dy	65	0.831	Si
Er	65	0.119	Si
Eu	65	0.055	Si
Gd	65	0.421	Si
Ho	65	0.487	Si
Lu	65	<0.005	No
Nd	65	0.282	Si
Pr	65	0.387	Si
Sm	65	0.405	Si
Tb	65	0.170	Si
Tm	65	<0.005	No
Yb	65	0.198	Si
Pd	21	<0.005	No

Los valores de p en el estadístico Anderson-Darling indican que el 54[%] (33 elementos de 61 analizados) de los datos siguen un comportamiento lognormal (Tabla 4.5). Para aquellos datos en donde se descartó distribución lognormal, se evaluó la distribución normal (Anexo C.6) de los datos brutos (sin logaritmo natural) con el mismo estadístico Anderson-Darling, con el fin de obtener resultados estadísticos más apropiados para los elementos que presenten una distribución normal (Tabla 4.6). Los resultados de los elementos que no presentaron ninguna de las distribuciones anteriores (lognormal o normal), fueron calculados en base a sus datos transformados a logaritmo natural (Reimann *et al.*, 2005).

Tabla 4.6. Valores de P-value, con método Anderson-Darling para verificar distribución normal de los datos.

Elemento	N° de datos	Valor P, Bondad de Ajuste método Anderson-Darling	Distribución normal [P > 0,05]
Ag	65	0.026	No
Al	65	<0.005	No
As	65	0.05	Si
Ba	65	0.042	No
Be	65	<0.005	No
Ca	65	<0.005	No
Cd	65	<0.005	No
Co	65	0.172	Si
Cu	65	<0.005	No
Fe	65	0.872	Si
Ga	65	0.007	No
Ge	44	0.464	Si
Hf	65	0.103	Si
In	65	0.194	Si
K	65	<0.005	No
Li	65	0.462	Si

Na	65	<0.005	No
Rb	65	<0.005	No
Re	65	<0.005	No
Sn	65	<0.005	No
Sr	65	<0.005	No
Te	65	<0.005	No
Ti	65	0.015	No
Zn	65	0.81	Si
Zr	65	0.123	Si
Lu	65	<0.005	No
Tm	65	<0.005	No
Pd	21	0.08	Si

Para el conjunto de datos de la Tabla 4.6, se observa que el 36 [%] de ellos presenta una distribución normal (10 de 28 datos), estos son: As, Co, Fe, Ge, Hf, In, Li, Zn, Zr y Pd. Por lo tanto, un total de 51 elementos serán trabajados a partir del logaritmo natural de sus concentraciones y 10 con sus concentraciones normales.

Tabla 4.7. Parámetros estadísticos univariados resultantes, de los datos obtenidos en la región de Magallanes.

Elem.	Unidad de medida	Mín.	Máx.	Promedio (\bar{x})	Límite Umbral Superior ⁰	Abundancia Corteza Continental Superior (CCS) ¹	Abundancia Sedimentos Marinos (SM) ¹	Faja Plegada (FP) ² (También Basam. Met. Pat. ³)
Ag	[ppm]	0.005	0.161	0.039	0.046	0.06	0.11	0.2 ³
Al	[%]	2.880	9.150	6.811	7.215	7.83	8.4	8.2
As*	[ppm]	1.31	17.45	9.30	10.11	1.6	20	184 ³
Ba	[ppm]	160	820	399	430	570	2300	390
Be	[ppm]	0.25	2.82	1.02	1.20	3.2	2.6	1.6
Bi	[ppm]	0.010	0.490	0.136	0.162	0.054	0.53	0.0025
Ca	[%]	0.62	20.49	2.65	3.23	3.15	1	4.1
Cd	[ppm]	0.007	0.780	0.077	0.093	0.1	0.42	0.14
Ce	[ppm]	18.31	74.90	37.77	40.69	58	101	61
Co*	[ppm]	3.90	27.70	13.46	14.76	17	74	16
Cr	[ppm]	19.4	92.0	46.5	50.6	69	90	68
Cs	[ppm]	0.37	8.52	2.58	2.97	3.7	6	1.7
Cu	[ppm]	3.76	50.70	15.98	18.25	39	250	80 ³
Fe*	[%]	1.21	5.97	3.75	4.02	4.17	6.5	4.4
Ga	[ppm]	5.77	23.70	14.00	15.00	18	20	17
Ge*	[ppm]	0.12	0.31	0.22	0.23	1.5	1.6	1.3
Hf*	[ppm]	0.200	2.430	1.451	1.589	4	4.1	1.9
In*	[ppm]	0.020	0.097	0.052	0.057	0.05	0.08	0.097
K	[%]	0.62	3.21	1.46	1.59	2.56	2.5	2.1
La	[ppm]	8.40	35.50	17.51	18.80	30	42	40

Li*	[ppm]	3.7	76.2	33.7	38.3	23	57	23
Mg	[%]	0.54	2.38	1.19	1.30	1.64	2.1	1.9
Mn	[ppm]	223	3336	730	826	770	6700	930
Mo	[ppm]	0.09	3.24	0.74	0.89	1.6	27	2.2 ³
Na	[%]	1.20	4.25	2.33	2.48	2.54	2.8	2.5
Nb	[ppm]	2.69	13.26	5.68	6.26	15	14	19
Ni	[ppm]	8.68	79.50	22.57	25.19	55	230	53
P	[%]	0.045	0.125	0.076	0.081	0.086	0.15	0.11
Pb	[ppm]	5.77	30.20	13.36	14.64	17	80	20.2 ³
Rb	[ppm]	9.90	174.01	56.23	63.40	110	110	93
Re	[ppm]	0.0004	0.0190	0.0021	0.0028	0.0004	0.0003	0.0009
S	[%]	0.02	0.53	0.12	0.15	0.053	0.2	0.038
Sb	[ppm]	0.09	2.28	0.52	0.59	0.2	1	0.43
Sc	[ppm]	5.10	22.70	12.63	13.73	14	19	15
Se	[ppm]	0.075	2.100	0.395	0.499	0.14	0.2	0.071
Sn	[ppm]	0.50	4.39	1.60	1.78	3.3	4	1.7
Sr	[ppm]	112	1672	345	394	350	180	460
Ta	[ppm]	0.19	1.10	0.42	0.46	1.5	1	2.4
Te	[ppm]	0.001	2.841	0.046	0.073	0.003	1	0.00031
Th	[ppm]	1.40	14.70	5.77	6.39	11	13	7.1
Ti	[%]	0.143	0.820	0.321	0.347	0.33	0.46	0.5
Tl	[ppm]	0.090	1.015	0.351	0.391	0.53	1.8	0.6
U	[ppm]	0.70	4.40	1.78	1.97	2.8	2.6	2.3
V	[ppm]	30.0	219.0	106.6	117.6	140	120	110
W	[ppm]	0.164	2.500	0.791	0.897	1.3	4	1.2
Y	[ppm]	8.60	29.50	16.61	17.63	22	40	28
Zn*	[ppm]	24.0	140.5	81.7	88.5	67	170	127.3 ³
Zr*	[ppm]	4.4	83.6	46.5	51.3	170	150	140
Dy	[ppm]	1.70	5.37	3.07	3.26	3.5	7.4	5.1
Er	[ppm]	1.10	3.03	1.77	1.88	2	4.1	3
Eu	[ppm]	0.500	1.425	0.866	0.912	1.1	1.85	1.3
Gd	[ppm]	1.90	6.48	3.39	3.61	3.9	8.3	7.7
Ho	[ppm]	0.400	1.115	0.651	0.691	0.74	1.5	1.6
Lu	[ppm]	0.152	0.412	0.241	0.255	0.32	0.55	0.94
Nd	[ppm]	8.80	33.90	17.13	18.38	26	43	29
Pr	[ppm]	2.20	8.65	4.42	4.74	6.6	10	6.6
Sm	[ppm]	1.80	7.96	3.88	4.18	4.5	8.35	7.7
Tb	[ppm]	0.300	0.941	0.506	0.540	0.6	1.42	1.2
Tm	[ppm]	0.100	0.478	0.261	0.279	0.32	0.57	0.27
Yb	[ppm]	0.900	2.930	1.662	1.768	2	3.82	3
Pd*	[ppb]	0.5	8.0	2.9	3.8	1	6	7.3

* Representa resultados de elementos con datos sin transformación logarítmica previa (comportamiento normal), estos son As, Co, Fe, Ge, Hf, In, Li, Zn, Zr y Pd.

⁰ Límite umbral superior, se calcula como el promedio más dos veces el error estándar ($\bar{x} + 2 * \text{error estándar}$) (Townley *et al.* 2000), para los datos transformados con Ln () se calcula con los resultados transformados y luego se aplica función antilogarítmica;

¹ Li (2000), con datos de abundancia de la Corteza Continental Superior (CCS) y sedimentos marinos (SM);

² Tan & Chi-Lung (1970), con datos de abundancia de rocas en una Faja Plegada (FP);

³ Rocas alteradas y mineralizadas del Basamento Metamórfico Patagónico (CMAO), Townley *et al.* (2000).

Como se observa en la Tabla 4.7, se contrastan los valores geoquímicos de abundancia cortical terrestre (**CCS**) (Li, 2000), sedimentaria marina (**SM**) (Li, 2000) y de un contexto de faja plegada (**FP**) (Tan & Chi-Lung, 1970), con el valor umbral superior (o límite superior regional) para cada elemento, calculado como el promedio más dos veces el error estándar (Townley *et al.*, 2000). Tomando en cuenta los resultados arrojados y el valor umbral, se evidencian anomalías positivas generales de As, Bi, Ca, In, Li, Mn, Re, S, Sb, Se, Sr, Te, Ti, Zn y Pd con respecto a la abundancia de la **CCS** (Tabla 4.7 y Figura 4.4). Por otro lado, con respecto a los **SM** se observan anomalías positivas en los elementos Ca, Re, Se y Sr (Tabla 4.7 y Figura 4.5). Si se toma en cuenta la abundancia geoquímica de un contexto de una **FP** (con datos de basamento metamórfico Patagónico para algunos elementos), los elementos que presentan anomalías positivas generales son Ba, Bi, Cs, Li, Re, S, Sb, Se, Sn, Te, V y Tm (Tabla 4.7 y Figura 4.6). Los sectores y concentraciones en donde se alcanzan los valores más elevados de estos elementos se describen a continuación (Figura 4.7).

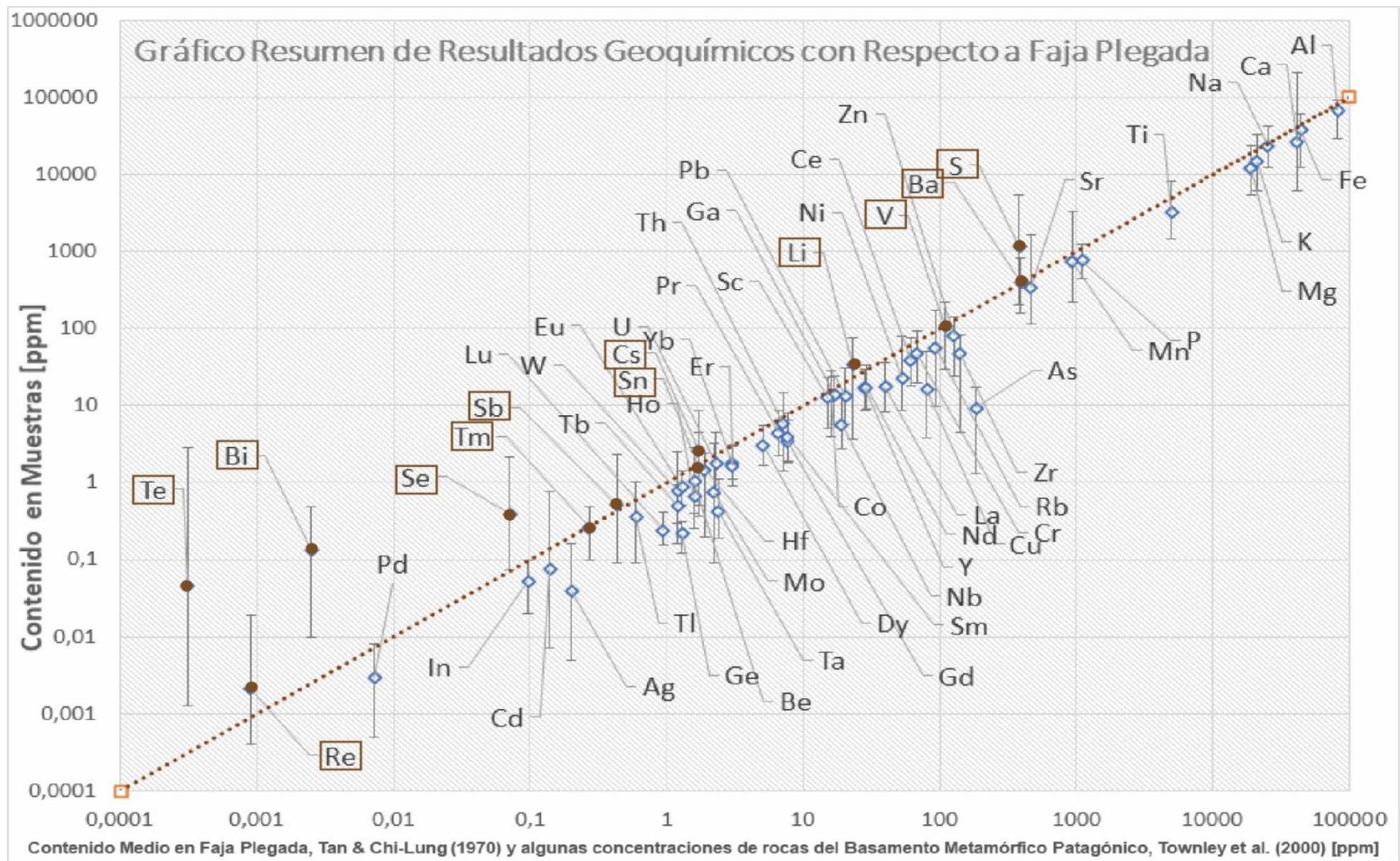


Figura 4.6. Contenido medio en rocas de faja plegada (FP) y basamento metamórfico patagónico vs análisis de muestras sedimentarias de Magallanes, la recta segmentada marrón indica una proporción 1:1. El punto representa la media calculada (marrón: elemento con límite umbral superior mayor a de faja plegada, azul claro: Ídem menor a media) y el intervalo representa el min. y el máx. para cada elemento

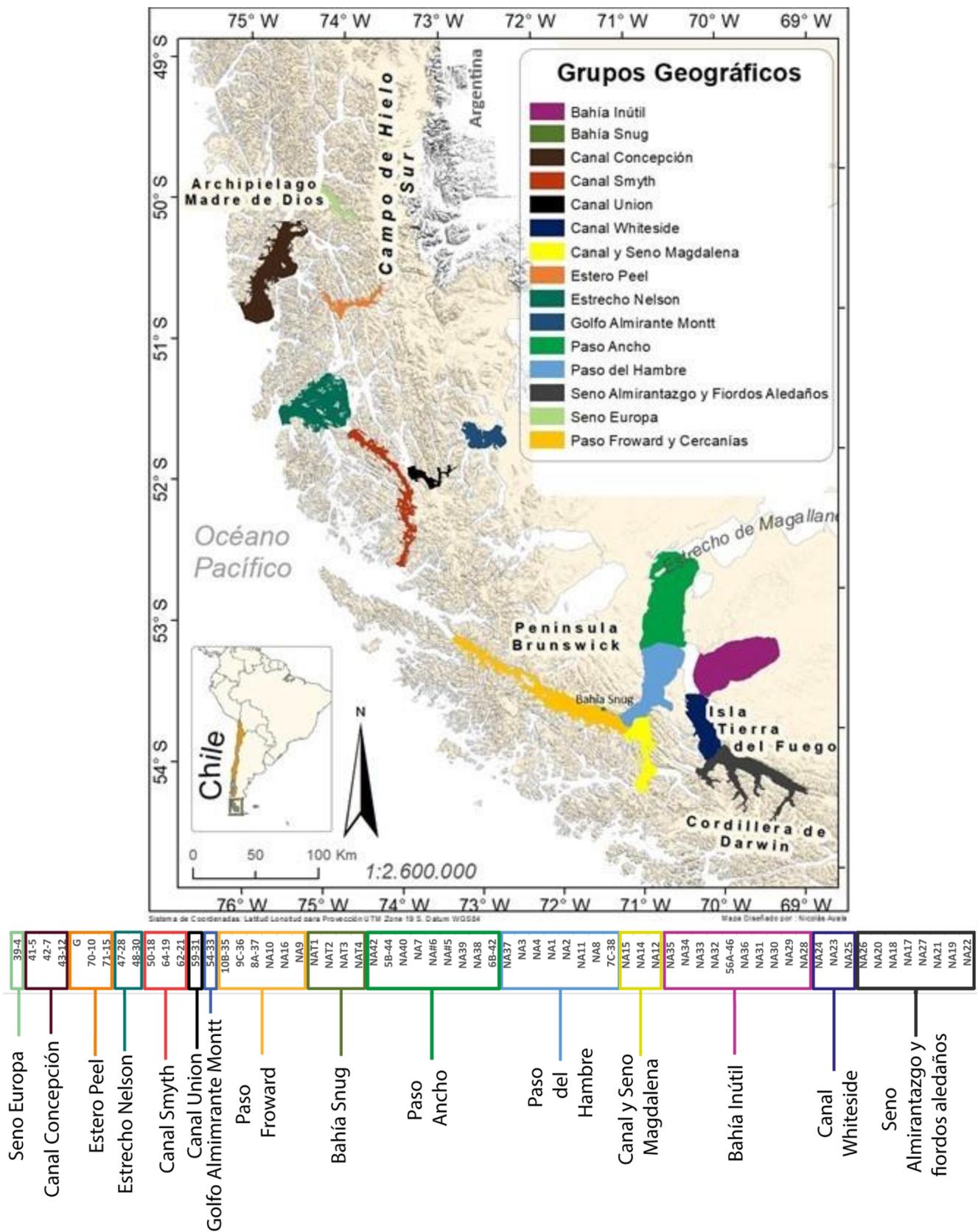


Figura 4.7. Mapa con distribución geográfica de muestras agrupadas por zonas geográficas, para asociar con gráficas de concentración, ya que siguen el mismo patrón de orden, (ArcGis, ESRI).

El arsénico (As [ppm]), posee concentraciones que fluctúan entre 1.31 y 17.45 [ppm] muy por sobre su límite de detección de 0.02 [ppm], con una media de 9.3 [ppm] superando así la media de la CCS de 1.6 [ppm], los valores más altos se alcanzan en la costa norte de bahía Inútil (NA34), en el paso del Hambre cercano a la desembocadura del río San Juan (NA3 y NA4), en el paso Froward (NA9 y 9C-36) donde además alcanza concentraciones más equilibradas, en el Seno Europa (39-4) y con el máximo en el canal Whiteside frente a la isla Wickham (NA23), (Figura 4.8).

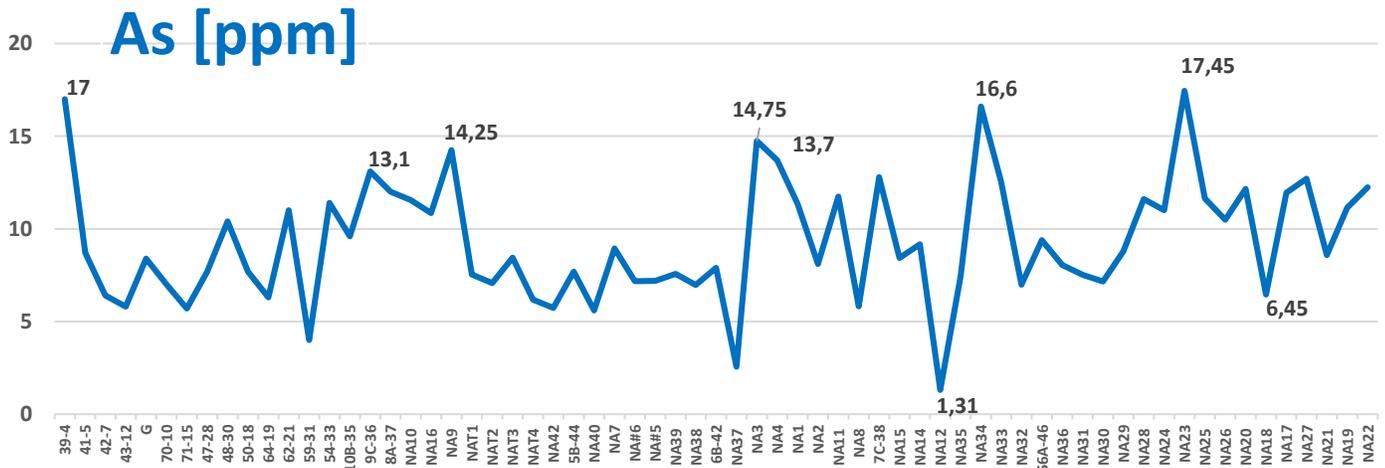


Figura 4.8. Concentración de As [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El bismuto (Bi [ppm]), presenta un rango de concentraciones oscilando entre 0.01 y 0.49 [ppm], con una media de 0.136 [ppm] que supera el contenido medio de la CCS de 0.054 [ppm] y de una FP de 0.0025 [ppm]. Los valores más altos se alcanzan en las cercanías del seno Almirantazgo y los fiordos aledaños a él (NA17, NA19, NA21, NA22, NA26 y NA27), el máximo se alcanza en el seno Europa (39-4), (Figura 4.9).

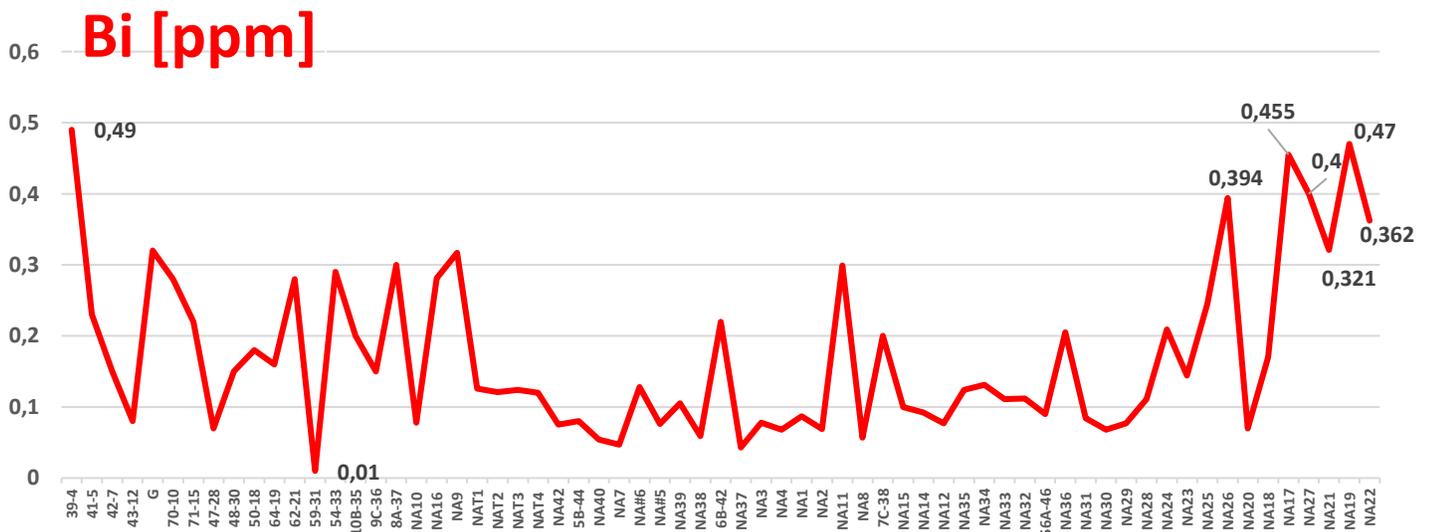


Figura 4.9. Concentración de Bi [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el

mín.

El calcio (Ca [%]), alcanza concentraciones entre 0.62 y 20.49 [%], con un promedio de 2.65 [%] y un límite umbral superior de 3.23 [%] que supera la concentración media de **CCS** de 3.15 [%] y la media en **SM** de 1 [ppm]. Los valores más altos se alcanzan en el paso del Hambre (NA37), en el paso Ancho cercano a la ciudad de Porvenir (NA38), en el estrecho Nelson (47-28) y en el canal Concepción (43-12, 42-7 y 41-5), (Figura 4.10).

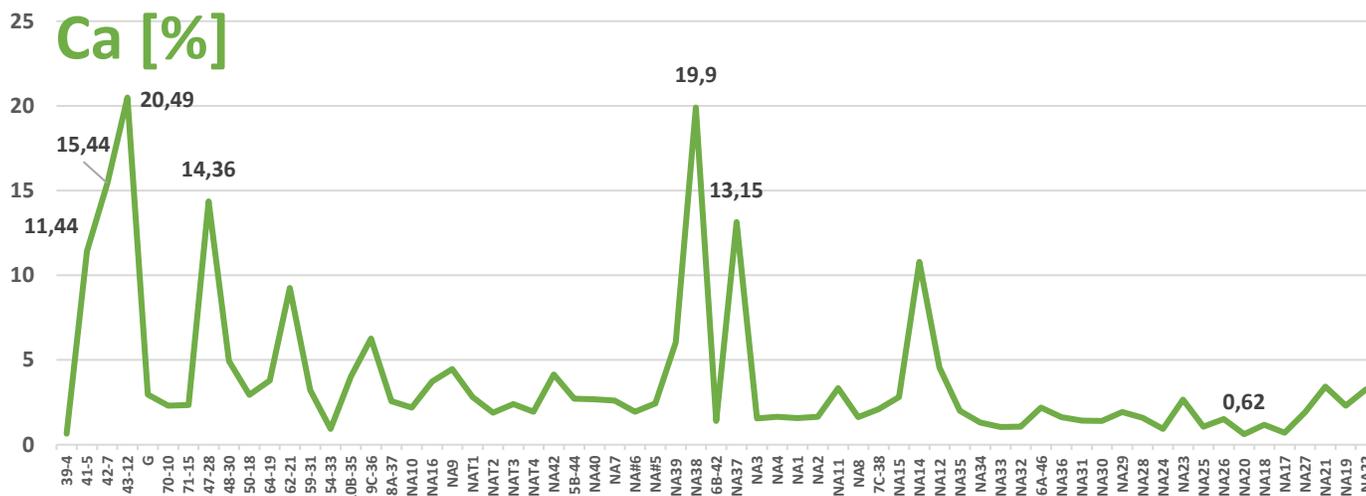


Figura 4.10. Concentración de Ca [%] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El indio (In [ppm]), exhibe concentraciones que fluctúan entre 0.02 y 0.097 [ppm], con una media de 0.052 [ppm] una tanto similar a la abundancia media de la **CCS** de 0.05 [ppm]. Los valores más elevados se determinaron en los fiordos de contiguos al seno Almirantazgo (NA17, NA19, NA22, NA27 y NA21) y en el seno Europa (39-4), (Figura 4.11).

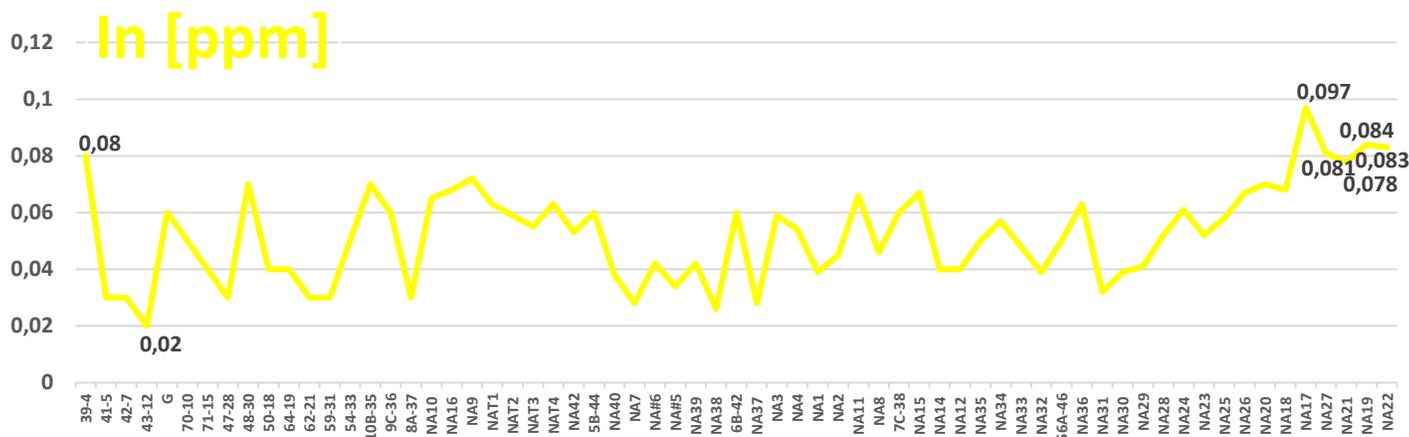


Figura 4.11. Concentración de In [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El litio (Li [ppm]), con concentraciones que varían entre 3.7 y 76.2 [ppm], presenta una media de 33.7 [ppm] que excede el valor promedio de 23 [ppm] que tiene la CCS y una FP. Los valores más altos se aprecian en el seno Almirantazgo (NA26, NA20 y NA18), el canal Whiteside en zonas de muestreo más cercanas a Tierra del Fuego (NA24 y NA25), en las muestras de bahía Snug (NAT1, NAT2, NAT3 y NAT4), además aparece como valor único en el Paso del Hambre (NA8) y seno Europa (39-4), (Figura 4.12).

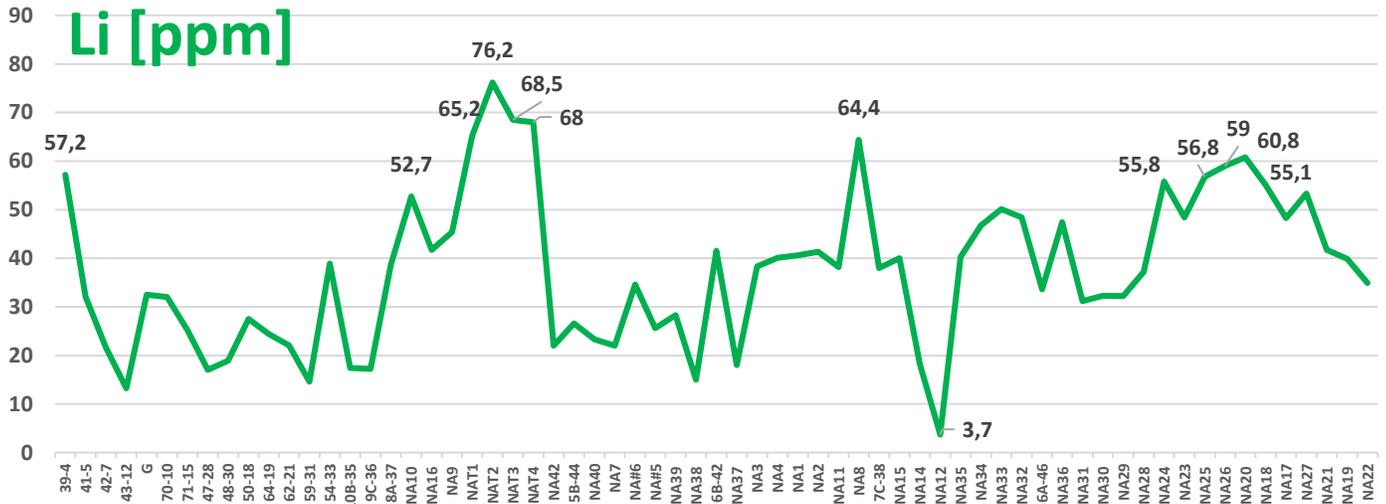


Figura 4.12. Concentración de Li [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El manganeso (Mn [ppm]), a su vez, presenta un rango de concentraciones que fluctúa entre 223 y 3336 [ppm], con una media que alcanza un valor de 730 [ppm] y un límite umbral superior de 826 [ppm] que supera el valor medio de la CCS de 770 [ppm]. Los valores más altos se ven en el golfo Almirante Montt (54-33), en el canal Whiteside cercano a la isla Wickham (NA23), en el canal Smyth (50-18) y en el estero Peel (70-10, G), (Figura 4.13).

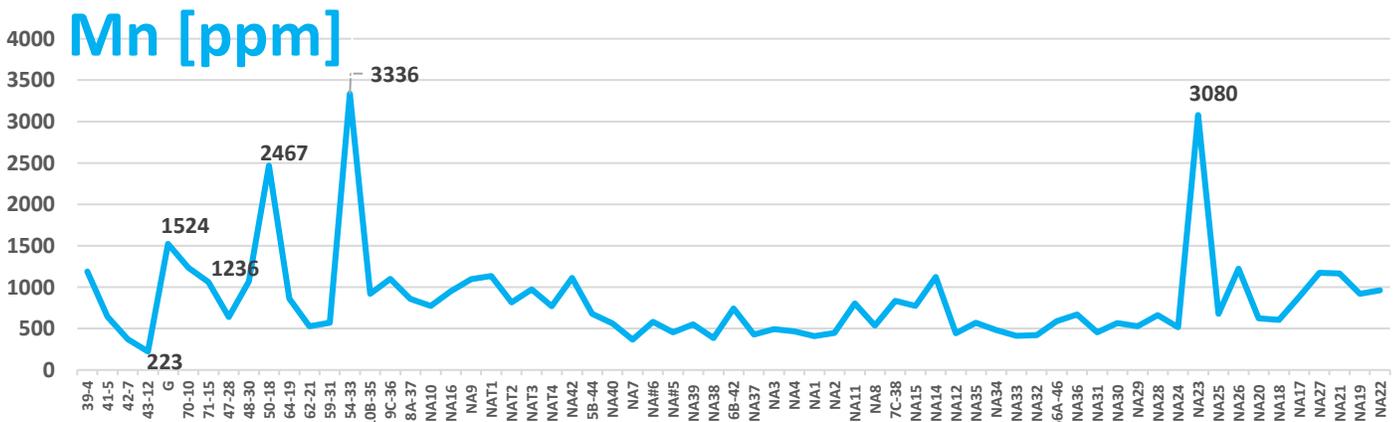


Figura 4.13. Concentración de Mn [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El renio (Re [ppm]), presenta valores que varían entre 0.0004 y 0.019 [ppm], con una media de 0.0021 [ppm] que supera a las medias generales de la **CCS**, de **SM** y de una **FP**, 0.0004, 0.0003 y 0.0009 [ppm] respectivamente. Los valores más elevados se encuentran asociados al paso del Hambre (NA11 y 7C-38), al paso Froward (8A-37), a datos de la parte oeste del seno Almirantazgo y cercanos (NA26 y NA25), como se ve en la Figura X las concentraciones altas principalmente se aglomeran en datos de la provincia de Última Esperanza, particularmente en el canal Concepción (43-12 y 42-7), en el estero Peel (70-10 y G), en el canal Smyth (50-18, 64-19 y 62-11), en el estero Nelson (47-28 y 48-30) y el golfo Almirante Montt (54-33), (Figura 4.14).

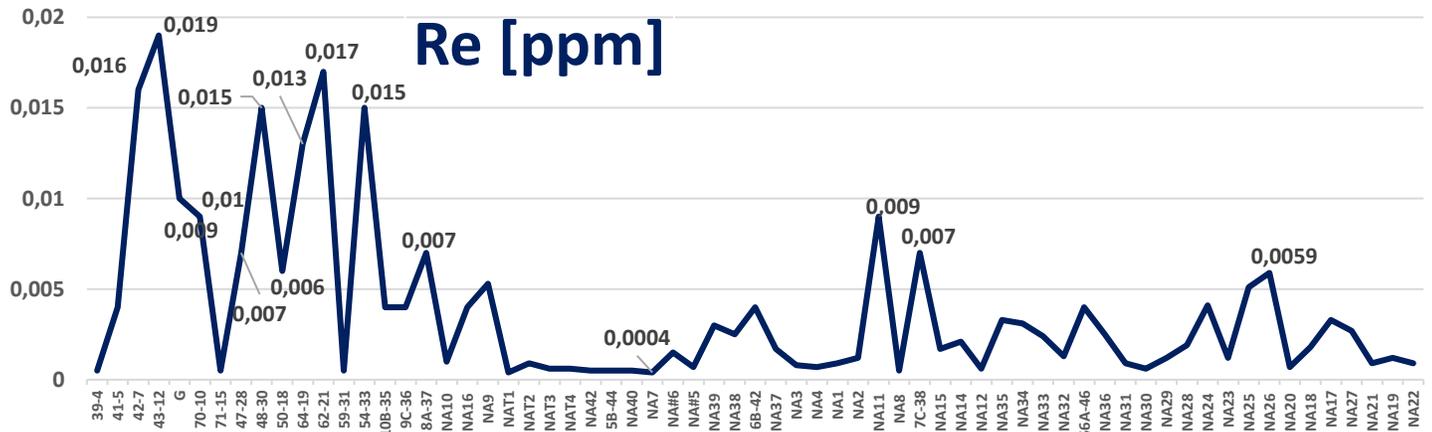


Figura 4.14. Concentración de Re [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El azufre (S [%]), exhibe concentraciones que van desde 0.02 a 0.53 [%], promediando un valor de 0.12 [%] para la zona y que supera las concentraciones medias de la **CCS** y de una **FP**, con valores de 0.053 y 0.039 [%], respectivamente. Las concentraciones altas se encuentran en el paso del Hambre (NA11 y 7C-38), en la parte este del paso Froward (NA9, NA16 y 8A-37), en el sector norte de bahía Inútil (NA33 y NA34), también en el canal Concepción (43-12, 42-7 y 41-5), en el canal Smyth (62-21) y el golfo almirante Montt (54-33), (Figura 4.15).

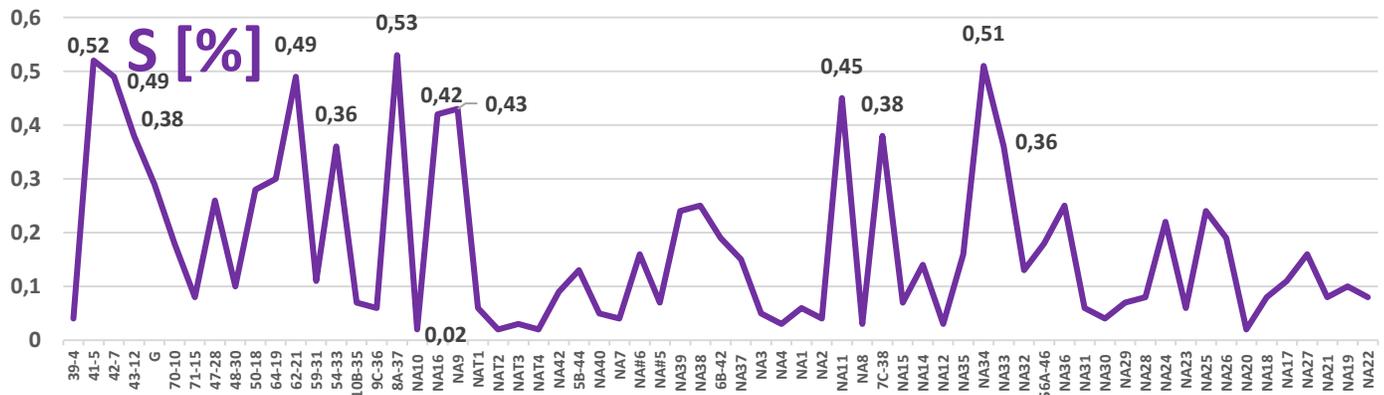


Figura 4.15. Concentración de S [%] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El antimonio (Sb [ppm]), presenta un rango de concentraciones que abarca desde 0.09 y 2.28 [ppm], con una media de 0.52 [ppm] que superan los valores promedios de la **CCS** y una **FP**, 0.2 y 0.43 [ppm], respectivamente. Los valores elevados se alcanzan en el seno Almirantazgo y los fiordos aledaños (NA17, NA26 y NA22), en el estero Peel (G), en la parte central del canal Smyth (50-18) y en el golfo Almirante Montt (54-33), (Figura 4.16).

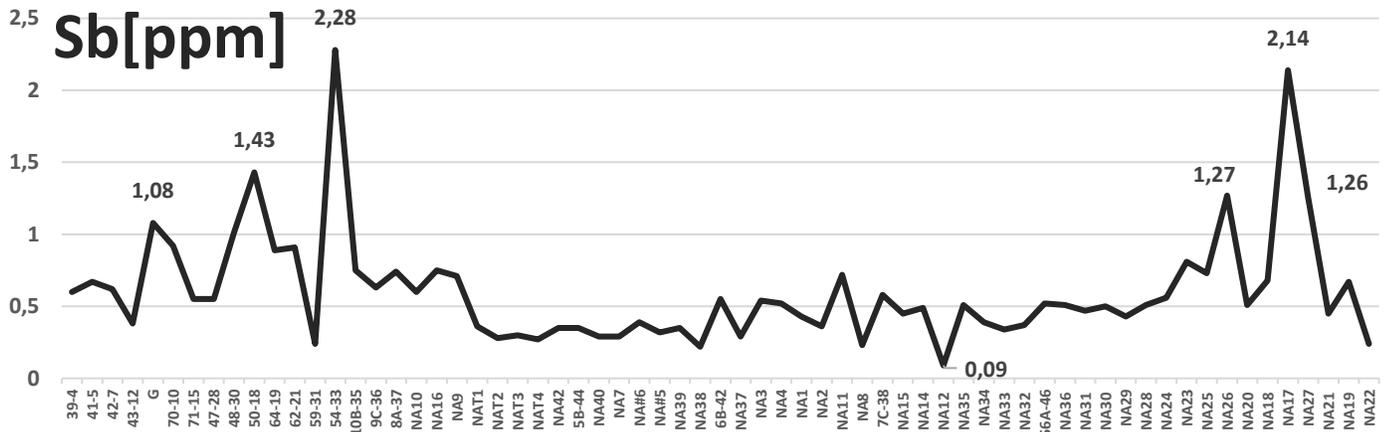


Figura 4.16. Concentración de Sb [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El selenio (Se [ppm]), que presenta valores que fluctúan entre 0.075 y 2.1 [ppm], tiene una media de 0.395 [ppm] que superan las medias generales de la **CCS**, de **SM** y de una **FP**, con valores de 0.14, 0.2 y 0.071 [ppm], respectivamente. Los valores altos se evidencian en el paso del Hambre (NA11 y 7C-38), en la parte este del paso Froward (NA9, NA16 y 8A-37), en el canal Concepción (43-12, 42-7 y 41-5), en el canal Smyth (62-21) y el golfo almirante Montt (54-33), (Figura 4.17).

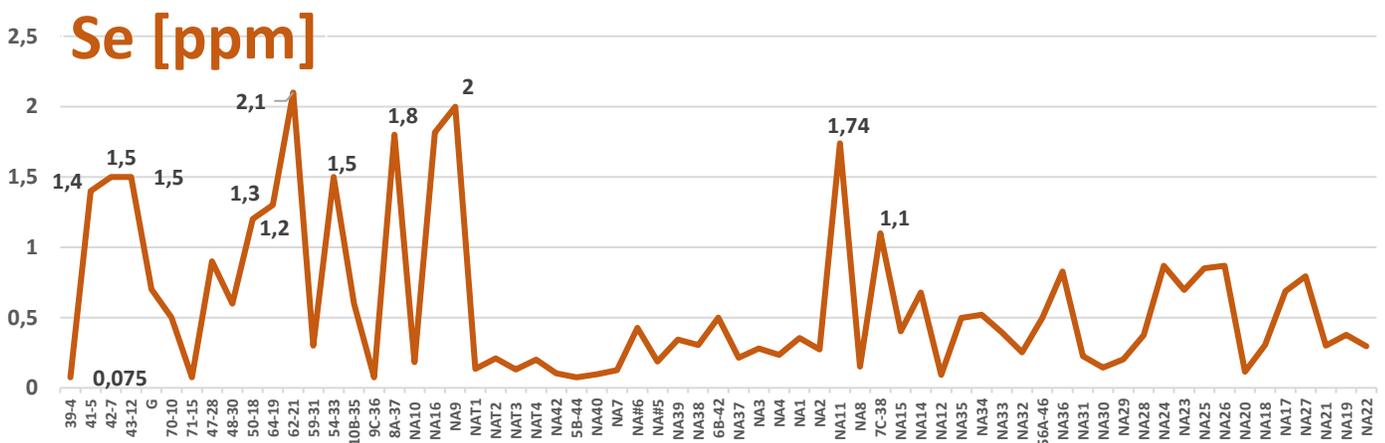


Figura 4.17. Concentración de Se [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El estroncio (Sr [ppm]), alcanza concentraciones que fluctúan entre 112 y 1672 [ppm], con un promedio de 345 [ppm] que supera la media de los **SD** de 180 [ppm] y algo similar a la media de la **CCS** de 350 [ppm]. Los valores más altos se presentan en el paso del Hambre (NA37), en el paso Ancho cercano a la ciudad de Porvenir (NA38), en el seno y canal Magdalena (NA12 y NA14), en el canal Concepción (43-12, 42-7 y 41-5), en el canal Smyth (62-21) y el estrecho Nelson (47-28), (Figura 4.18).

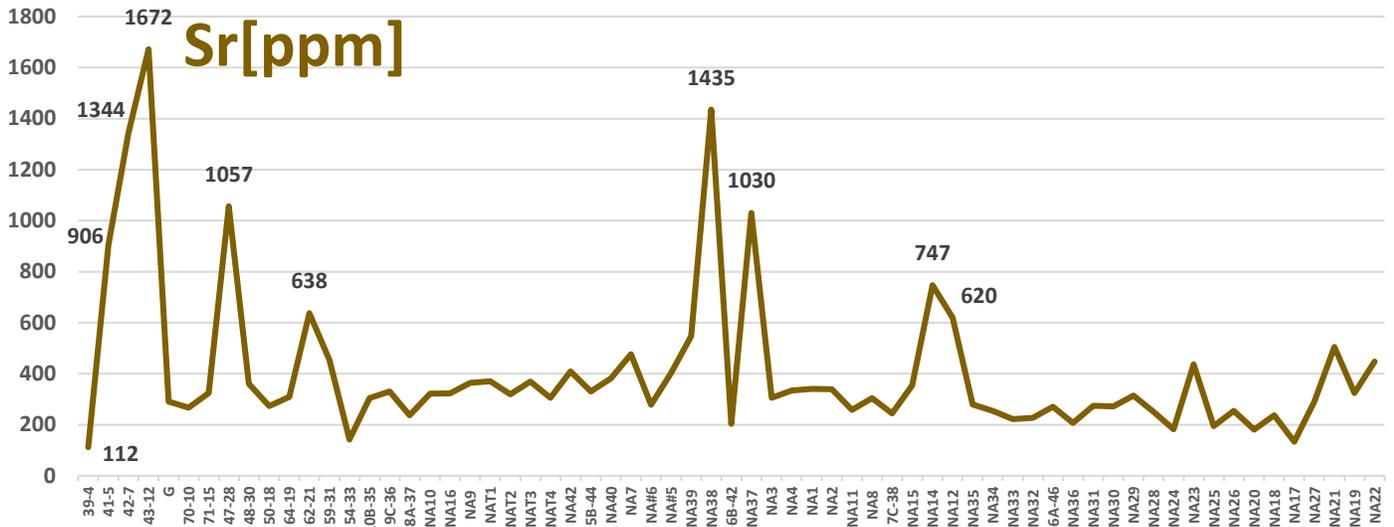


Figura 4.18. Concentración de Sr [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El telurio (Te [ppm]), muestra valores que oscilan entre 0.001 y 2.841 [ppm], promediando un valor de 0.046 [ppm] que supera los valores de 0.003 [ppm] y 0.0003 [ppm] que poseen las medias de la **CCS** y los **SM**, respectivamente. Los valores que se ven elevados se localizan en la parte oeste del paso Froward (9C-36 y 10B-35), en el canal Concepción (43-12, 42-7 y 41-5), en el estrecho Nelson (47-28 y 48-30) y el canal Smyth (64-19 y 62-21), (Figura 4.19).

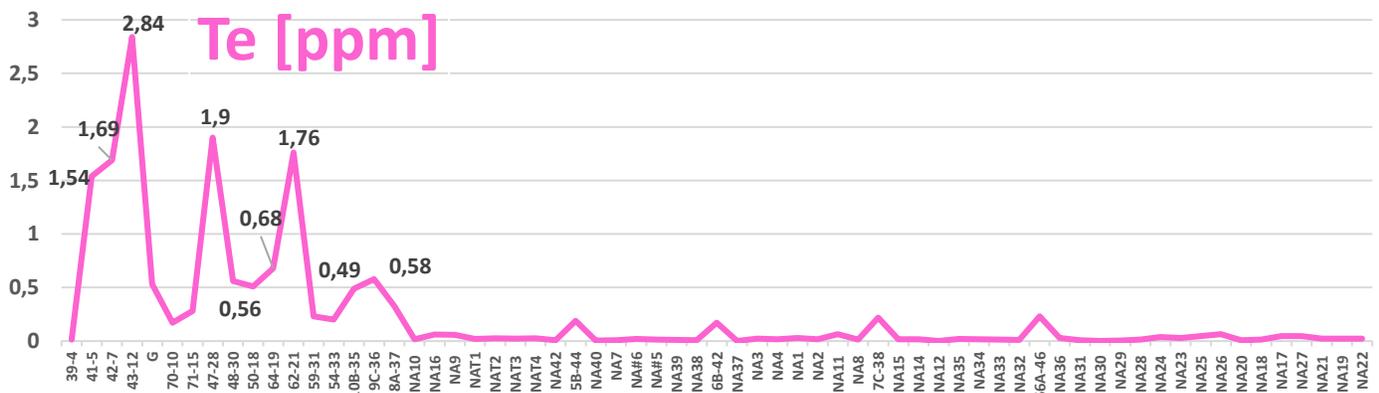


Figura 4.19. Concentración de Te [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados.

El titanio (Ti [%]), aparece en la zona con contracciones que fluctúan entre 0.143 [%] y 0.82 [%], promediando un valor de 0.321 [ppm] y por tanto obteniendo un valor umbral superior de 0.347 [%] que supera al contenido de la CCS que alcanza un valor de 0.33 [%]. Los valores más altos se ubican al norte del paso Ancho cercano a la segunda angostura del estrecho de Magallanes (NA42), en los fiordos aledaños al seno Almirantazgo (NA21, NA22 y NA27) y en las muestras de bahía Snug (NAT1, NAT2 Y NAT3), (Figura 4.20).

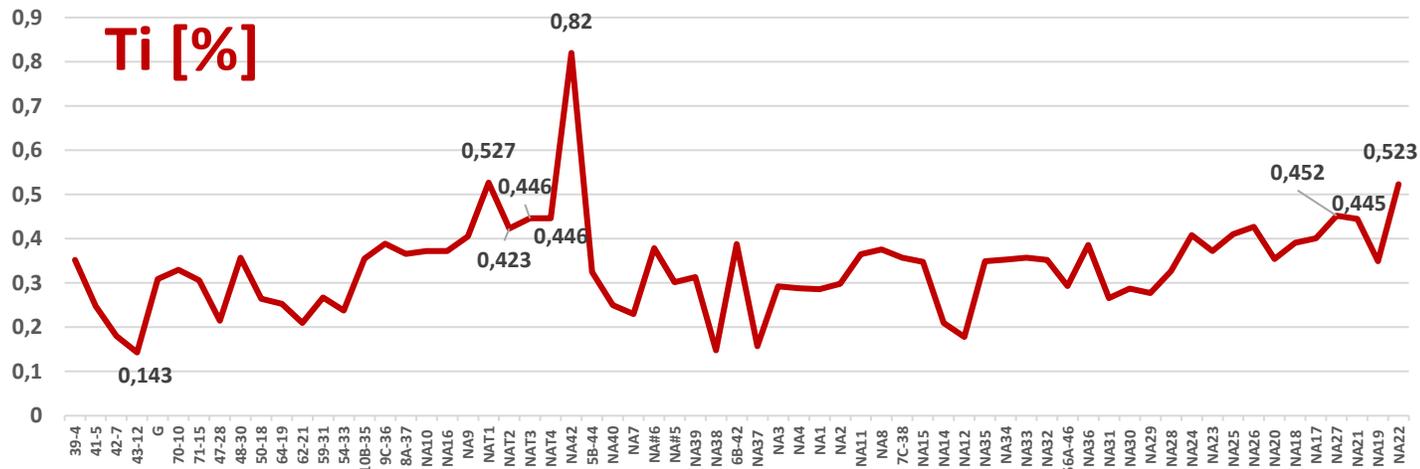


Figura 4.20. Concentración de Ti [%] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El zinc (Zn [ppm]), alcanza rangos de concentración que varían entre los 24 y 150.5 [ppm], con una media de 81.7 [ppm] que supera el valor medio en la CCS de 67 [ppm]. Los valores elevados se distribuyen en el paso Froward (NA9), en el seno Almirantazgo y los fiordos aledaños (NA17, NA19, NA20, NA21, NA26 y NA27), en el canal Whiteside (NA23) y en el golfo Almirante Montt (54-33), (Figura 4.21).

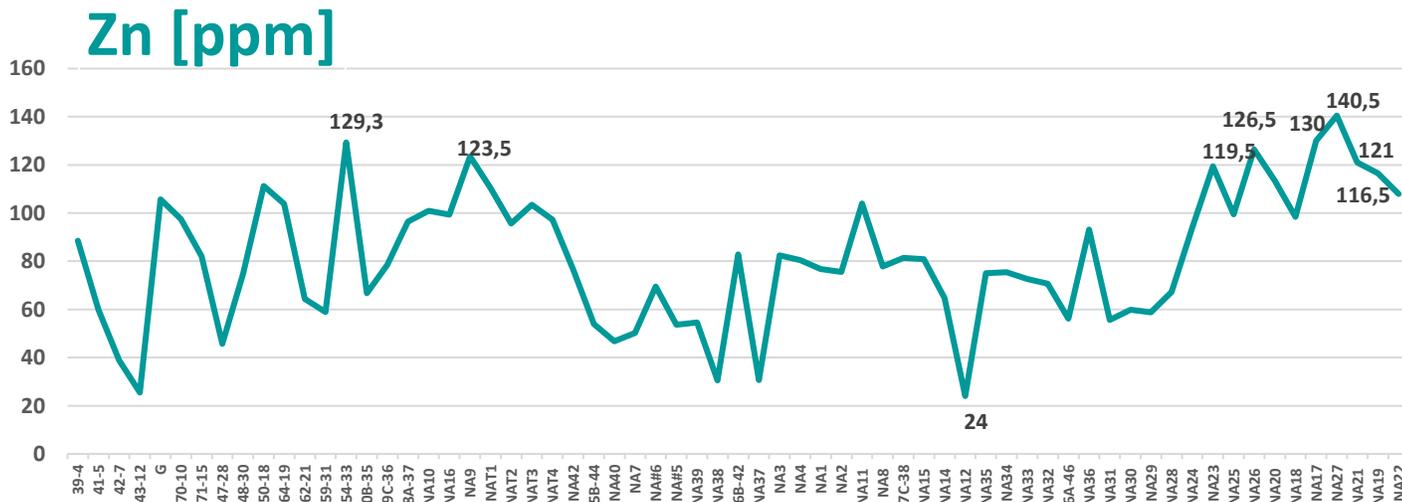


Figura 4.21. Concentración de Zn [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El bario (Ba [ppm]), presenta rangos de valores que varían entre 169 y 820 [ppm], obteniendo un promedio de 399 [ppm] que supera a la media de una **FP** que posee un valor de 390 [ppm]. Las concentraciones más altas se confinan el seno Almirantazgo y los fiordos aledaños (NA17, NA19, NA20, NA21, NA22, NA26 y NA27), en el canal Whiteside (NA24) y en el seno Europa (39-4), (Figura 4.22).



Figura 4.22. Concentración de Ba [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El cesio (Cs [ppm]), adquiere valores que fluctúan entre 0.37 y 8.52 [ppm], promediando un valor de 2.58 [ppm] que supera al contenido medio de una **FP** de 1.7 [ppm]. Los valores más altos se presentan en el seno Almirantazgo y los fiordos aledaños a él (NA17, NA19, NA21, NA26 y NA27), además del seno Europa (39-4), (Figura 4.23).

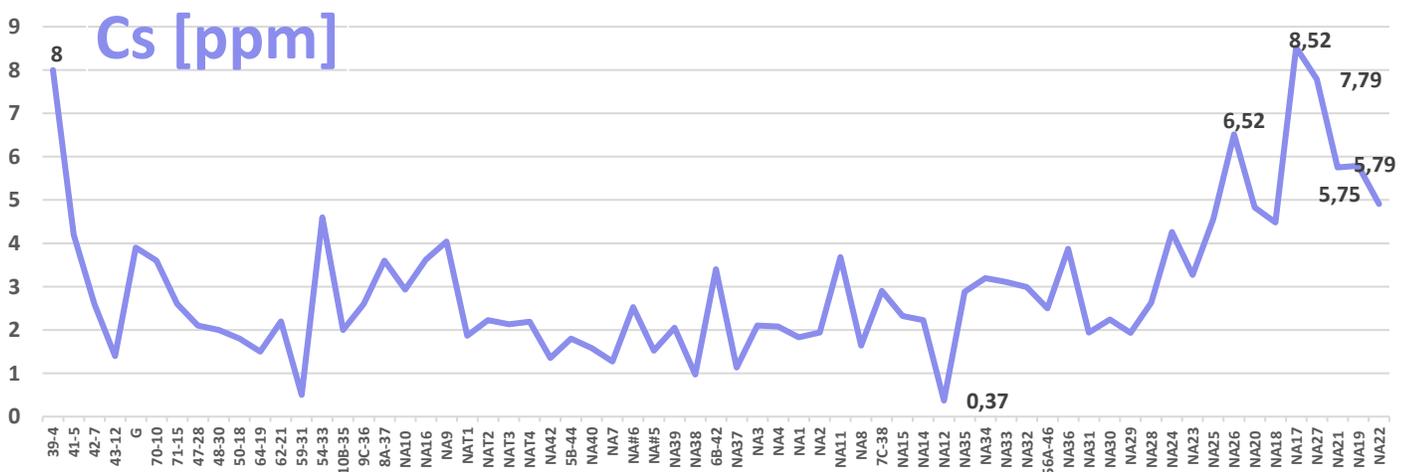


Figura 4.23. Concentración de Cs [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El estaño (Sn [ppm]), que exhibe un rango de concentraciones de 0.5 a 4.39 [ppm], con una media de 1.6 [ppm] y un umbral superior de 1.78 [ppm] que supera al contenido de una **FP** que alcanza un valor de medio de 1.7 [ppm]. Los valores altos se ubican en el seno Almirantazgo y los fiordos aledaños a él (NA17, NA19, NA20, NA21, NA22, NA26 y NA27) y en seno Europa (39-4), (Figura 4.24).

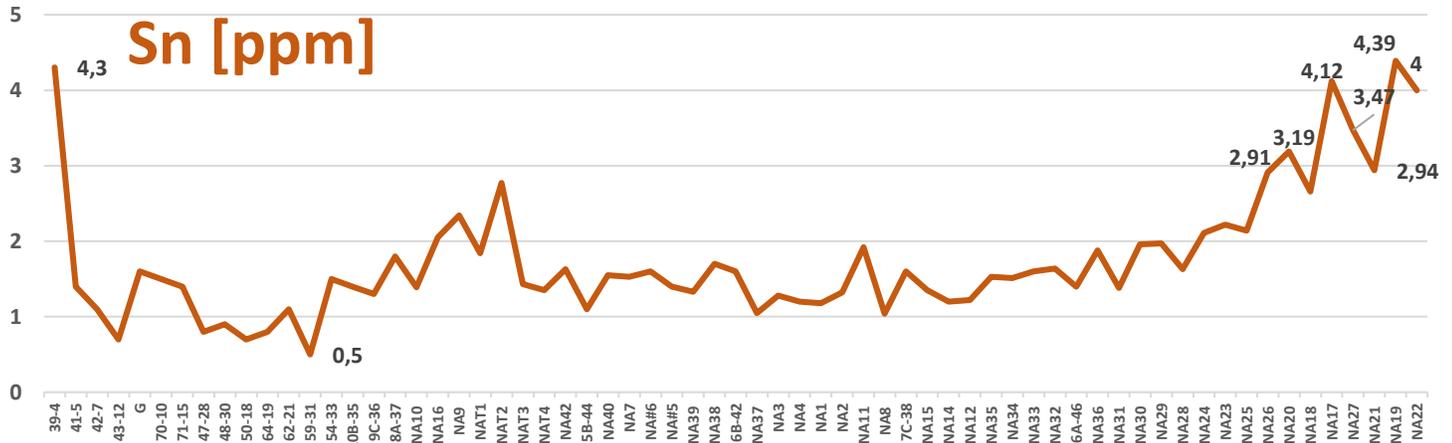


Figura 4.24. Concentración de Sn [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El vanadio (V [ppm]), en la zona de estudio muestra concentraciones que oscilan entre los valores 30 y 219 [ppm], promediando 106.6 [ppm] y a su vez alcanzando un valor umbral de 117.6 [ppm] que esta por sobre el contenido medio 100 [ppm] de una **FP**. Los valores más altos se alcanzan en la parte norte del paso Ancho (NA42), en la parte este del paso Froward (NA9), en el seno Almirantazgo y fiordos aledaños (NA17, NA21, NA22, NA26 y NA27), en el canal Whiteside (NA23) y en las muestras de bahía Snug (NAT1, NAT2, NAT3 y NAT4), (Figura 4.25).

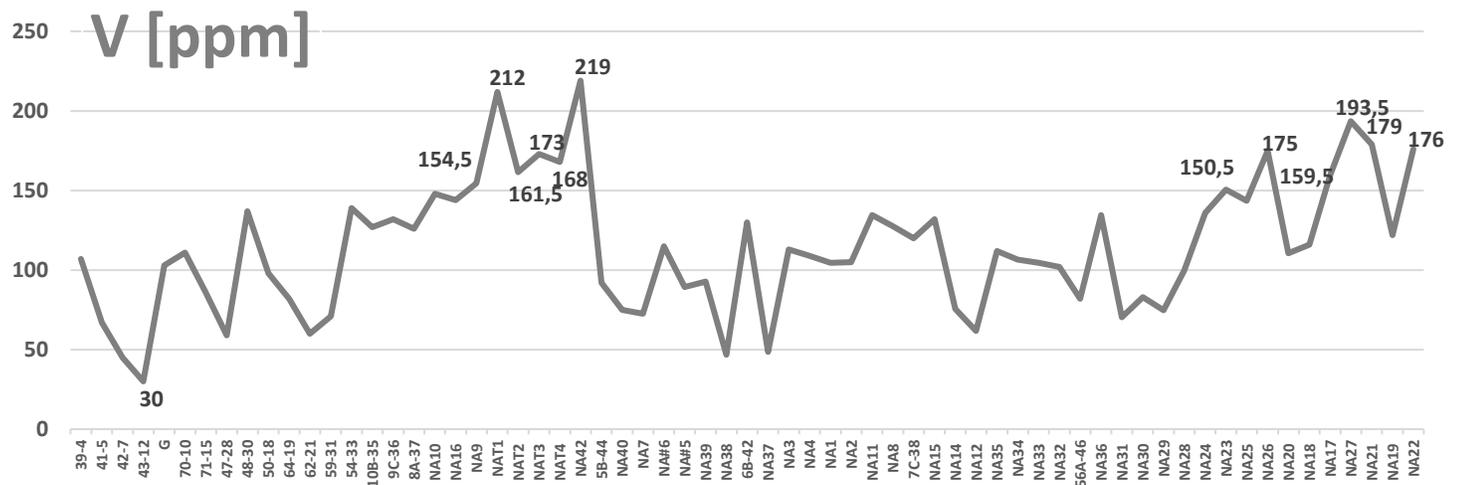


Figura 4.25. Concentración de V [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

El tulio (Tm [ppm]), presenta un rango de concentraciones que fluctúan entre 0.1 y 0.478 [ppm], con una media de 0.261 [ppm] y un umbral superior de 0.279 [ppm] que supera la concentración media de 0.27 [ppm] de una **FP**. Los valores más elevados se alcanzan en el seno Almirantazgo y fiordos aledaños (NA17, NA18, NA19, NA21, NA22, NA26 y NA27), también en la parte este del paso Froward (NA9), (Figura 4.26).

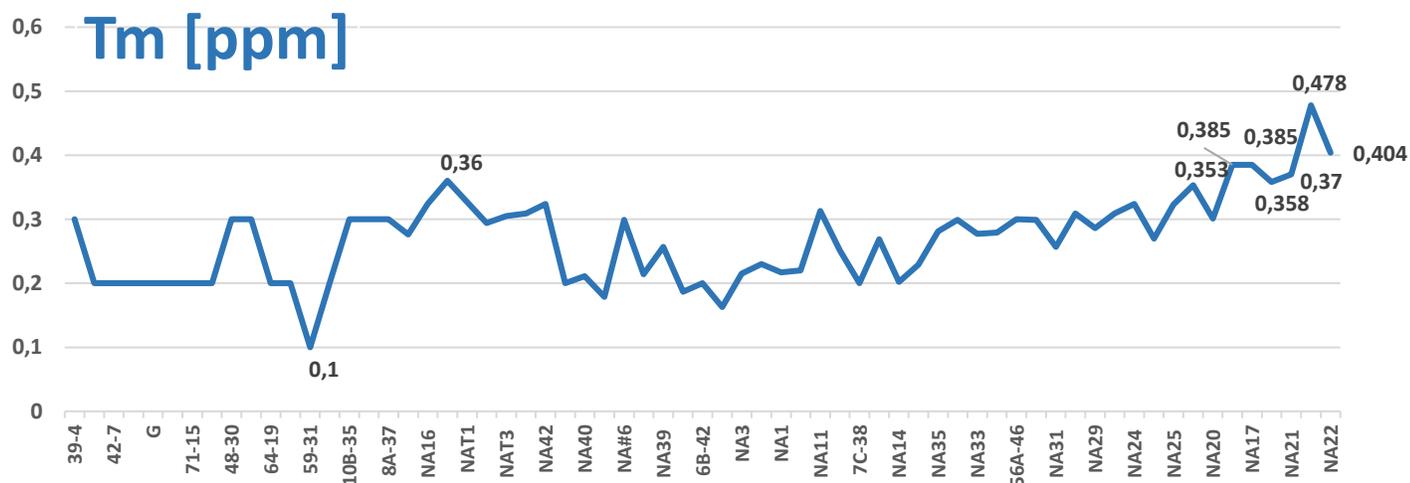


Figura 4.26. Concentración de Tm [ppm] en cada muestreo, se etiquetan datos más elevados y el mín.

Para poder tener un nivel comparativo entre las concentraciones anteriores y los depósitos superficiales en los que se encuentran determinados algunos elementos estratégicos, se ha generado un registro general de algunos depósitos chilenos y sus respectivas concentraciones, particularmente para los elementos In, Re, Se, Te, Au y Ag (Tabla 4.8).

Tabla 4.8. Concentraciones de elementos estratégicos de algunos depósitos encontrado en Chile (si no, se menciona país cercano).

Elemento de Importancia	Tipo de Deposito	Nombre Depósito o Tipo	Concentración [ppm] (o se especifica la unidad)	Concentración media en este estudio [ppm] (valor máx. o anómalo)
Re	Pórfidos Cupríferos Cu-(Mo-Au)(Chile)	Chuquicamata - Radomiro Tomic	0.18	0.0021 (0.019)
		El Salvador	0.215	
		El Teniente	0.133	
		La Escondida	0.092	
		Los Bronces - Río Blanco	0.09	
		Los Pelambres	0.15	
Se	Epitermal Au-Ag-Cu, Alta Sulfuración (Chile)	Pascua	100-600 (Pirita)	0.395 (2.1)
	Estratoligados de Cu volcánico (Chile)	Mantos Blancos	0.34 - 4.76 (Calcopirita)	
		Mantos Blancos	0.16 - 5.11 (Bornita)	
Te	Pórfidos Cupríferos (Chile)	Barros Anódicos a partir de la electro-refinación del Cu (Chuquicamata-Ventanas-Potrerillos)	0.5 -3 % (Barro Anódico)	0.046 (2,841)
In	Vetas de Estaño Polimetálico (Bolivia);(Chile vende concentrado de Zinc de mina el Toqui, no se refina por lo que no se obtiene In)	Bolívar	584	0.052 (0.097)
		Hauri Hauri	3080	
		Porco	499	
		Potosí	292	
		San Lorenzo	1080	
Ag	IOCG (Chile)	Candelaria	3.1	0.039 (0.161)
		Punta del Cobre	5	
Au	Placer Aurífero (Chile)	Cordón Baquedano (Till) (Magallanes)	0.15 - 0.2	*0.002 (0.216)
		Caremapu (Playa Oceánica)	0.1 - 1	
	IOCG (Chile)	Candelaria	0.22	
		Punta del Cobre	0.4	

* Cuenta con más de la mitad de los datos con datos bajo el límite de detección. Datos obtenidos de Schulz *et al.* (2018), Prieto (2014) y Greiner (1991).

Para la identificación de los valores *outliers* de los elementos anteriores con anomalías positivas, se ocupó la metodología de *boxplot* o diagrama de caja (Tukey, 1970, 1977), en donde se consideran outliers los valores mayores al tercer cuartil más 1.5 veces la distancia intercuartil,

para ello se generaron diagramas para todos los elementos detectados en este estudio (Anexo C.7).

Los diagramas para los elementos con anomalía general positiva (Figura 4.27 y 4.28), indican comportamientos relativamente simétricos para los elementos In, Sb, Sr, Zn y V, para los otros elementos se observan asimetrías. Estos elementos asimétricos presentan sesgos según la distribución de los datos, para los elementos Li, Ti, Ba y Tm corresponde un sesgo negativo, lo que implica que los datos entre Q2 y Q3 (25[%]) ocupan un tramo más acotado que los datos distribuidos entre Q1 y Q2, indicando mayor dispersión de datos bajo la mediana. Por el contrario, en los diagramas de los elementos As, Bi, Ca, Mn, Re, S, Se, Te, Cs y Sn se observa un sesgo positivo, que en este sentido indica una mayor dispersión de concentraciones sobre la mediana.

Valores *outliers* positivos que superen las abundancias geoquímicas generales mencionadas anteriormente, se evidencian en las concentraciones de Bi (0.49 [ppm]), Ca (20.49, 19.9, 15.44, 14.36, 13.15, 11.44, 10.8 y 9.28 [%]), Mn (3336, 3080 y 2467 [ppm]), Re (0.019, 0.017, 0.016, 0.015 y 0.013 [ppm]), Sb (2.28, 2.14, 1.43, 1.27 y 1.26 [ppm]), Se (2.1, 2, 1.8 y 1.815 [ppm]), Sr (1672, 1435, 1344, 1057, 1030, 906, 747 y 638 [ppm]), Te (2.84, 1.9, 1.76, 1.69 y 1.54 [ppm]), Ti (0.82 [%]), Ba (820 y 690 [ppm]), Sn (4.39, 4.3, 4.12, 4 y 3.47 [ppm]) y Tm (0.478 [ppm]).

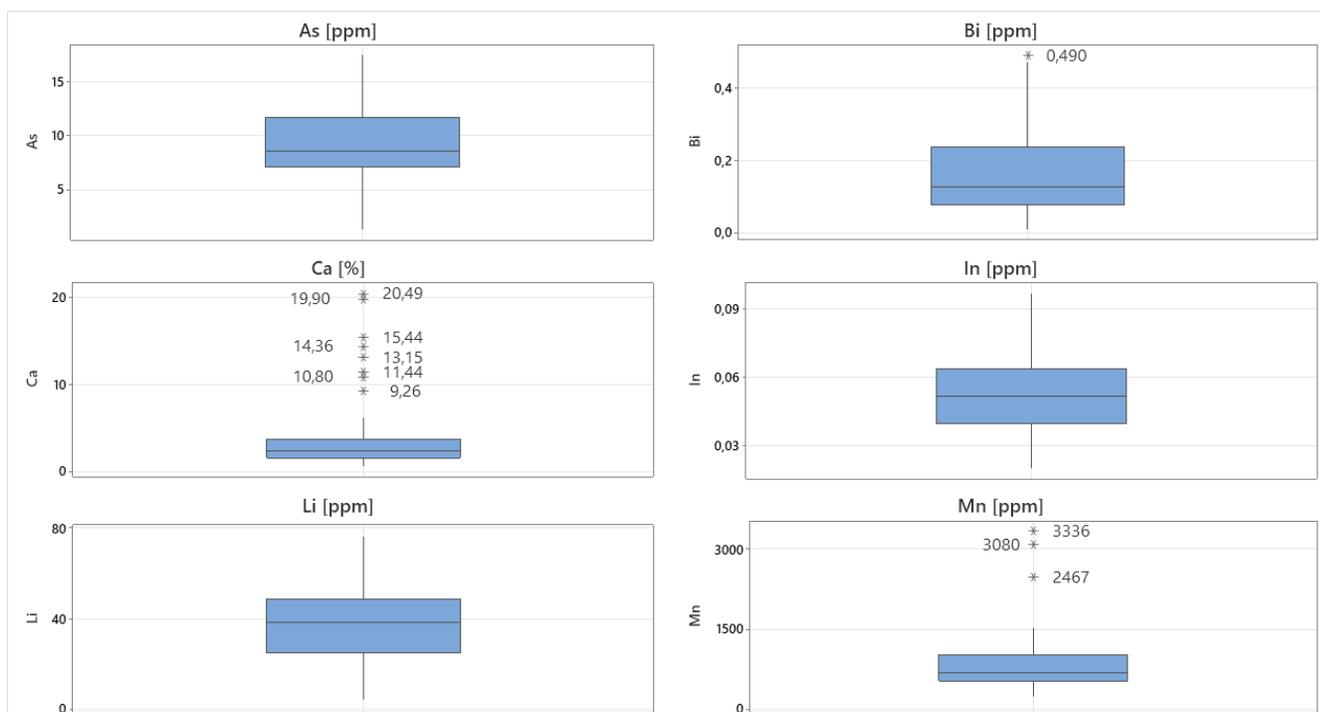


Figura 4.27. Diagramas de caja de elementos que presentan anomalía general positiva, se destacan los outliers.

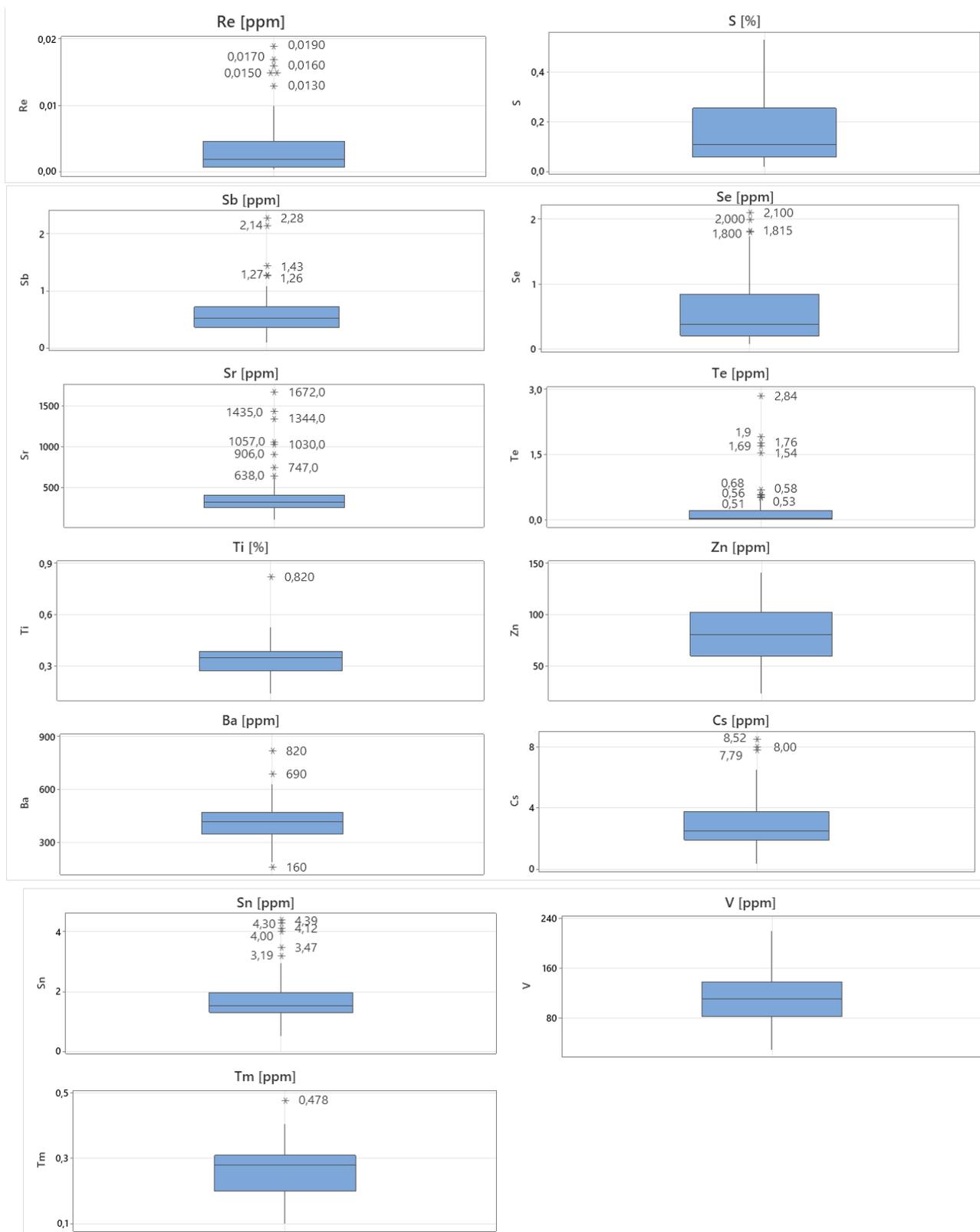


Figura 4.28. Diagramas de caja de elementos que presentan anomalía general positiva, se destacan los outliers.

El objetivo principal de este estudio es poder proporcionar la distribución y abundancia de los metales preciosos de la zona de estudio, por lo que a pesar de no haber una abundancia anómala positiva para la plata (Ag), existen puntos de muestreo que evidencian contenidos por sobre la media cortical general (Figura 4.4). La plata, que exhibe una distribución lognormal con valores que van de 0.005 a 0.161 [ppm] y una media de 0.039 [ppm], presenta contenidos altos por sobre los 0.06 [ppm] de la CCS, distribuidos principalmente en el seno Almirantazgo y los fiordos que nacen de la cordillera de Darwin (NA17, NA21, NA22, NA26 y NA27), el canal Concepción (41-5, 42-7 y 43-12), el estero Peel (G), el estrecho Nelson (47-28), canal Smyth (64-19 y 62-21) y el golfo Almirante Montt (54-33) (Figura 4.30). Los datos en general se distribuyen de manera simétrica en la caja del *boxplot* (Figura 4.29), con leves diferencias entre la mediana y la media, presentando valores anómalos que se localizan en el golfo almirante Montt (54-33, 0.161 [ppm]) y el canal Concepción (42-7, 0.101 [ppm]).



Figura 4.29. Diagrama de caja para las concentraciones de plata (Ag) [ppm] en la zona de estudio. La línea segmentada indica la media de los datos, línea roja indica abundancia cortical superior (CCS), línea verde indica abundancia en sedimentos marinos (SM).

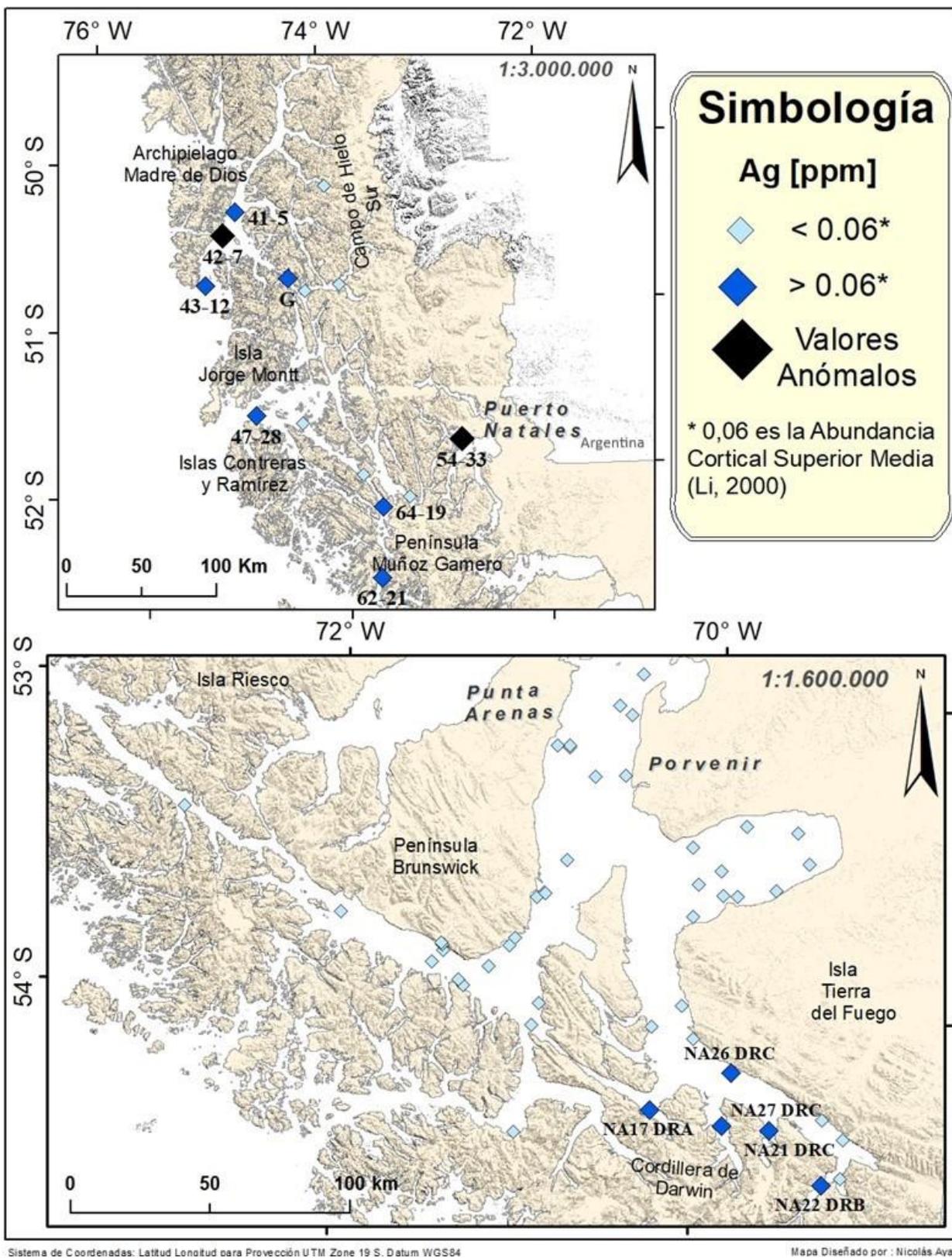


Figura 4.30. Mapa de distribución de plata (Ag) [ppm] en la zona de estudio, diferenciación en base a concentración cortical superior promedio, (ArcGis, ESRI).

En particular para el paladio (Pd), obtenido por ensayo a fuego y que alcanza valores anómalos generales (Tabla 4.7), también se generó un *boxplot* (Figura 4.31) en donde se observa que la caja es relativamente simétrica con un valor similar de mediana y promedio, presentando un rango acotado de valores que oscilan entre el límite de detección (valor real: 2 [ppb], pero 0.5 [ppb] para este diagrama) y 6 [ppb]. De la Figura 4.4 y la Tabla 4.7 se desprende que todas las mediciones por sobre el límite de detección (Laboratorio **BV**) serían mayores a la abundancia de este elemento en la **CCS** (16 muestras). Además, existe una muestra con un valor anómalo de 8 [ppb] que supera las concentraciones de paladio promedio para los **SM** y para una **FP**, ubicada en el estero Peel de la provincia de Última Esperanza (Figura 4.32). En la Figura 4.32, también se observan valores altos en el Canal Concepción, el Canal Smyth y principalmente en el brazo izquierdo del estrecho de Magallanes.

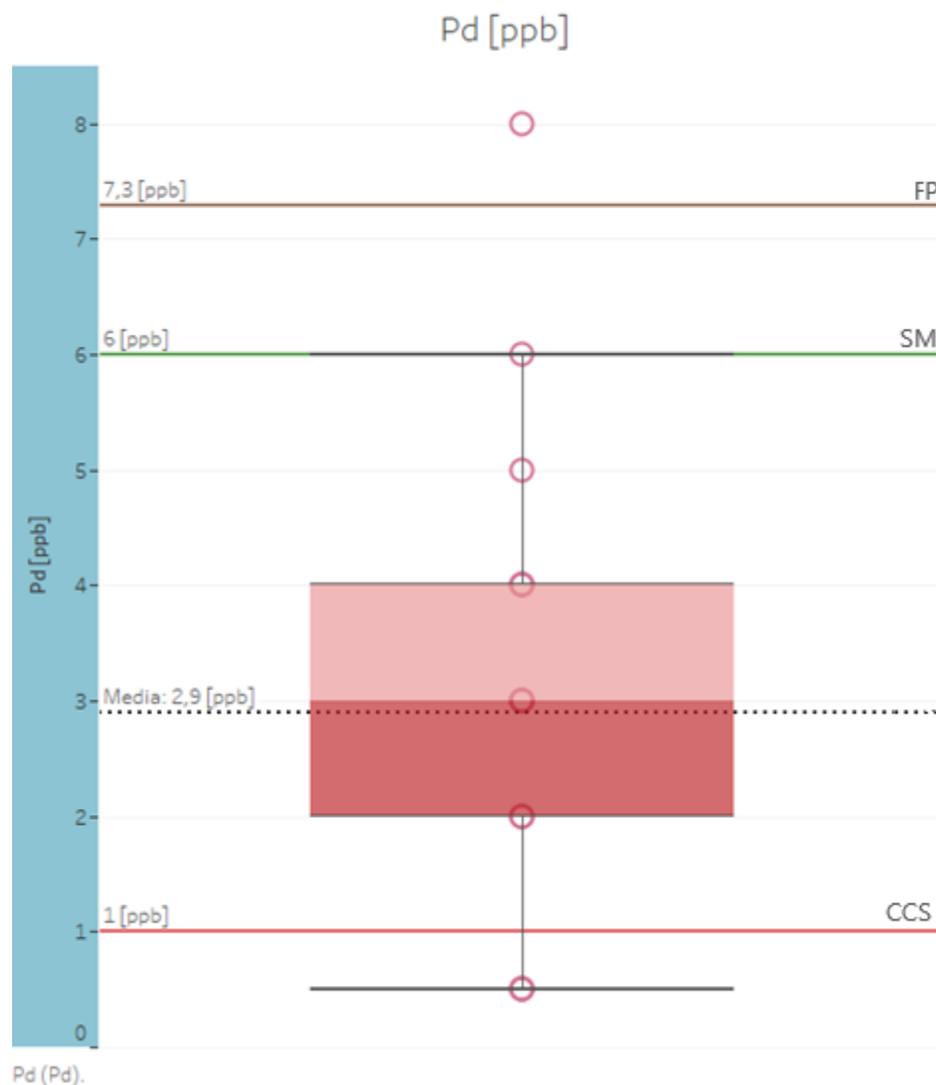
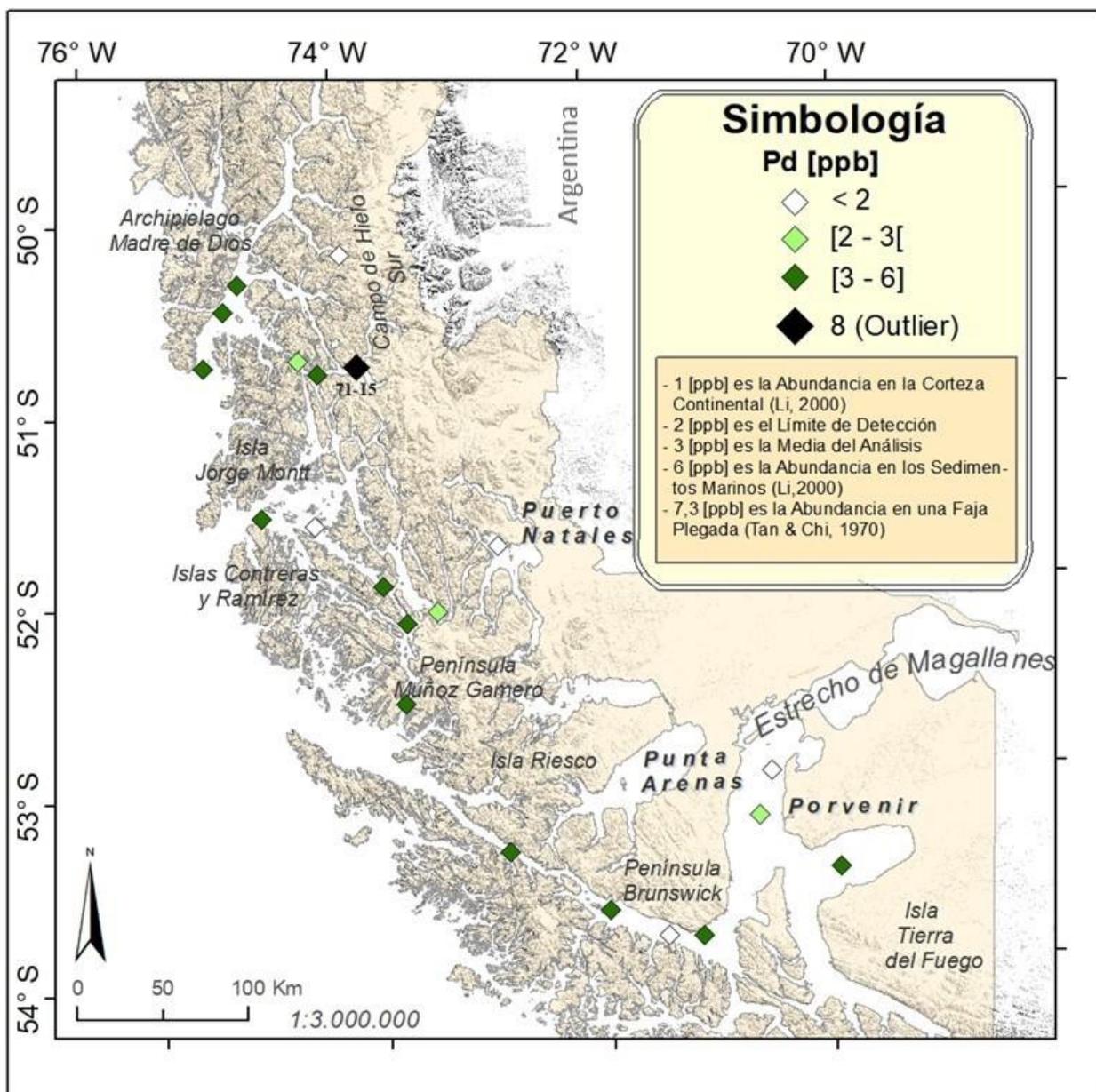


Figura 4.31. Diagrama de caja para el paladio (Pd) [ppb], contrastada con concentraciones generales. Línea segmentada indica la media de los datos, línea roja indica abundancia cortical superior (CCS), línea verde indica abundancia en sedimentos marinos (SM), línea marrón indica abundancia en una faja plegada (FP).



Sistema de Coordenadas: Latitud Longitud para Proyección UTM Zone 19 S, Datum WGS84

Figura 4.32. Mapa de distribución de Pd [ppb] en la zona de estudio, categorización en base a media de análisis y abundancias geoquímicas generales, (ArcGis, ESRI).

A pesar de que no se pueda generar este análisis univariado para el oro (Au) y el platino (Pt), ya que una parte importante de los datos alcanzan valores bajo el límite de detección, es imperante entender su distribución y detectar los sitios en donde su abundancia está por sobre la concentración promedio generales de la Tierra. Para el Au se identificarán valores anómalos vía diagrama de caja contrastando con valores geoquímicos generales (Figura 4.33), tomando en cuenta los valores indetectables como el cuarto del límite de detección del laboratorio. En cambio, el Pt sólo arrojó tres valores por sobre el límite de detección, por lo que solo se identificarán valores mayores al promedio general.

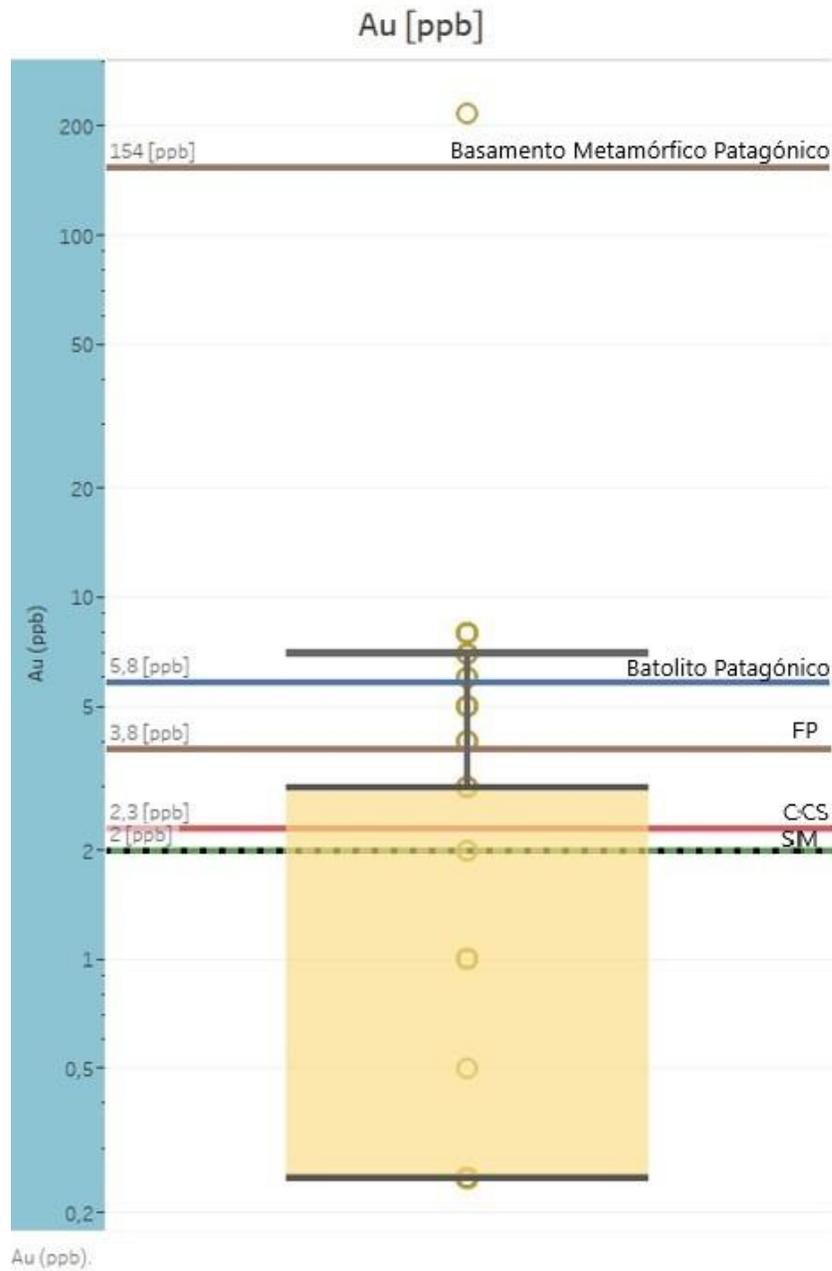


Figura 4.33. Diagrama de caja para el oro (Au) [ppb] con escala \log_{10} , contrastada con concentraciones geoquímicas generales. Línea segmentada indica la media de los datos, línea roja indica abundancia cortical superior (CCS), línea verde indica abundancia en sedimentos marinos (SM), línea marrón indica abundancia en basamento metamórfico patagónico y la faja plegada estándar (FP), línea azul indica abundancia en batolito patagónico.

En base al diagrama de caja para el Au (Figura 4.33) con medidas de 65 muestras, se evidencia que el límite inferior, el Q1 y la mediana comparten la misma posición, por tanto, exhibe una forma asimétrica. En general presenta un rango acotado de valores que oscilan entre el límite de detección (valor real: 1[ppb], pero 0.25 [ppb] para este diagrama) y 6 [ppb], obteniendo 21 valores por sobre el promedio cortical e inclusive 10 mediciones por sobre el

promedio de rocas mineralizadas del Batolito Patagónico (Figura 4.34). Además, se pueden observar valores *outliers* positivos según la distribución del diagrama, que corresponden a 7 valores *outliers* leves con concentraciones de 7 a 8 [ppb] y un valor *outlier* extremo que supera la concentración promedio de las rocas del Basamento Metamórfico Patagónico, con 216 [ppb], encontrados en sedimentos arenosos de bahía Snug (Figura 4.34). En general, los canales y fiordos de la provincia de Última Esperanza alcanzan concentraciones mayores a las encontradas por el estrecho de Magallanes y sus alrededores (Figura 4.34).

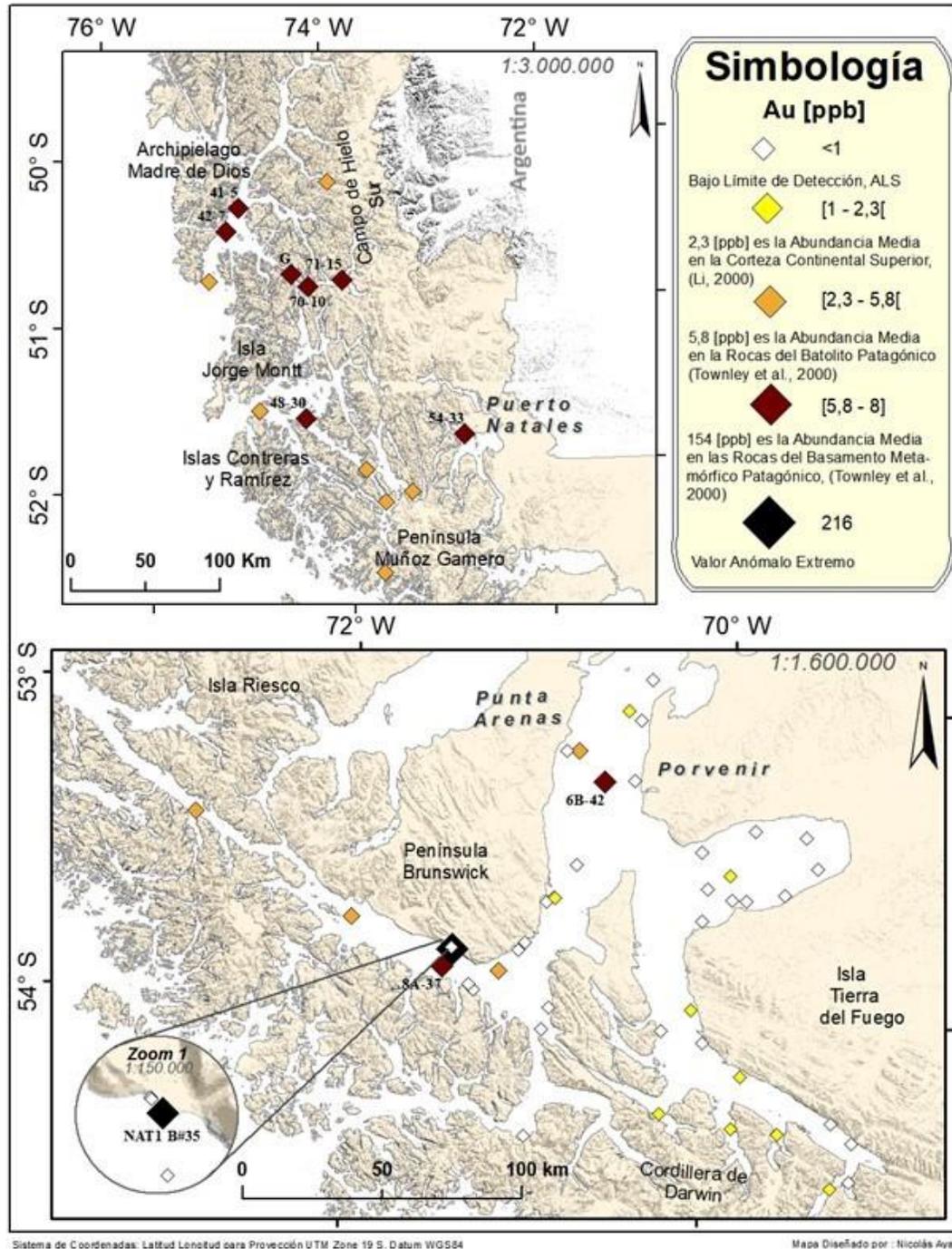


Figura 4.34. Mapa de distribución de oro (Au) [ppb] en la zona de estudio, categorización en base a abundancias geoquímicas generales, (ArcGis, ESRI).

Como se observa en la Figura 4.35, los valores alcanzados de Pt [ppb] fueron principalmente bajo el límite de detección del laboratorio BV. Debido a que la abundancia cortical superior es más baja que el límite de detección, cualquier medición estará por sobre la abundancia promedio, es más, se obtuvieron 3 mediciones con un máximo de 5 [ppb], todas estas ubicadas en la provincia de Última Esperanza, específicamente en el Canal Concepción (3 y 5 [ppb]) y el Canal Smyth (4 [ppb]).

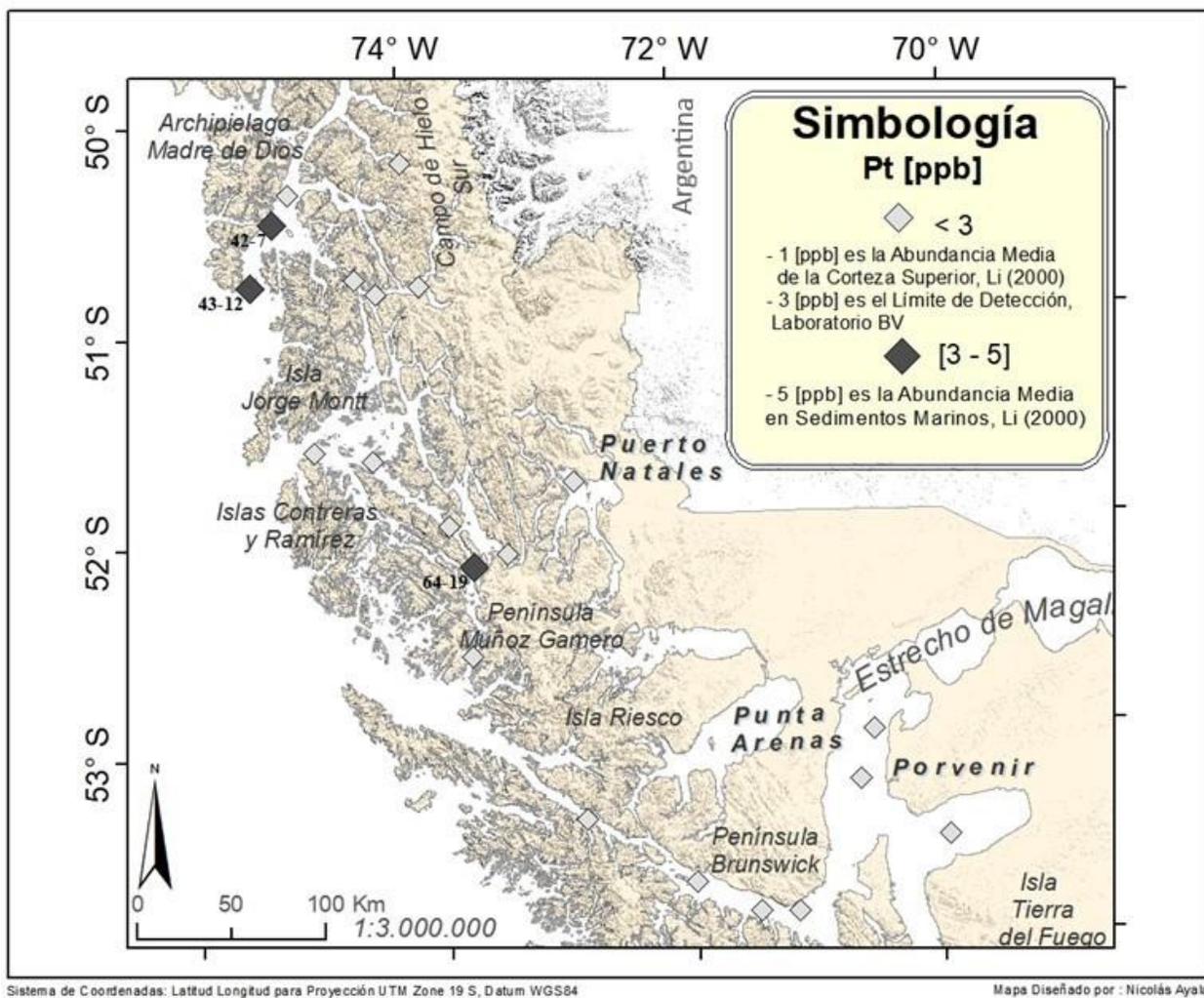


Figura 4.35. Mapa de distribución de platino (Pt) [ppb] en la zona de estudio, en base a límite de detección y abundancia geoquímica general, (ArcGis, ESRI).

Análisis Bivariable

Para determinar la afinidad de Au y Ag con los elementos químicos obtenidos en este estudio, se ha elaborado una matriz de correlación de Pearson para los datos obtenidos en el laboratorio **BV** (Anexo C.8), ya que son los resultados obtenidos de este laboratorio los que han arrojado concentraciones de Au sobre el límite de detección y hacen posible la determinación estadística de afinidades. Para lo anterior, se ha ocupado el software *Minitab Statistical* en el que se han ingresado los valores en [ppm] de los datos transformados a Ln(), ya que la mayoría de ellos presenta una distribución lognormal y la normalidad es una premisa para un uso adecuado del coeficiente (Lalinde *et al.*, 2018). En la Tabla 4.9 y 4.10 se observan los niveles de correlación de Au y Ag con los demás elementos químicos, respectivamente.

Tabla 4.9. Correlación de Pearson entre Au y los demás elementos químicos.

Correlaciones de Pearson de Ln(Au [ppm]) con Ln() de 60 elementos químicos.							
Ag	0.725	Hf	-0.13	S	0.23	Zn	0.217
Al	-0.02	In	-0.15	Sb	0.31	Zr	-0.1
As	-0.01	K	0.07	Sc	0.126	Dy	-0.09
Ba	-0.04	La	0.039	Se	0.208	Er	0.05
Be	0.006	Li	0.057	Sn	0.129	Eu	0
Bi	0.425	Mg	0.48	Sr	0.109	Gd	-0.05
Ca	0.136	Mn	0.116	Ta	0.126	Ho	0.058
Cd	0.403	Mo	0.355	Te	0.173	Lu	0.251
Ce	-0.01	Na	0.371	Th	0.168	Nd	0.027
Co	0.303	Nb	0.08	Ti	-0.03	Pr	0.028
Cr	0.273	Ni	0.385	Tl	0.115	Sm	0.049
Cs	0.285	P	0.638	U	0.465	Tb	-0.06
Cu	0.646	Pb	0.462	V	0.064	Tm	-0.15
Fe	0.024	Rb	0.12	W	0.082	Yb	-0.08
Ga	0.033	Re	0.295	Y	0.053	Pd	0.01
En rojo se indican correlaciones buenas (0,5-1)							

De acuerdo con la Tabla 4.9, no se observan relaciones excelentes ni muy buenas, pero se tiene una buena correlación entre Au-Ag (0.725), Au-Cu (0.646) y Au-P (0.638). Con los otros elementos se exhibe una baja correlación positiva y negativa, en particular para Au-As (-0.01), Au-Ba (-0.04), Au-Bi (0.425), Au-Co (0.303), Au-Fe (0.024), Au-Mn (0.116), Au-Sb (0.31), Au-Se (0.208), Au-Te (0.173), Au-U (0.465) y Au-W (0.082).

Tabla 4.10. Correlación de Pearson entre Ag y los demás elementos químicos.

Correlaciones de Pearson de Ln(Au [ppm]) con Ln() de 60 elementos químicos.							
Al	-0.24	In	-0.32	Sb	0.501	Zr	-0.32
As	0.023	K	-0.11	Sc	-0.12	Dy	-0.26
Ba	-0.22	La	-0.2	Se	0.452	Er	-0.18
Be	-0.25	Li	-0.12	Sn	-0.04	Eu	-0.39
Bi	0.31	Mg	0.488	Sr	0.211	Gd	-0.2
Ca	0.252	Mn	0.204	Ta	-0.03	Ho	-0.16
Cd	0.539	Mo	0.393	Te	0.323	Lu	0.061
Ce	-0.29	Na	0.351	Th	0.007	Nd	-0.23
Co	0.294	Nb	-0.13	Ti	-0.39	Pr	-0.22
Cr	0.19	Ni	0.522	Tl	0.087	Sm	-0.22
Cs	0.17	P	0.568	U	0.555	Tb	-0.17
Cu	0.696	Pb	0.318	V	-0.14	Tm	-0.1
Fe	-0.1	Rb	-0.03	W	-0.06	Yb	-0.3
Ga	-0.17	Re	0.47	Y	-0.12	Au	0.725
Hf	-0.36	S	0.295	Zn	0.162	Pd	0.14

En rojo se indican correlaciones buenas (0,5-1)

De acuerdo con la Tabla 4.10, no se observan relaciones excelentes o muy buenas, pero si se observa una buena correlación entre Ag-Cd (0.538), Ag-Cu (0.696), Ag-Ni (0.522), Ag-P (0.568), Ag-Sb (0.501), Ag-U (0.555), Ag-Au (0.725). Los otros elementos presentan correlaciones bajas negativas y positivas, en particular Ag-As (0.023), Ag-Ba (-0.22), Ag-Bi (0.31), Ag-Co (0.294), Ag-Fe (-0.1), Ag-Mn (0.204), Ag-Se (0.452), Ag-Te (0.323), Ag-W (-0.06).

REE

Las tierras raras (**REE**) o lantánidos, son elementos que exhiben propiedades físicas y químicas similares. Estos corresponden a los elementos lantano (La), cesio (Cs), praseodimio (Pr), neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu), gadolinio (Gd), terbio (Tb), disprosio (Dy), holmio (Ho), erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu). En esta sección, se realizó un estudio de las **REE** por sector geográfico, el que arrojó variaciones que pueden observarse en la Tabla 4.11. En la parte inferior de la tabla pueden visualizarse, a modo de comparación, los contenidos en el **CCS**, **SM** y **FP**. A su vez se determinó la sumatoria de concentraciones de **REE** (Σ **REE**), con el fin de obtener los valores anómalos de **REE** por sector geográfico. Los resultados muestran una variación de 46.1 [ppm] a 152.59 [ppm], destacando concentraciones levemente más elevadas, en el sector oriente del estrecho de Magallanes y en el seno Europa. Tan solo en los sedimentos del seno Almirantazgo y los fiordos aledaños a él, se encuentran Σ **REE**

(152.59 [ppm]) superiores al valor cortical (139.58 [ppm]), no así con respecto a los **SM** (233.58 [ppm]) y a la **FP** (168.41 [ppm]), que alcanzan valores más elevados a los encontrados en este estudio.

Tabla 4.11. REE por sector geográfico, indicando sumatoria de REE (Σ REE).

Sectores Geográficos Generales	Nº dat.	Σ REE [ppm]
Paso del Hambre	8	75.63
Paso Ancho	9	90.64
Paso Froward	6	96.20
Canal y Seno Magdalena	3	76.15
Seno Almirantazgo y Fiordos Aledaños	8	152.59
Canal Whiteside	3	113.53
Bahía Inútil	10	105.49
Bahía Snug	4	92.13
Canal Concepción	3	75.72
Seno Europa	1	128.84
Estero Peel	3	89.44
Canal Smyth	3	73.31
Estrecho Nelson	2	71.42
Golfo Almirante Montt	1	63.95
Canal Unión	1	46.91
CCS ¹	-	139.58
SM ²	-	233.86
FP ³	-	168.41

Para poder facilitar la comparación de estos elementos y generar análisis posteriores, se han normalizado los datos con valores de referencia del condrito (Antonina *et al.*, 2013), los datos fueron extraídos de Pourmand *et al.* (2012) (Tabla 3.4). Las concentraciones normalizadas han sido ordenadas por sector geográfico (Figura 4.7) y con ello se ha obtenido el valor promedio de cada sector (Anexo C.8), los resultados se pueden observar en la Tabla 4.11 y en el diagrama de la Figura 4.36.

Tabla 4.12. LREE (Tierras raras livianas) y HREE (Tierras raras pesadas) normalizadas al condrito, promedios por sector.

Sectores Geográficos Generales	LREE (La _n + Ce _n + Pr _n + Nd _n + Sm _n + Eu _n)	HREE (Gd _n + Tb _n + Dy _n + Ho _n + Er _n + Tm _n + Yb _n + Lu _n)	LREE/ HREE
Paso del Hambre	203.58	80.096	2.542
Paso Ancho	245.67	86.227	2.849
Paso Froward	258.05	105.336	2.450
Canal y Seno Magdalena	205.938	83.915	2.454
Seno Almirantazgo y Fiordos Aledaños	413.02	140.034	2.949
Canal Whiteside	306.098	108.264	2.827
Bahía Inútil	283.512	101.795	2.785
Bahía Snug	244.678	102.573	2.385
Canal Concepción	207.419	69.671	2.977
Seno Europa	349.572	103.988	3.362
Estero Peel	245.97	77.235	3.185
Canal Smyth	197.382	79.768	2.474
Estrecho Nelson	195.427	81.387	2.401
Golfo Almirante Montt	170.885	72.918	2.344
Canal Unión	125.644	55.644	2.258

En la Tabla 4.12 y la Figura 4.36, a grandes rasgos se observan altas concentraciones de los **LREE**, en cambio los **HREE** muestran concentraciones más disminuidas con una tendencia aplanada, la razón entre las tierras raras livianas con respecto a las pesadas (**LREE/ HREE**) evidencia el patrón de concentraciones anterior, también se puede observar una anomalía negativa de Eu (Figura 4.36). La razón de **(Ce/La)_n** (Tabla 4.13) alcanza valores en un rango de 0.74 a 0.92, promediando 0.84 ± 0.01 (~1) que descarta anomalías generales de Ce, a pesar de esto, los valores más bajos se alcanzan en el canal Concepción (0.74) y el estrecho Nelson (0.77) indicando una muy leve anomalía de Ce, que puede notarse en la Figura 4.36. El radio **(Gd/Lu)_n** (Tabla 4.13) , calculado para entender comportamiento relativo de las **HREE**, presenta valores bajos que oscilan entre 1.16 y 2.57, con una media de 1.70 ± 0.08 la que ilustra el comportamiento aplanado que tiene las **HREE** (Figura 4.36). Los valores más altos se alcanzan en el seno Europa (2.57), el seno Almirantazgo y los fiordos aledaños a él (1.99), pero siguen siendo pequeñas pendientes que tienden al llano. La relación **(La/Lu)_n** (Tabla 4.13) muestra radios relativamente altos, que varían entre 4.35 y 12.08 con una media de 7.47 ± 0.48 , indicando un claro enriquecimiento de las **LREE** por sobre las **HREE**, alcanzando valores máximos en el seno Europa (12.08), el canal Concepción (9.98), en el seno Almirantazgo y los fiordos aledaños a él (8.84), también en el estero Peel (9.25).

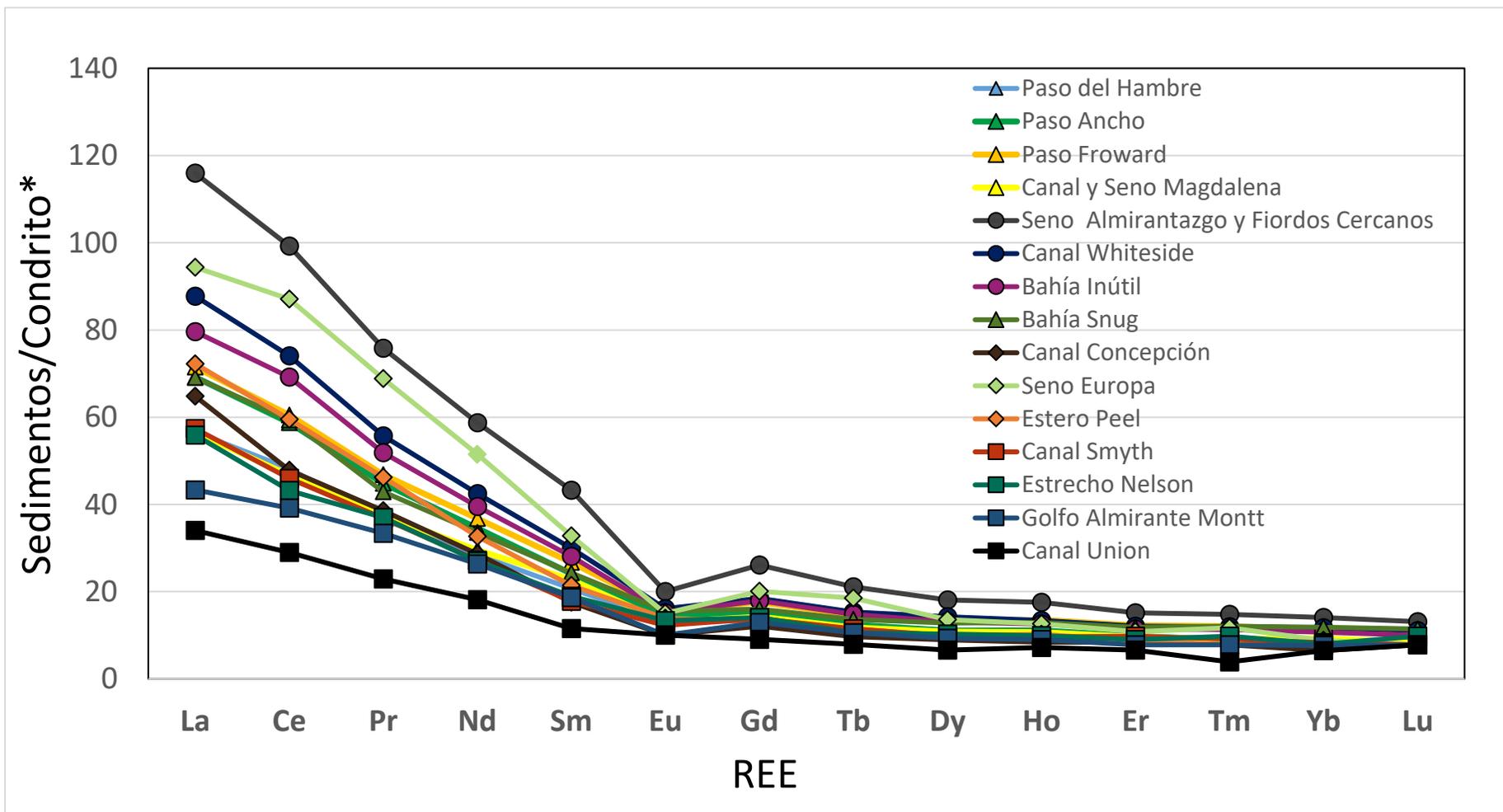


Figura 4.36. Diagrama de fraccionamiento de Tierras Raras (**REE**) normalizadas al condrito, para los diferentes sectores de muestreo evidenciados en la Figura 4.7. * Abundancia de Condrito (Pourmand et al., 2012).

Tabla 4.13. Radios de REE en los sectores.

Sectores Geográficos Generales	(Ce/La) _n	(Gd/Lu) _n	(La/Lu) _n	Eu/Eu*
Paso del Hambre	0.85	1.66	7.03	0.79
Paso Ancho	0.85	1.85	8.30	0.74
Paso Froward	0.85	1.61	6.55	0.73
Canal y Seno Magdalena	0.83	1.72	6.81	0.72
Seno Almirantazgo y Fiordos Aledaños	0.86	1.99	8.84	0.60
Canal Whiteside	0.84	1.67	7.92	0.68
Bahía Inútil	0.87	1.79	7.98	0.68
Bahía Snug	0.86	1.40	6.04	0.79
Canal Concepción	0.74	1.55	8.29	0.69
Seno Europa	0.92	2.57	12.08	0.59
Estero Peel	0.82	1.69	9.25	0.83
Canal Smyth	0.80	1.77	7.34	0.78
Estrecho Nelson	0.77	1.44	5.72	0.82
Golfo Almirante Montt	0.90	1.65	5.55	0.65
Canal Unión	0.85	1.16	4.35	0.98

n: División hecha con elementos normalizados al condrito, (Pourmand *et al.*, 2012). $Eu/Eu^* = Eu_n / (Sm_n * Gd_n)^{0.5}$, (McLennan, 1989).

Por su parte, la anomalía de Eu se estudió con la razón **Eu/Eu*** (Tabla 4.13), calculada como $Eu_n / (Sm_n * Gd_n)^{0.5}$, arrojando valores en un rango de 0.59 a 0.98, con una media de 0.74 ± 0.03 que representan relativamente anomalías moderadamente negativas. Los valores más bajos, que indican anomalías más grandes, se alcanzan en el seno Europa (0.59), en el seno Almirantazgo y los fiordos cercanos a él (0.6) y el golfo Almirante Montt (0.65). Por otro lado, en el estrecho Nelson (0.82) el valor de la anomalía tendría un valor más leve, no así en el canal Unión (0.98) que alcanza un valor cercano a la unidad.

Por otro lado, la composición de elementos trazas podría dar indicios de la fuente sedimentaria, por ende, se ha generado un diagrama ternario **La-Th-Sc** (Figura 4.37) que es usado para discriminar principalmente entre las proveniencias félsicas y básicas generales que podrían tener las fuentes sedimentarias, en donde se sugiere que el aporte general tiene una composición en un rango félsico-intermedio (granodiorítico). Particularmente las muestras extraídas del canal Concepción, algunas del paso Ancho, bahía Inútil y seno Almirantazgo, alcanzan valores en la transición a una fuente Granítica-Granodiorítica. La fuente granodiorítica-tonalítica es en la que se presentan los datos restantes. La composición basáltica se ha planteado de igual manera, pero no se ajusta a toda la acotada gama de composiciones que muestran los sedimentos de estos sectores. Las razones **Eu/Eu*** (Tabla 4.13) y **Th/Sc** (Anexo C.9, Tabla 9.73) también se han planteado en un diagrama binario (Figura 4.38), el cual muestra una dispersión más diversa, sugiriendo composiciones de fuentes, por en general, intermedias granodioríticas-tonalítica, con la excepción de algunos datos del estrecho Nelson y el canal Unión que muestran una fuente más básica, en la Figura 4.38 se pueden evidenciar los promedios (+) de cada sector con evidente cercanía a la fuente granodiorítica-tonalítica.

Diagrama La-Th-Sc

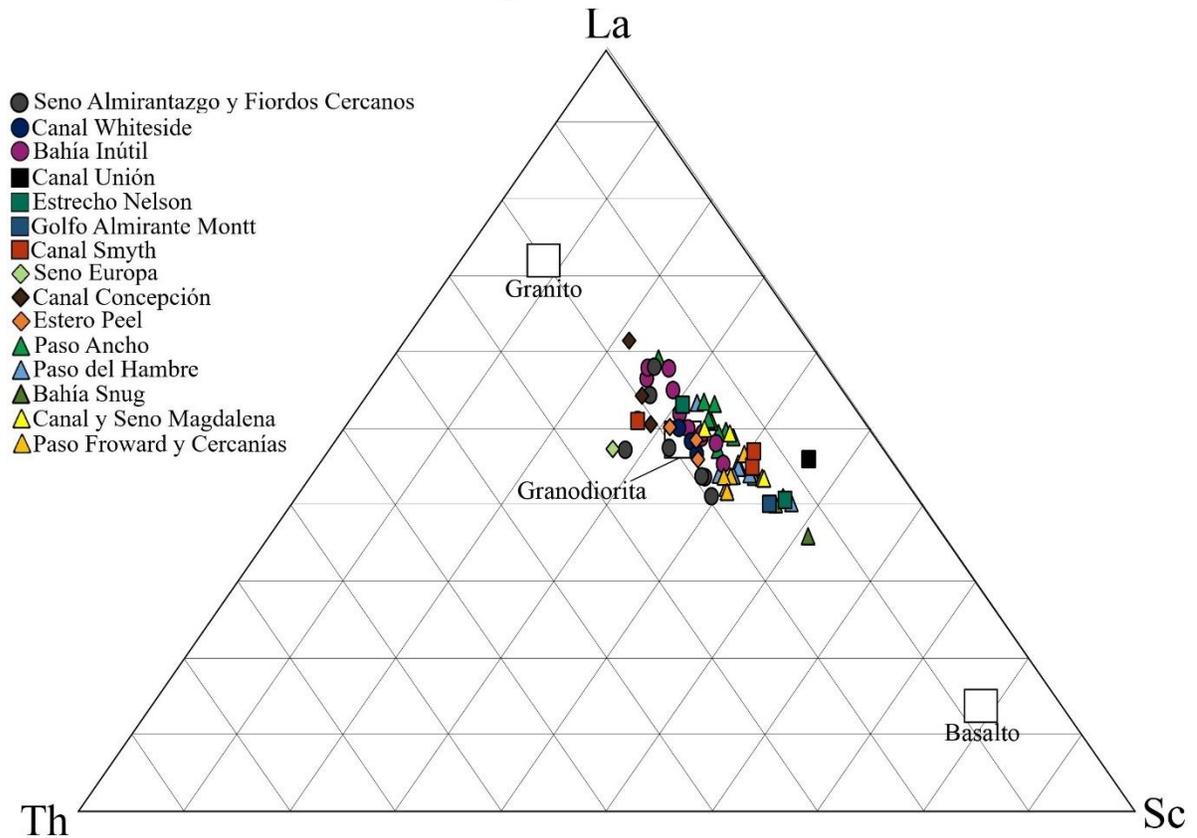


Figura 4.37. Diagrama *La-Th-Sc* de sedimentos marinos mostrando variaciones debido a la composición de la fuente. Los cuadrados blancos representan los valores medios de rocas ígneas generales (*Granito-Granodiorita-Basalto*, usado en Cullers & Podkovyrov (2002)).

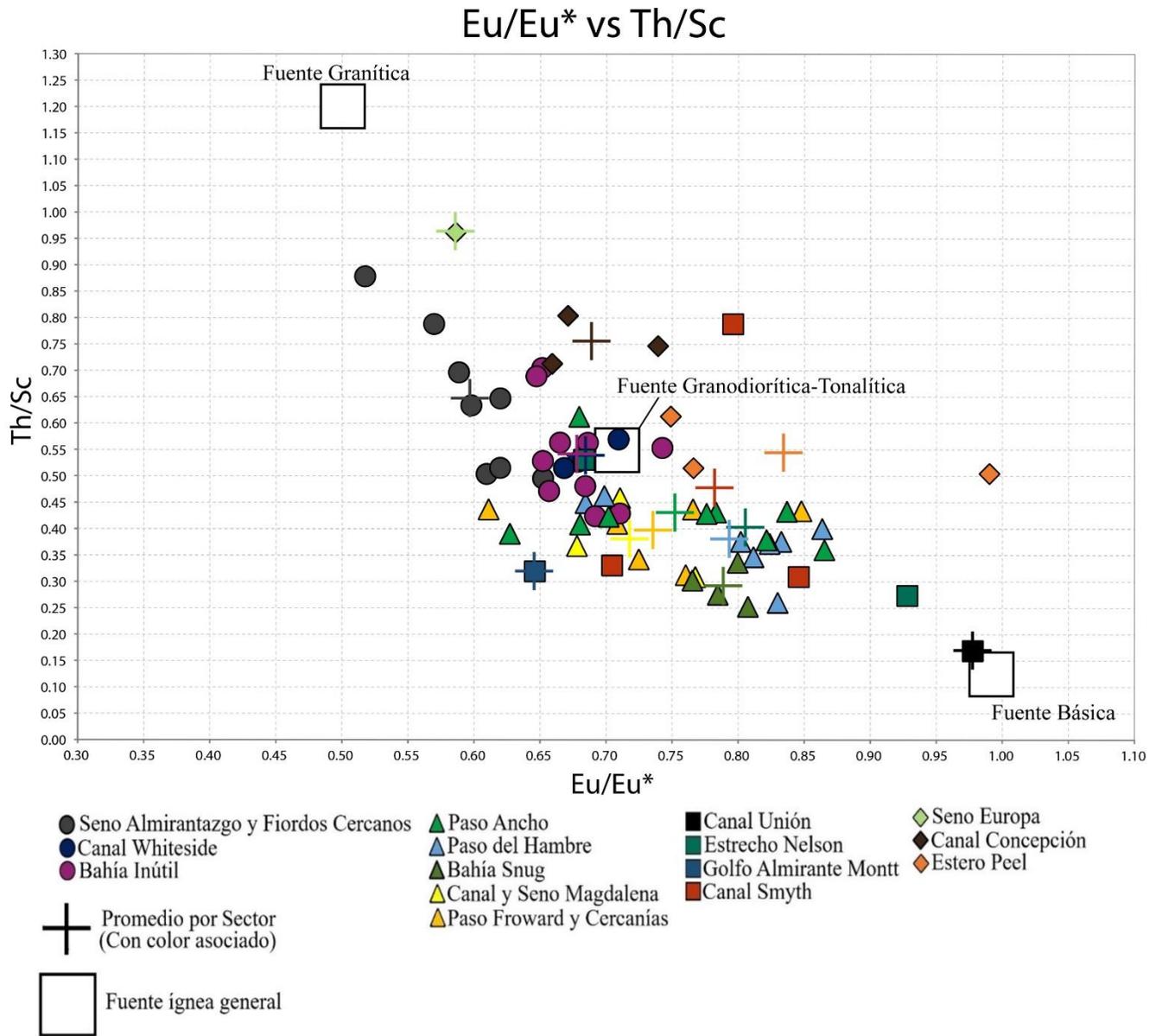


Figura 4.38. Diagrama de radios Eu/Eu^* y Th/Sc de sedimentos marinos, evidenciando fuentes generales (Granito-Granodiorita-Basalto, usado en Cullers & Podkovyrov (2002)).

4.4 Mini-Stage

Para cada muestreo de bahía se seleccionaron 10 cuarzos aleatoriamente, los cuales fueron triturados hasta llegar a fracciones pequeñas, pero óptimas para ser procesados en el *mini-stage*. Se procedió a triturar 3 fragmentos de cada cuarzo seleccionado, arrojando resultado que pueden ser observados de manera detallada en el Anexo D. Cabe mencionar que en la muestra GP-6, la presencia de detritos de cuarzo es reducida por lo que solo se encontraron 7 detritos para muestrear, además GP-7 Y GP-12B representan vetas de cuarzo extraídas de roca *in situ*.

Tomando en cuenta los resultados (Tabla 4.14) en donde los tres fragmentos de cada cuarzo triturado tienen presencia de burbujas, queda en evidencia que las muestras GP-5, GP-13 Y GP-14 arrojaron presencia de burbujas en más del 50 [%] de los cuarzos seleccionados aleatoriamente (Figura 4.39 y 3.40), cabe mencionar que el sentido de mencionar el porcentaje de fragmentos que presentaron burbujas es para tener un mayor grado de certeza a la hora de interpretar un sector de muestreo como propicio para una futura exploración, ya que si la mayoría de los cristales presentan esta característica es un indicativo más conservador de que en las zonas de proveniencia existe este tipo de mineral con dicha particularidad. Por el contrario, cabe mencionar que las muestras NAT arrojaron casi nula presencia de burbujas. Si se consideran los resultados en donde al menos de dos de tres fragmentos presentan burbujas, se sumarían a las anteriores las muestras GP-7, GP-9 y GP-15 como posibles lugares de interés aurífero (Figura 4.41).

Tabla 4.14. Resultados Generales de Mini-Stage.

<i>Nombre de Muestra</i>	Muestreo de:	Al Menos 2 Fragmentos con Burbujas por Detrito, en [%]	Los 3 Fragmentos con Burbujas, en [%]
GP-1	10 detritos de Qz	0 [%]	0 [%]
GP-2	10 detritos de Qz	10 [%]	0 [%]
GP-3	10 detritos de Qz	10 [%]	0 [%]
GP-4	10 detritos de Qz	20 [%]	10 [%]
GP-5	10 detritos de Qz	70 [%]	60 [%]
GP-6	7 detritos de Qz	0 [%]	0 [%]
GP-7	1 Qz de Veta	100 [%]	0 [%]
GP-8	10 detritos de Qz	10 [%]	10 [%]
GP-9	10 detritos de Qz	60 [%]	20 [%]
GP-10	10 detritos de Qz	40 [%]	30 [%]
GP-11	10 detritos de Qz	30 [%]	20 [%]
GP-12	10 detritos de Qz	30 [%]	20 [%]
GP-12B	2 Qz de Veta	0 [%]	0 [%]
GP-13	10 detritos de Qz	70 [%]	70 [%]
GP-14	10 detritos de Qz	80 [%]	80 [%]
GP-15	10 detritos de Qz	50 [%]	30 [%]
NAT-1	10 detritos de Qz	20 [%]	0 [%]

NAT-2	10 detritos de Qz	10 [%]	0 [%]
NAT-3	10 detritos de Qz	0 [%]	0 [%]
NAT-4	10 detritos de Qz	10 [%]	10 [%]

Qz: Cuarzo.

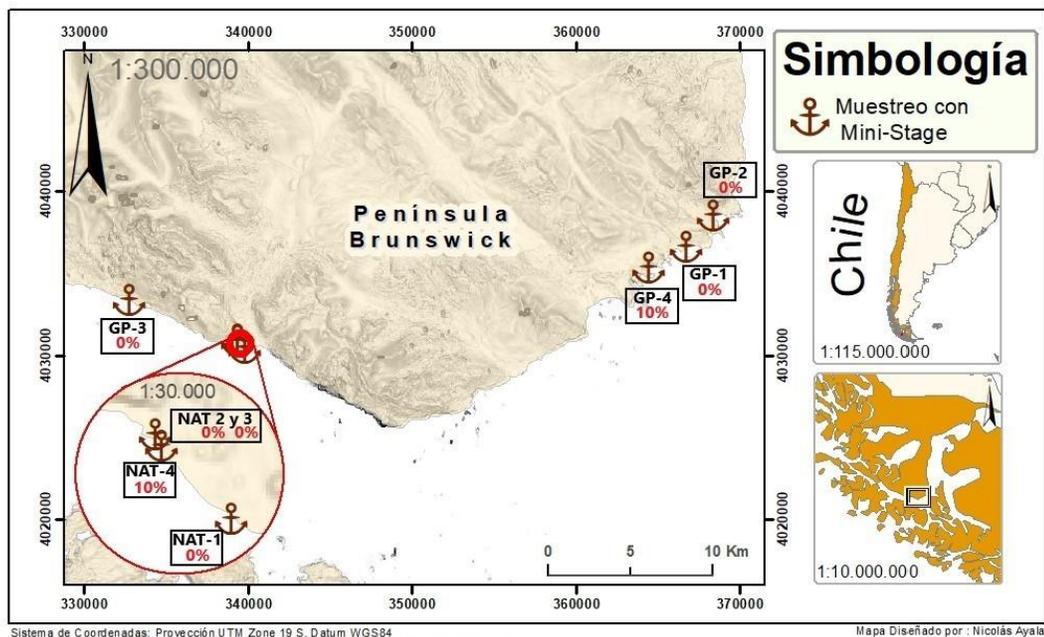


Figura 4.39. Resultados mini-stage para muestras pertenecientes a bahías y desembocaduras de río, en la Península de Brunswick, se observan en rojo el porcentaje de detritos de cuarzo que arrojaron burbujas de cada muestreo, (ArcGis, ESRI).

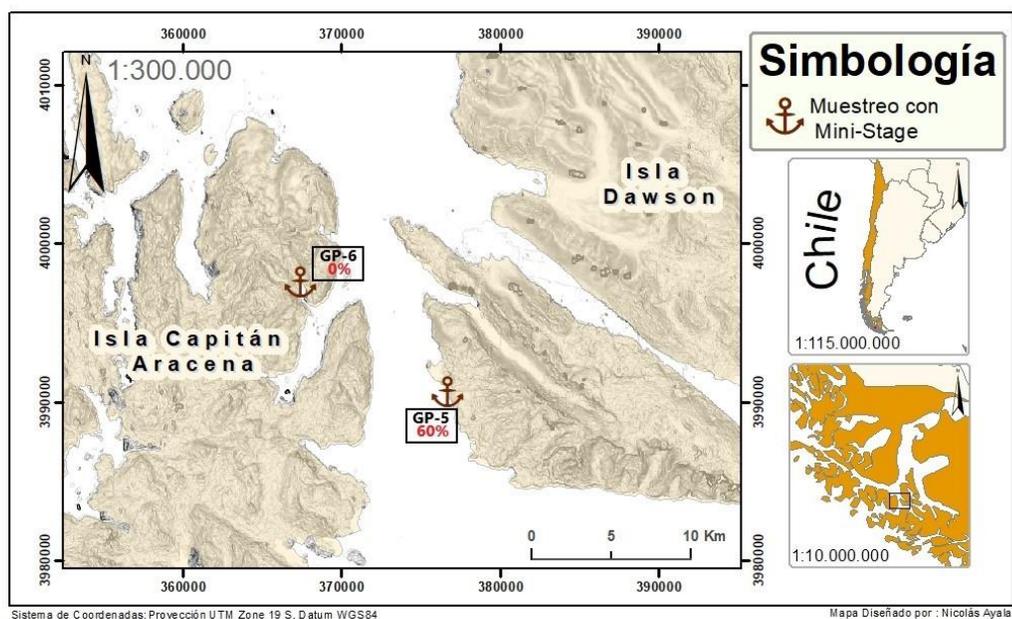


Figura 4.40. Resultados mini-stage para muestras pertenecientes a bahías y desembocaduras de río, entre Islas Dawson y Capitán Arcena, se observan en rojo el porcentaje de detritos de cuarzo que arrojaron burbujas de cada muestreo, (ArcGis, ESRI).

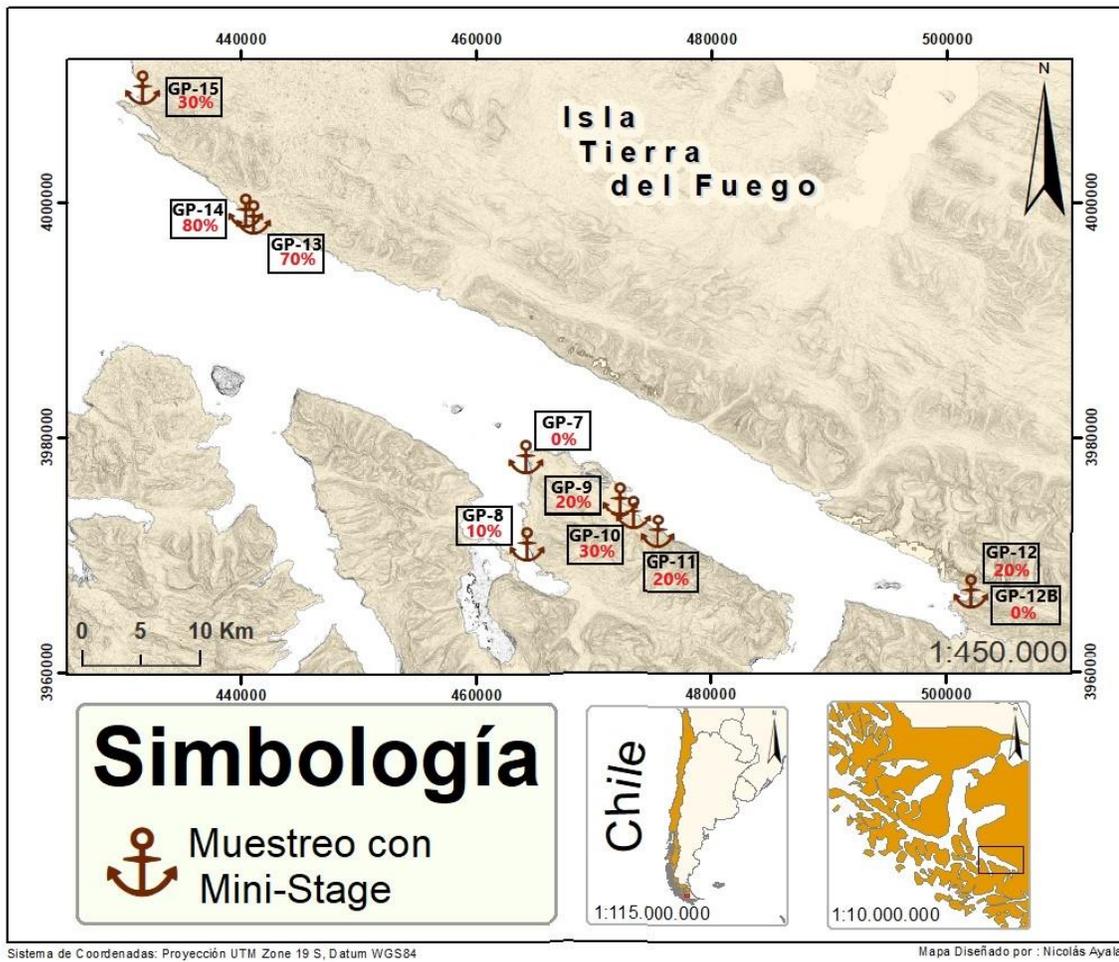


Figura 4.41. Resultados mini-stage para muestras pertenecientes a bahías y desembocaduras de río, entre la Isla Tierra del Fuego y los fiordos de la Cordillera de Darwin, se observan en rojo el porcentaje de detritos de cuarzo que arrojaron burbujas de cada muestreo, (ArcGis, ESRI).

5. DISCUSIONES

En ambientes marinos y lacustres, la nucleación y crecimiento de pirita framboidal de bajas temperaturas, puede estar asociada a la reducción bacteriana de sulfatos como consecuencia de la actividad bioturbadora de organismos que habitan el sedimento, dejando en continuo contacto la superficie de microcristales con solutos necesarios para su formación (Fe^{2+} , HS^- y S_x^{2-}) (Wilkin *et al.*, 1996). Estos framboides se forman en microambientes no estrictamente anóxicos, pero sí sujetos a la circulación de fluidos después del enterramiento (Borrego *et al.*, 2002), por lo que se encuentran preponderantemente en el interior de pequeñas cavidades y asociados a restos fósiles. Wilkin & Barnes (1997) indican que para la formación de este hábito botroidal son necesarios cuatro pasos, el primero corresponde a la nucleación y crecimiento de cristales de monosulfuro de hierro (FeS) producto de la actividad bacteriana. Luego, que el FeS reaccione y se convierta, progresivamente, en mackinawita (Fe_9S_8) y greigita (Fe_3S_4) metaestables. La greigita es la etapa clave para la formación del hábito framboidal, ya que es este mineral, el que desarrolla los framboides (Wilkin *et al.*, 1996), por lo que el paso siguiente es la generación de agregados microcristalinos de greigita, para luego terminar con el reemplazo a pirita (Berner, 1967). Cabe mencionar que en lugares donde se emiten importantes cantidades de metano, típicamente en volcanes de fango, la generación de carbonatos autigénicos está estrechamente relacionada con precipitaciones de pirita, principalmente con morfologías framboidales (Peckmann & Thiel, 2004). La generación de estos volcanes ocurre de manera natural en áreas de compresión tectónica como la zona de subducción, concentrados importantemente en sistemas de prismas acresionarios como resultado de emisiones de gas, agua y arcillas desde zonas profundas. Sin embargo, no han sido muy descritos o identificados en el borde Pacífico de Sudamérica (Contardo & Jensen, 2009). Pérez (2020) sugiere presencia de hidratos de carbono por ocurrencia de sulfuros botroidales a profundidades que superan los 1000 m, presentes en cañones, el talud y la plataforma. Debido a lo anterior, las zonas más probables de encontrar volcanes de fango estarían más restringidas a zonas profundas entre el talud y la plataforma continental, alejadas del margen continental en donde se encuentran las muestras obtenidas en este estudio.

De la misma manera, en el estudio petrográfico, fueron reconocidos fragmentos de pirita euhedral y anhedral insertos en líticos, a veces también como granos irregulares apartados. Principalmente localizados en las muestras recolectadas del seno Almirantazgo y cercanías (NA21, NA22, NA23, NA36). Lo anterior, indica la presencia de minerales sulfurados en las rocas de proveniencia. Pineda *et al.* (2002) detecta afloramientos con mineralización sulfurada la Formación Yaghán al noreste de la isla Navarino, que se puede correlacionar con la Formación la Paciencia y la Formación Río Jackson en las latitudes del seno Almirantazgo (Mpodozis *et al.*, 2011).

Las mediciones de Ag disponibles, en la zona austral chilena, se presentan principalmente en valores bajo el límite de detección para cada metodología ocupada (Pérez, 2020; Pineda *et al.*, 2002). Es más, sólo se ha detectado un valor, el cual se registra próximo a la Península de Taitao en el canal Moraleda, alcanzando una concentración de 0.6 [ppm], valor que supera a los

detectados en este estudio. Aunque, la Ag no ha logrado un valor anómalo general con respecto al contenido cortical, en este estudio presenta valores particulares que destacan. Los cuales están principalmente distribuidos en los fiordos aledaños al seno almirantazgo y en gran parte de las muestras de la provincia de Última Esperanza. Por su parte el Pd, solo ha sido controlado en la provincia más austral de esta región con valores que no superan los límites de detección (1 [ppb]) (Pineda *et al.*, 2002). En este estudio, presenta una anomalía positiva general con respecto a la concentración de la corteza continental, alcanzando un valor máximo en el estero Peel (8 [ppb]).

Los metales preciosos Pt y Au, no han participado en el análisis univariado de este estudio, debido a la gran cantidad de muestras obtenidas con concentraciones bajo el límite de detección. A pesar de lo anterior, presentan sectores particulares con anomalías por sobre la concentración cortical. El Pt presenta estos valores ubicados en el canal Concepción y en el canal Smyth logrando un máximo de 5 [ppb], valor que alcanza la mitad de las concentraciones encontradas en sedimentos marinos superficiales de Bahía Nassau (Provincia Antártica Chilena) (Pineda *et al.*, 2002) y similar al encontrado en el cañon Cucao (Pérez, 2020). Otros registros de Pt han sido encontrados en sedimentos fluviales del cordón Baquedano (Tierra del fuego) (Muñoz Cristi, 1945), a pesar de lo anterior, los valores registrados en bahía Inútil y en el Paso Ancho no superan el límite de detección de 3 [ppb].

Investigaciones previas en sedimentos de lecho marino, han arrojado concentraciones de Au similares a las de este estudio entre Chiloé y la península de Taitao (3-7 [ppb]; Pérez, 2020) y con resultados bajo el límite de detección entre en canal Beagle y bahía Nassau (<5 [ppb]; Pineda *et al.*, 2002). Particularmente para esta zona, los registros auríferos descritos por Portigliati (1999), corresponden a placeres glaciofluviales localizados en secuencias volcánico-sedimentarias de edad Paleoceno-Plioceno y depósitos glaciogénicos cuaternarios de Tierra del Fuego y la península de Brunswick (Figura 2.1 y 2.7) (Sernageomin, 2003). Por otro lado, Townley *et al.* (2000) basados en estudios geoquímicos de rocas alteradas y mineralizadas de la región de Aysén, proponen que la mineralización está constreñida en el período Jurásico Superior – Cretácico, ligada a la evolución del arco volcánico y hospedándose de las formaciones Ibáñez y Divisadero, formaciones que pueden correlacionarse temporalmente con las formaciones Tobífera, Zapata, Río Jackson y Paciencia (Mpodozis *et al.*, 2011). Además, los autores registran anomalías de Au para el basamento metamórfico (154 ppb) (CMAO) y rocas de las formaciones Ibáñez (47 [ppb]) y Divisadero (108 [ppb]). A pesar de lo anterior, la mayoría de las concentraciones medidas en el estrecho de Magallanes no alcanzan los valores mínimos de detección. En particular, bahía Inútil no presenta concentraciones elevadas de Au, a pesar de representar el destino probable de los sedimentos transportados por agentes fluviales desde el distrito aurífero más grande de la región (Figura 2.7). Sin contar el valor anómalo extremo encontrado en bahía Snug (216 [ppb]), las concentraciones anómalas que alcanzan valores levemente superiores a las encontradas en el batolito patagónico (5,8 [ppb]), se localizan en sedimentos de la provincia de Última Esperanza y en algunos sectores puntuales del estrecho de Magallanes (ceranos a bahía Snug y la ciudad de Porvenir), como se muestra en la superficie de concentraciones auríferas (Figura 5.1). Estos posibles placeres submarinos podrán corresponder

a material transportado por ríos y glaciares, quedando expuestos a la acción transportadora y erosiva del mar (Portigliati, 1999).

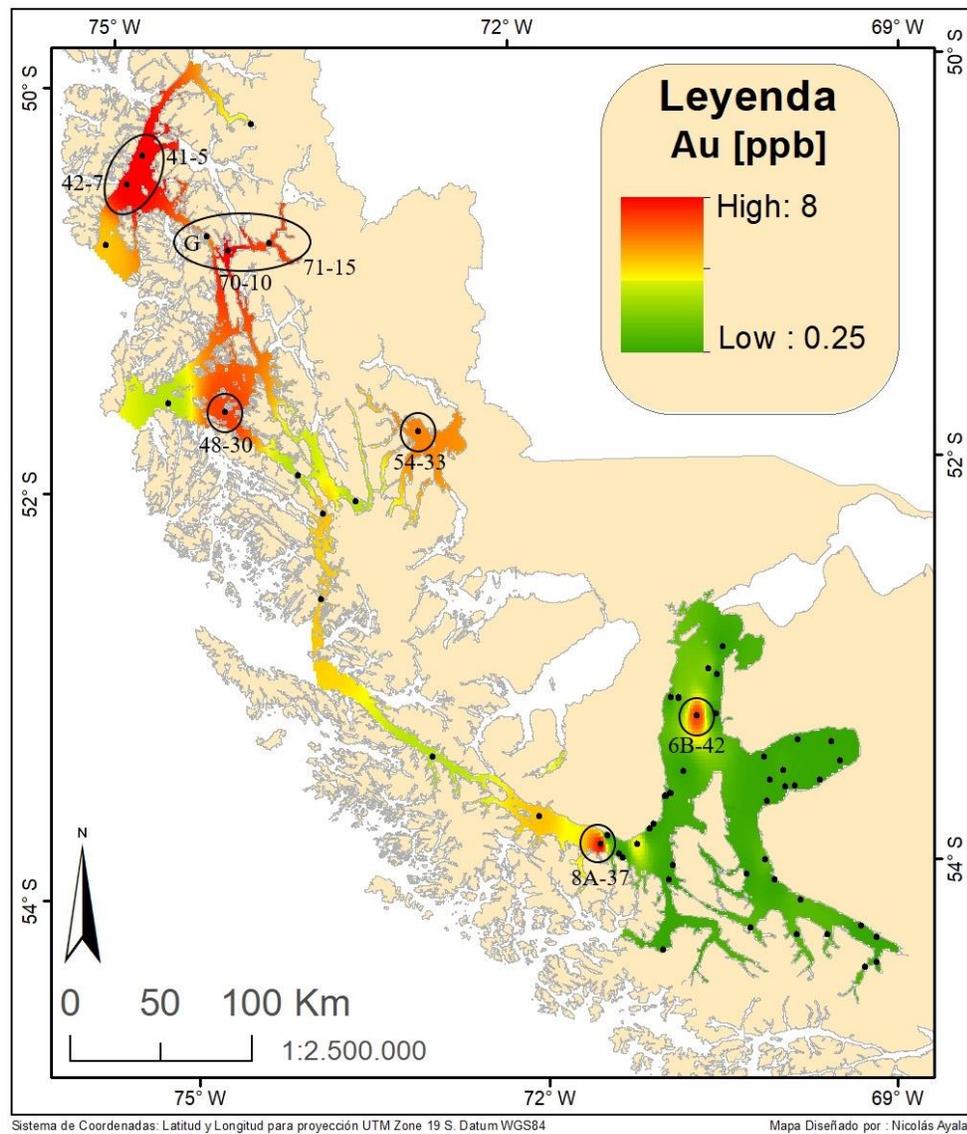


Figura 5.1. Mapa IDW de concentraciones de Au [ppb] para entender sectores con concentraciones elevadas y tendencias. Los puntos negros indican los sectores muestreados, (ArcGis, ESRI).

El valor anómalo encontrado en bahía Snug (216 [ppb]), podría corresponder a un placer de playa marina, formado por la acción conjunta de procesos marinos, fluviales y glaciares, debido a la fuerte denudación y meteorización que han sufrido las rocas magallánicas durante el Cuaternario. En la Figura 5.2 se observan los sectores muestreados en la bahía Snug, también se identifican secciones de interés explorativo, principalmente zonas de acumulación sedimentaria. Estas corresponden a barras meándricas que va depositando el río del Oro en su dinámica fluvial

y a la continuación de los depósitos costeros en donde se encontró el valor anómalo, este último con el fin de delimitar la posible zona de interés aurífero.

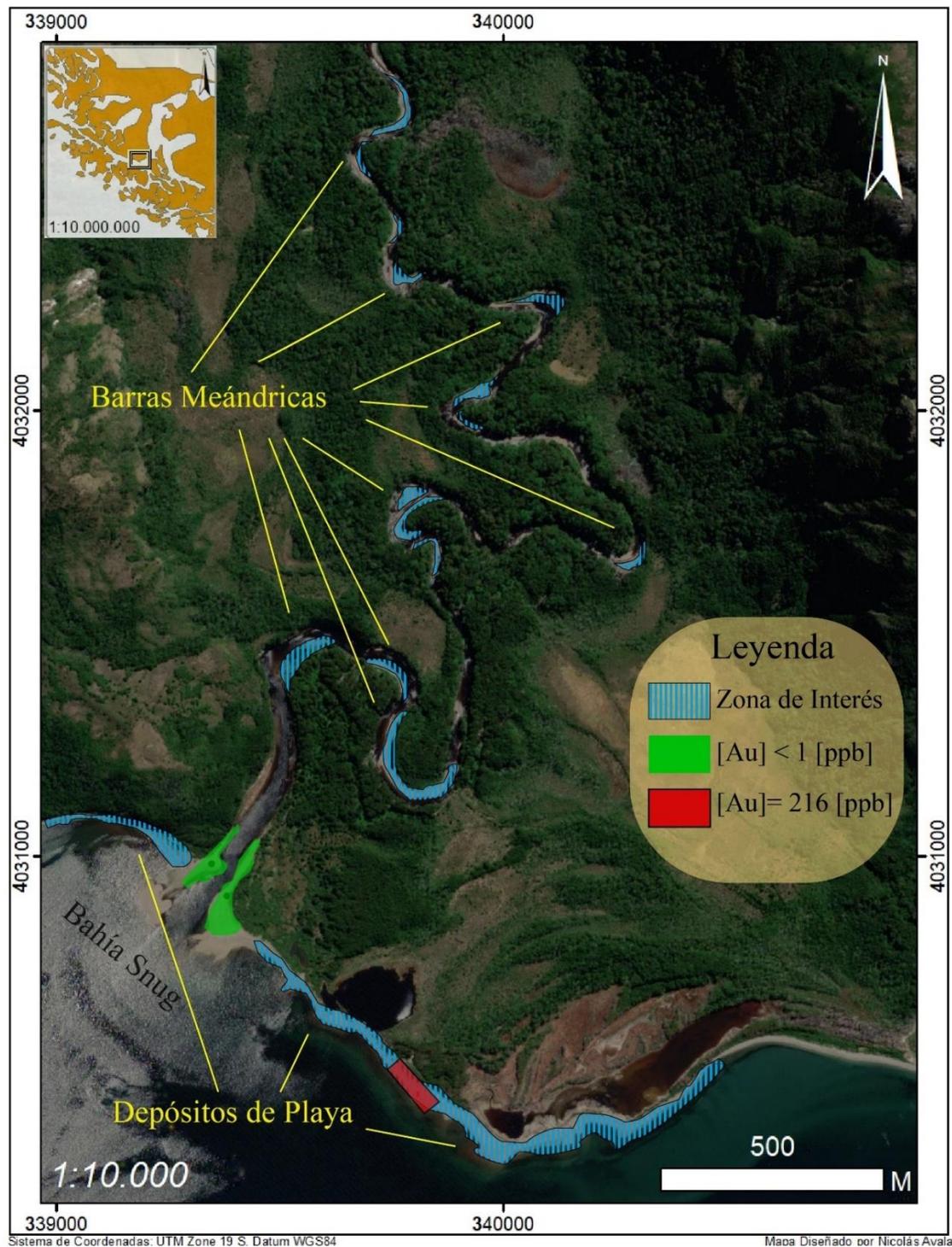


Figura 5.2. Bahía Snug con localización de sectores muestreados y resultados auríferos. En líneas celestes se identifican sectores de probable interés económico, por ser sectores deposicionales. (ArcGis, ESRI).

Con respecto al análisis bivariado (o matriz de correlación de Pearson, r), es notorio mencionar, que los resultados ayudan a entender la distribución estadística de los elementos, además de sugerir asociaciones mineralógicas cuando las correlaciones se muestran altas. Sin embargo, esta herramienta estadística por sí sola no es indicativa de dichas asociaciones, ya que se deben tener en cuenta las características geológicas del medio, tomando a r como un indicador de afinidad. En este estudio, el análisis bivariado de Au y Ag (sobre los demás elementos) evidencia una buena correlación Au-Ag-Cu, elementos que usualmente son parte de la solución sólida del oro nativo (Antweiler & Campbell, 1977), lo que sugiere la presencia de este mineral o al menos mayor probabilidad de ocurrencia en las zonas donde aparezcan concentraciones elevadas de estos tres elementos, que son el canal Concepción (42-7) y el golfo Almirante Montt (64-19). McClenaghan & Paulen (2018) sugieren que, para diferentes tipos de depósitos encontrados en contextos glaciares, existen elementos localizadores/indicativos de minerales que están presentes en ellos. Para los depósitos con mineralización de Ag y Au que podrían localizarse cercanos a los lugares de muestreo, los elementos indicadores son Ag, As, Au, B, Ba, Bi, Cu, Co, Fe, Hg, Mn, Sb, Se, Te, U, W (McClenaghan & Paulen, 2018; Sarala *et al.*, 2009) asociados a minerales tales como oro, scheelita, turmalina, rutilo, sulfuros, telururo, minerales del grupo del platino (PGM), barita y cinabrio. Si bien, en este estudio, se exhibe una afinidad buena entre Au, Ag y Cu, los otros elementos como el Bi, Se, Mn, Sb, Te, Co obtienen correlaciones malas con el oro, inclusive casi nulas como Ba, W, Fe, As. Por otro lado, Townley *et al.* (2000) han estudiado las correlaciones químicas que presentan rocas del basamento metamórfico (CMAO a esas latitudes), el batolito Patagónico y las formaciones presentes en la región de Aysén (Tabla 5.1). Si comparamos con los resultados de este estudio, podemos ver relaciones similares a las encontradas en la Formación Divisadero y la Formación Ibáñez, dando indicios de afinidades parecidas.

Tabla 5.1. Correlación de Pearson entre Au-Ag-Cu para diferentes unidades encontradas en la Región de Aysén (Townley *et al.*, 2000).

Unidad Geológica	Au-Ag	Au-Cu	Ag-Cu
CMAO	0.388	0.449	0.524
Andesita, Fm. Ibáñez	0.581	0.463	0.548
Rocas Félsicas, Fm. Ibáñez	0.606	0.475	0.577
Grupo Coyhaique	0.297	0.294	0.154
Fm. Divisadero	0.844	0.627	0.720
Basaltos de Plateau	0.131	"-0.094"	"-0.183"
BP	0.259	0.321	0.551
Este Estudio	0.725	0.646	0.696

CMAO: Basamento Metamórfico o Complejo Metamórfico Andino Oriental; BP: Batolito Patagónico; Fm.: Formación.

En la naturaleza, las tierras raras no existen como metales nativos tal como el Au, el Cu o el Ag, por el contrario, forman parte de numerosos minerales esenciales y accesorios, ya sea como constituyentes menores o mayores. A pesar de lo anterior, no encajan en la mayoría de las estructuras minerales y se presentan en pocos entornos geológicos (Balaram, 2019). Debido a lo anterior, los depósitos de tierras raras en el mundo están asociados principalmente a carbonatitas, a sistemas ígneos alcalinos, a depósitos de arcilla con adsorción de iones y a depósitos de placeres ricos en fosfatos de monacita y xenotima, los que por en general son muy escasos y no poseen un registro en el territorio nacional (Balaram, 2019). Estudios más recientes han indicado que también existen fuentes de **REE** disponibles bajo el mar, ubicados en la plataforma continental (placeres y depósitos fosforíticos marinos) y en los fondos oceánicos profundos (nódulos polimetálicos, costras ferromanganasas y fangos marinos profundos) (Figura 5.3). La distribución de **REE** en sedimentos marinos, especialmente en el margen continental, proviene de la mezcla de dos fuentes principales, (i) de la fracción detrítica como resultado final de la meteorización y erosión continental y (ii) componentes biogénicos/autigénicos que obtienen los **REE** de la columna de agua (McLennan, 1989).

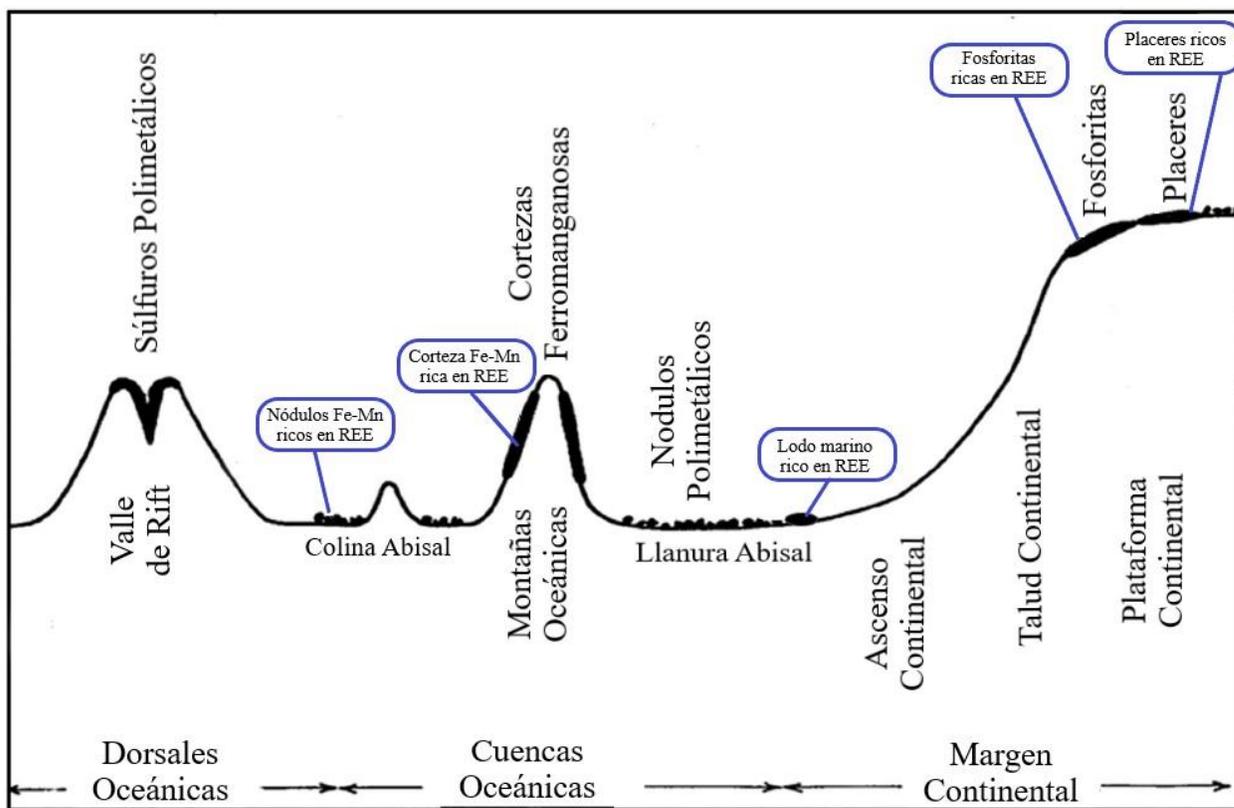


Figura 5.3. Ocurrencia de los depósitos marinos ricos en **REE** (editado de Balaram, 2019).

En lo que concierne a las tierras raras en Chile, el Sernageomin ha promovido un plan nacional de cartografía geoquímica en el que se han detectado concentraciones significativas del grupo de las tierras raras en sedimentos (Cochilco, 2016). Particularmente en la hoja geoquímica

de Arica (Baeza *et al.*, 2014), en la cuenca del río Lauca, se destacan valores promedios de tierras raras livianas consideradas como altas, los que corresponden a La (74.8 [ppm]), Ce (132.1 [ppm]), Pr (13.66 [ppm]) y Nd (44.8 [ppm]). De la misma manera en la hoja de Pisagua (Astudillo *et al.*, 2014) y en la de Iquique (Lacassie *et al.*, 2012) se reconocen como atractivas las concentraciones de tierras raras pesadas como el Sm (14 [ppm] y 10 [ppm]), el Gd (11 [ppm] y 11 [ppm]) y el Er (8 [ppm] y 5 [ppm]), respectivamente. Comparando estos datos bibliográficos con los obtenidos en el presente estudio, se observa que los sedimentos de lecho marino de esta zona no proporcionan valores atractivos, ya que están muy por debajo de los valores detectados por Sernageomin. El único sector con concentraciones de ΣREE superiores al contenido cortical que se reconocen en la zona de estudio, es en el seno Almirantazgo y los fiordos cercanos a él. A pesar de lo anterior, posee valores que alcanzan, aproximadamente, la mitad de las concentraciones obtenidas en Arica, Pisagua y Iquique.

Murray *et al.* (1991) sugiere, en base a estudios anteriores, que las anomalías negativas de Ce usualmente indican ambientes depositacionales marinos, siendo los sectores extremadamente empobrecidos los encontrados en cercanías a actividades metalíferas. Lo anterior se debe a la típica anomalía de Ce presente en los sedimentos pelágicos encontrados en el océano (Murray *et al.*, 1991). Relaciones más cercanas a la unidad tienden a estar restringidas a ríos, estuarios y costas marinas con un aporte más terrígeno más que, aunque no siempre esta relación es verdadera. En este estudio, la relación $(\text{Ce/La})_n$ ha arrojado un valor promedio de 0.84 (cercano a la unidad), indicando una leve anomalía negativa de Ce, lo que sugiere una mezcla con importantes aportes terrígenos con respecto a los marinos. Los valores más bajos arrojados, indican moderadas anomalías negativas de Ce, ubicadas en el estrecho Nelson y el canal Concepción, sectores que geográficamente se encuentran más expuestos a la dinámica marina. Los valores más altos se encuentran en sectores como seno Europa o bahía Inútil, reforzando la idea de que los sedimentos superficiales encontrados tienen un importante aporte terrígeno.

Las tierras raras han sido el foco de varios estudios de sedimentos terrígenos que han tenido como objetivo determinar la proveniencia de estos (Ronov *et al.*, 1972, 1974; Cullers *et al.*, 1975, 1979, 1988; McLennan *et al.*, 1983; Asiedu *et al.*, 2000; Fildani & Hessler, 2005; López *et al.*, 2005). Sus abundancias, como también las de Th y Sc, proporcionan un buen indicador de procedencia, ya que son elementos poco solubles y por tanto han de ser transportados casi exclusivamente en los detritos, por lo que tienden a transferirse casi por completo desde las rocas fuentes a los sistemas sedimentarios (McLennan, 1989). Estudios de proveniencia sedimentaria como el de Asiedu *et al.* (2000), argumentan fuentes de composición félsica, basados en gráficas de **REE** normalizadas que exhiben enriquecimientos de **LREE**, anomalías negativas de Eu y tendencias aplanadas de **HREE**. Las relaciones encontradas en este estudio de **REE** normalizadas (Tabla 4.12) y los patrones observados en el diagrama de fraccionamiento de **REE** (Figura 4.36), son similares a los argumentados por Asiedu *et al.* (2000). Lo anterior indicaría aportes continentales félsicos para la mayoría de los sectores geográficos analizados, con excepciones, tales como el canal Unión, el golfo Almirante Montt y el estrecho Nelson que presentan enriquecimientos de **LREE** menores, además de anomalías

negativas de Eu menores. Debido a lo anterior y tomando en cuenta las distribuciones composicionales generales de cada sector geográfico, evidenciado en el capítulo anterior, se discuten las posibles fuentes sedimentarias considerando las unidades litológicas cercanas y los elementos trazas asociados que se encuentran en la literatura (Anexo, C.10, Tablas 9.76 y 9.77) (Crane, 2004; Faundez *et al.*, 2002; Fildani & Hessler, 2005; Hervé *et al.*, 2007; Prades, 2008; Saunders *et al.*, 1979; Stern, 1979; Vera, 2017). En las figuras siguientes se da cuenta de los contenidos promedio de **REE** de las unidades metamórficas, intrusivas y sedimentarias presentes en la zona de estudio, en la cual se evidencia un mayor fraccionamiento de las unidades más félsicas tales como el complejo Duque de York (**CDY**), la Formación Tobífera, el complejo metamórfico Andino Oriental (**CMAO**), el complejo ofiolítico Sarmiento (**CS**) félsico, el batolito Surpatagónico (**BSP**) granodiorita-tonalita-granito y las lutitas de la cuenca de Magallanes. Por el contrario, las unidades más máficas son representadas por el complejo ofiolítico Capitán Aracena (**CCA**), la Formación Zapata, el **CS** máfico y las dioritas y gabros del **BSP**.

Para la muestra obtenida en el seno Europa, se sugiere que los aportes sedimentarios provienen, por cercanía, a las litologías del **BSP** con composiciones tonalíticas, granodioríticas y graníticas (Hervé *et al.*, 2007) o del **CMAO** (Figura 2.3 y 2.4). El diagrama de **REE** normalizado al condrito (Figura 5.4) indica un fraccionamiento levemente alto que insinúa aportes félsicos, además se ubica entre los valores del **BSP** tonalítico-granodiorítico y el **CMAO**, aunque con tendencias más similares a este último, lo que es coherente con la litología del sector. El diagrama ternario **La-Th-Sc** (Figura 5.5) muestra cercanías a una fuente más intermedia con una composición que se encuentra más contigua a la granodiorítica presenciada en el **BSP**, de la misma manera, el diagrama binario de radios **Eu/Eu*** vs. **Th/Sc** (Figura 5.6) indica una fuente félsica granodiorítica del **BSP**, con valores similares a los del **CMAO**.

Las muestras conseguidas en el canal Concepción, podrían proceder de las unidades litológicas colindantes que corresponden al **BSP** con composiciones granodioríticas y graníticas (Hervé *et al.*, 2007), al **CMAO** y a las rocas del terreno Madre de Dios (**TMD**) que agrupa a las calizas Tartlon (**CT**), al complejo Duque de York (**CDY**) y el complejo Denaro (**CD**) (Figura 2.3 y 2.4). El diagrama de **REE** normalizados al condrito (Figura 5.4) sugiere aportes félsicos-intermedios del **BSP** (granítico - diorítico). Por otro lado, el diagrama ternario (Figura 5.5) muestra valores más bien félsicos del **BSP** (granítico- granodiorítico), al **CMAO** y al **CDY**. El diagrama binario (Figura 5.6), a su vez, sugiere también una fuente del **CMAO** y del **CDY**, con aporte félsico-intermedio del **BSP** (granodiorítico - diorítico). Cabe mencionar que las **CT** podrían influir en las muestras, ya que los contenidos de Ca son altos en este sector con respecto al promedio de la zona (Figura 4.10), sin embargo, el **CD** es una fuente más máfica que podría amortiguar las tendencias félsicas como se observa en el diagrama normalizado al condrito (Figura 5.4).

Por su parte, las muestras del estero Peel están próximas a litologías tales como tonalitas, granodioritas y granitos del **BSP** (Hervé *et al.*, 2007), a las rocas del **CMAO**, a la Formación Tobífera y a la Formación Zapata (Figura 2.3 y 2.4). El diagrama de **REE** normalizado al

condrito (Figura 5.4) indica tendencias del **BSP** oscilando entre composiciones tonalíticas y graníticas, también sugiriendo aportes que provienen más probablemente de la Formación Zapata que de la Formación Tobífera. El diagrama ternario (Figura 5.5) también apunta a similitudes afines con la Formación Zapata y a las tonalitas del **BSP**. Conjuntamente, el diagrama binario (Figura 5.6) es más indicativo de una composición tonalítica-diorítica del **BSP**.

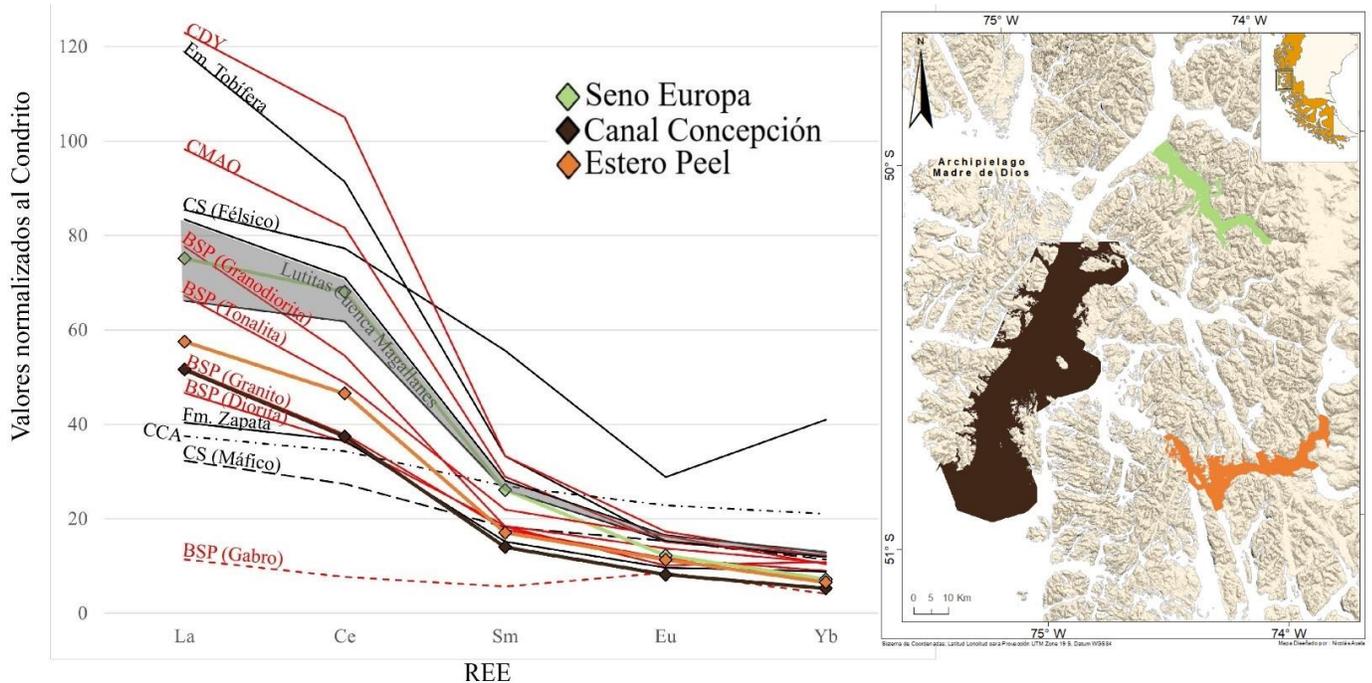


Figura 5.4. Diagrama de fraccionamiento **REE** de las unidades geológicas y de las muestras obtenidas en el sector norte de la zona de estudio.

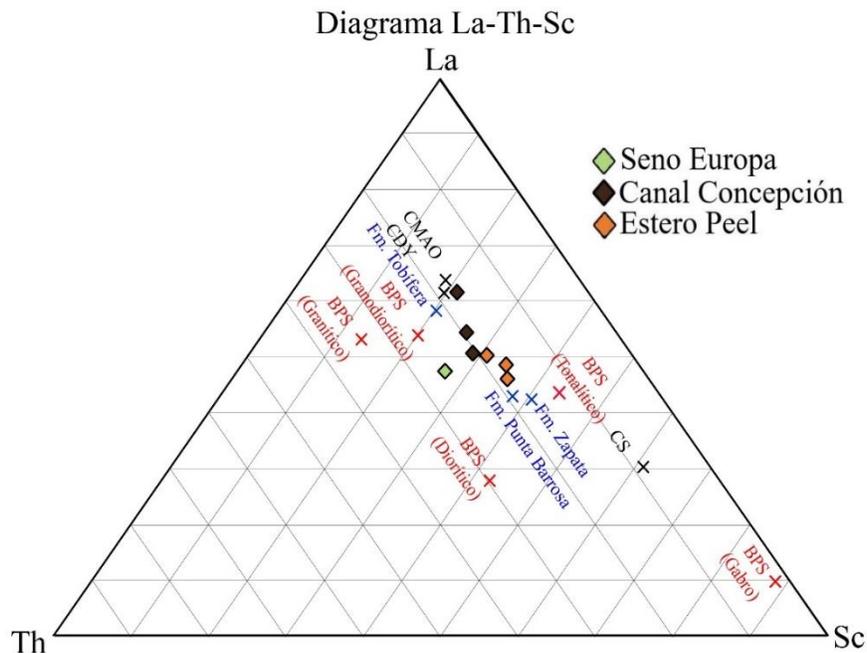


Figura 5.5. Diagrama ternario **La-Th-Sc** de sedimentos marinos colectados en el sector norte de la zona de estudio, con diferentes unidades geológicas asociadas al sector.

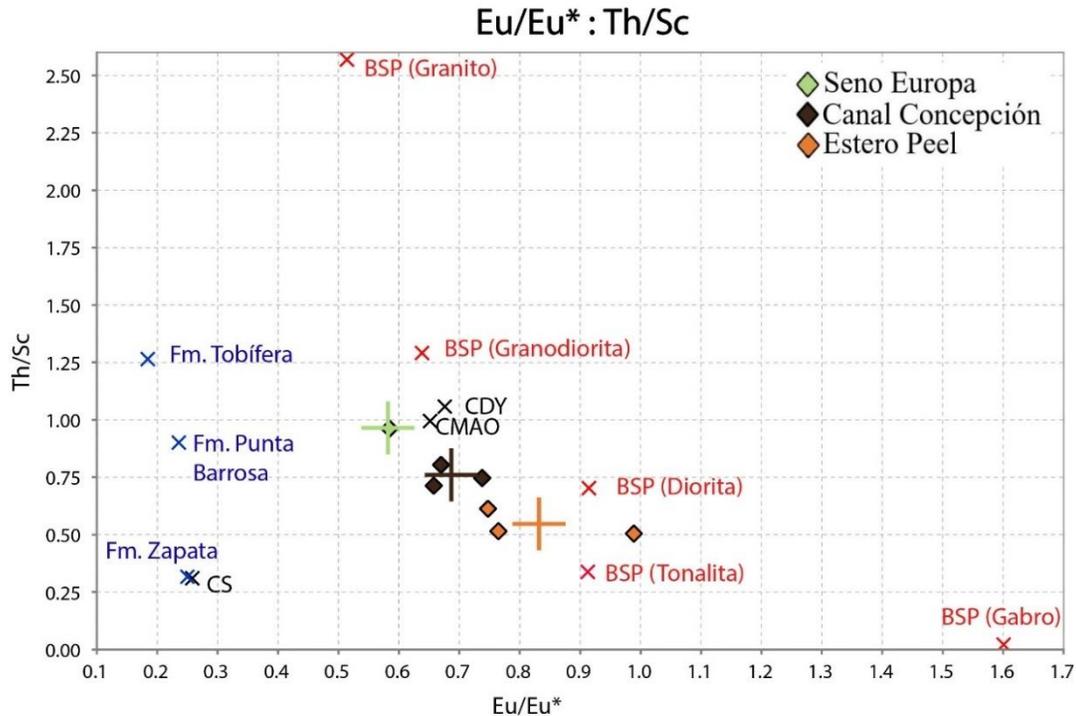


Figura 5.6. Diagrama de radios Eu/Eu^* y Th/Sc de sedimentos marinos del sector norte de la zona de estudio, evidenciando unidades litológicas de la zona. La cruz de color indica el promedio de cada zona geográfica.

Los ejemplares del estrecho Nelson podrían proceder de las unidades litológicas contiguas, que corresponden gabros, dioritas, tonalitas, granodioritas y granitos del **BSP** (Hervé *et al.*, 2007), también a las rocas del **CMAO**, del **CS**, del **CDY**, del complejo Diego de Almagro (**CMDA**), de las formaciones Tobífera y Zapata (Figura 2.3 y 2.4). El diagrama **REE** normalizado al condrito (Figura 71) tiene un patrón de tendencia semejante al mostrado por las dioritas del **BSP**, por lo que apunta a una fuente más intermedia-máfica. El diagrama ternario (Figura 72) muestra afinidad con las tonalitas del **BSP** y las formaciones cretácicas magallánicas. El diagrama binario (Figura 73) de radios apunta a una fuente más bien intermedia-máfica entre las litologías tonalíticas y dioríticas del **BSP**.

Las litologías de las rocas aledañas a las muestras recolectadas, en el canal Smyth, son principalmente las pertenecientes al **BSP** que presenta gabros, dioritas, tonalitas, granodioritas y granitos (Hervé *et al.*, 2007), también al **CMAO**, **CS** y a las formaciones Tobífera y Zapata (Figura 9 y 10). El diagrama de **REE** normalizadas (Figura 5.7) presenta un comportamiento similar al anterior, con una tendencia parecida a la mostrada por las dioritas del **BSP** indicando una fuente más intermedia-máfica. El diagrama ternario (Figura 5.8) sugiere una fuente intermedia entre tonalítica y granodiorítica del **BSP** también mostrando afinidad a las muestras de las formaciones Zapata y Punta Barrosa (lutitas cretácicas de la cuenca de Magallanes).

Igualmente, el diagrama binario (Figura 5.9) revela una fuente intermedia-máfica de composición tonalítica-diorítica.

La muestra obtenida del canal Unión, podría provenir de las unidades litológicas cercanas. Las cuales corresponden a litologías graníticas del **BSP** (Hervé *et al.*, 2007), al **CS** y a las formaciones Tobífera y Zapata (Figura 2.3 y 2.4). El diagrama de fraccionamiento de **REE** normalizadas al condrito (Figura 5.7), sugiere que la fuente es particularmente máfica con tendencias afines a las presentadas por el **CS** máfico. Asimismo, el diagrama ternario (Figura 5.8) revela una proveniencia de rocas de composición tonalítica del **BSP**, del **CS** máfico y de la Formación Zapata. A su vez, el diagrama binario (Figura 5.9) de radios sugiere una composición más máfica del **BSP**.

En el golfo Almirante Montt las principales litologías que podrían ser la fuente sedimentaria de la muestra recolectada, son la Formación Zapata y las rocas pertenecientes a las formaciones de la cuenca de Magallanes (acá denominadas como lutitas de la cuenca de magallanes) (Figura 2.3 y 2.4). El diagrama de fraccionamiento normalizado (Figura 5.7) indica tendencias similares a la Formación Zapata, más afinidad a una composición máfica. De la misma manera, el diagrama ternario (Figura 5.8) muestra una fuente que se aproxima a la Formación Zapata. En el diagrama binario (Figura 5.9) se observa que el radio **Th/Sc** es similar al encontrado en la formación mencionada anteriormente, aunque no así la proporción de Europio, por lo que esta relación no entregaría claramente una sugerencia de fuente.

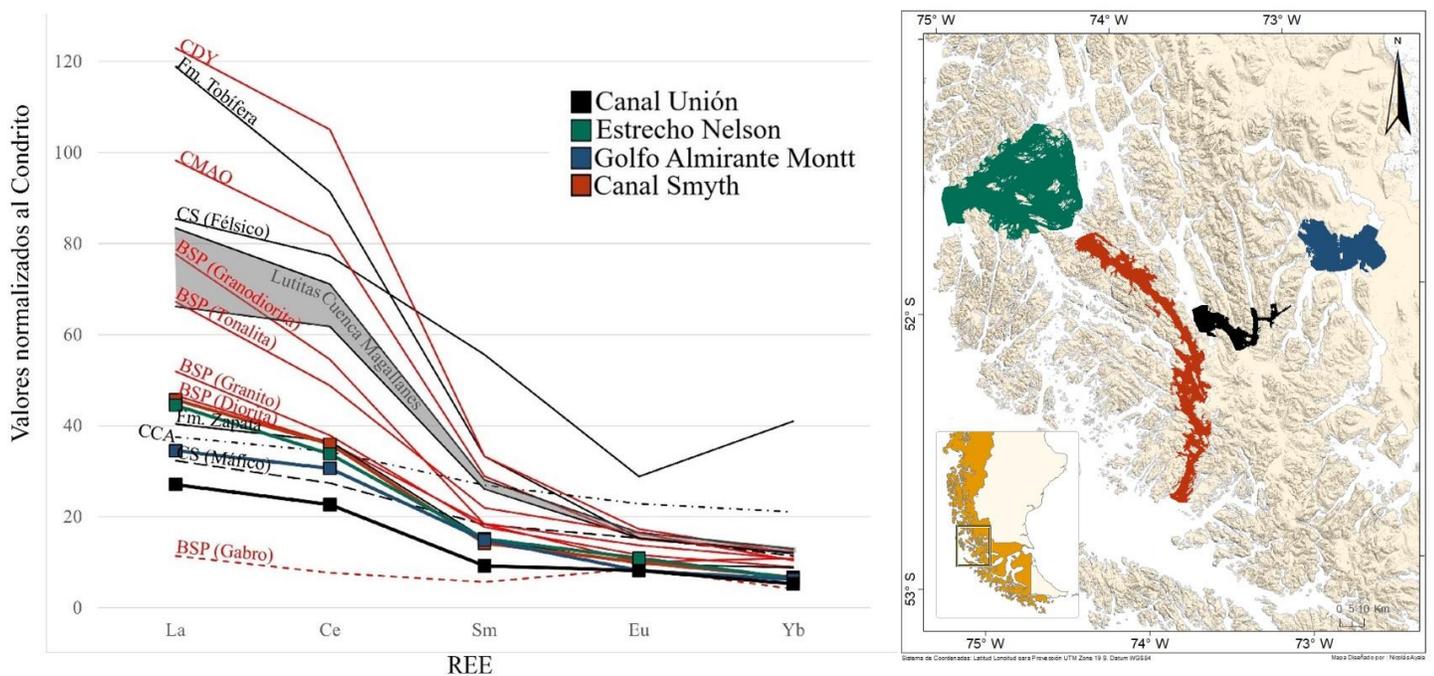


Figura 5.7. Diagrama de fraccionamiento **REE** de las unidades geológicas y de las muestras obtenidas en el sector centro-norte de la zona de estudio.

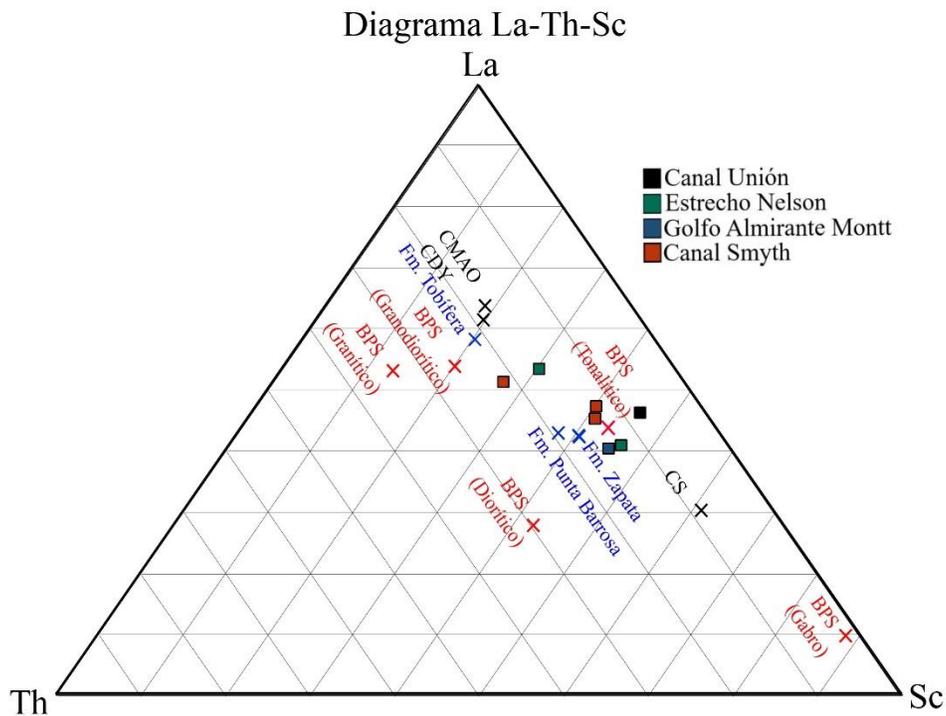


Figura 5.8. Diagrama ternario **La-Th-Sc** de sedimentos marinos recolectados en el sector centro-norte de la zona de estudio, con diferentes unidades geológicas asociadas al sector.

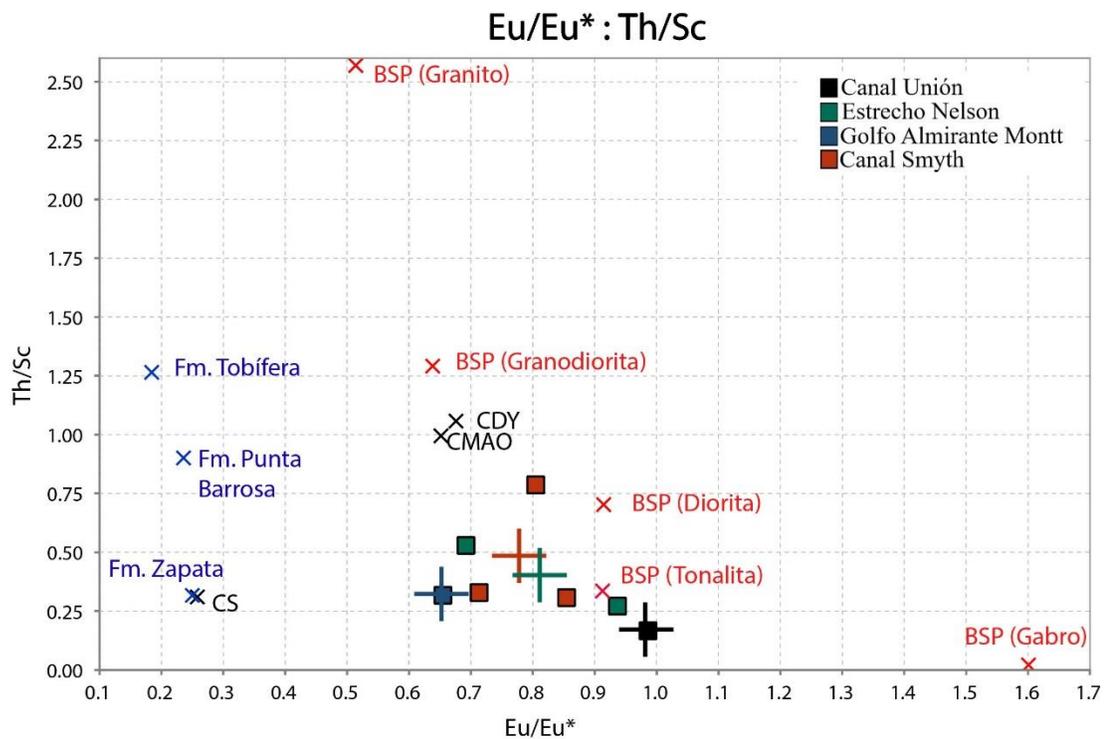


Figura 5.9. Diagrama de radios **Eu/Eu*** y **Th/Sc** de sedimentos marinos del sector norte de la zona de estudio, evidenciando unidades litológicas de la zona. La cruz de color indica el promedio de cada zona geográfica.

Para las muestras extraídas en el paso Froward, se sugiere que los aportes sedimentarios provienen, por cercanía, a las litologías del **BSP** que corresponden a gabros, dioritas, tonalitas, granodioritas y granitos (Hervé *et al.*, 2007), además de, rocas pertenecientes al **CCA**, a la Formación Tobífera, a la Formación Zapata y a las lutitas de la cuenca de Magallanes (Figura 2.3 y 2.4). El diagrama de **REE** normalizados al condrito (Figura 5.10) sugiere una fuente intermedia-félsica del **BSP** con valores oscilando entre las curvas del granito y la tonalita, además, posee una tendencia parecida a la Formación Zapata y a las Lutitas de la cuenca de Magallanes, pero con un valor intermedio entre estas unidades, lo que podría indicar un aporte heterogéneo de las fuentes. El diagrama ternario (Figura 75) apunta a un aporte tonalítico del **BSP** y también a aportes de las formaciones Zapata y Punta Barrosa (esta última asociada a las lutitas de la cuenca de Magallanes vistas en el diagrama **REE** normalizado). Asimismo, el diagrama binario (Figura 76) indica una fuente más afín a las tonalitas del **BSP**.

Las muestras recolectadas en el canal y seno Magdalena podrían proceder de las unidades litológicas colindantes que corresponden al **BSP**, al **CCA**, al complejo metamórfico Cordillera de Darwin (**CMCD**), a las formaciones Tobífera y Zapata, además de las lutitas de la cuenca de Magallanes (Figura 2.3 y 2.4). El diagrama de fraccionamiento de **REE** normalizado al condrito (Figura 5.10) muestra una tendencia afín a las rocas dioríticas del **BSP** y a la Formación Zapata, indicando una fuente más intermedia-máfica. El diagrama ternario **La-Th-Sc** (Figura 5.11) sugiere una fuente intermedia, con una aproximación a la relación arrojada por la Formación Zapata y la litología tonalítica del **BSP**. Asimismo, el diagrama binario (Figura 5.12), también sugiere un aporte de una fuente intermedia con afinidad a las rocas tonalíticas-dioríticas del **BSP**.

En el paso del Hambre las principales litologías que podrían ser la fuente sedimentaria de las muestras recolectadas, por proximidad, son las rocas ígneas del **BSP**, la Formación Zapata y las lutitas de la cuenca de Magallanes (Figura 2.3 y 2.4). El diagrama de **REE** normalizado (Figura 5.10) sugiere un aporte intermedio-máfico con tendencias similares al mostrado por las dioritas del **BSP** y a la Formación Zapata. El diagrama ternario (Figura 5.11) también sugiere una fuente intermedia con relaciones similares a las encontradas en tonalitas del **BSP**, en la Formación Zapata y la Formación Punta Barrosa. El diagrama binario (Figura 5.12) sólo sugiere un aporte de una fuente intermedia con afinidad a las rocas tonalíticas-dioríticas del **BSP**.

Las muestras conseguidas en el paso Ancho, podría provenir de las unidades litológicas cercanas, las que corresponden a la Formación Zapata y a las lutitas de la cuenca de Magallanes (Figura 2.3 y 2.4). El diagrama de fraccionamiento de **REE** normalizado al condrito (Figura 74) sugiere un valor intermedio entre la Formación Zapata y las lutitas, el **BSP** podría también aportar material, pero en menor medida debido a la distancia a la que se encuentra. El diagrama Ternario (Figura 5.11) sugiere las mismas afinidades encontradas en el paso del Hambre, una fuente intermedia similares a las detectadas en las tonalitas del **BSP**, en las formaciones Zapata y Punta Barrosa. De la misma manera que en el paso del Hambre, en el diagrama binario (Figura

5.12) se sugiere un aporte intermedio del **BSP**, que, de existir, procedería de las rocas tonalíticas-dioríticas de la unidad ígnea.

Los sedimentos extraídos de la bahía Snug, posiblemente provienen de las unidades litológicas cercanas, tales como el **CCA**, la Formación Tobífera, pero principalmente de la Formación Zapata y las lutitas de la cuenca de Magallanes (Figura 2.3 y 2.4) que están en contacto directo con los tributarios del río del Oro (Figura 5.2). El diagrama de fraccionamiento de **REE** normalizado al condrito (Figura 5.10), posee una tendencia similar a las reconocidas en el Paso Ancho y Paso Froward, sugiriendo un valor intermedio entre la Formación Zapata y las lutitas de la cuenca (Formación Punta Barrosa). Al mismo tiempo, el diagrama ternario (Figura 5.11) también sugiere una fuente principalmente de la Formación Zapata y de la Formación Punta Barrosa. El diagrama binario (Figura 5.12), no es tan indicativo de las fuentes posibles, ya que arroja valores más cercanos a los encontrados en las tonalitas del **BSP**, al menos, la relación **Th/Sc** se acercaría más a la Formación Zapata que a la Formación Punta Barrosa.

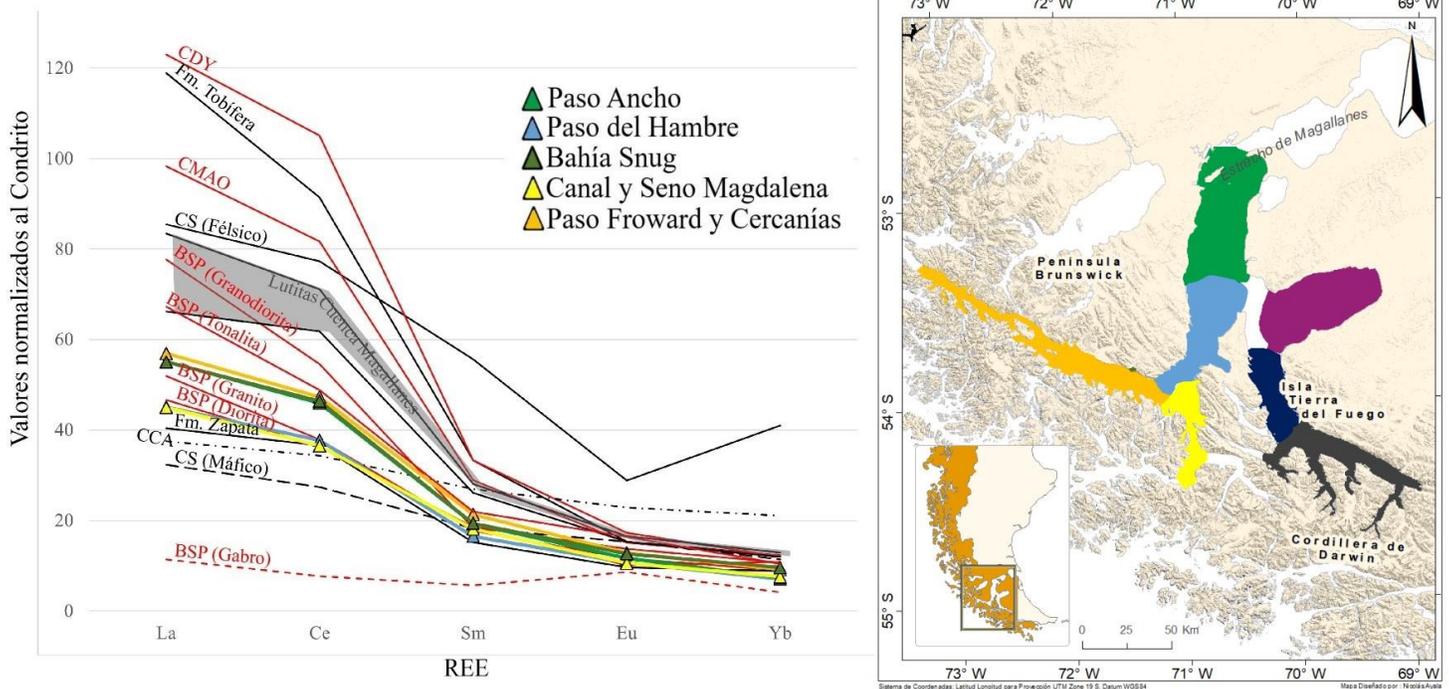


Figura 5.10. Diagrama de fraccionamiento **REE** de las unidades geológicas y de las muestras obtenidas en el sector oeste del estrecho de Magallanes.

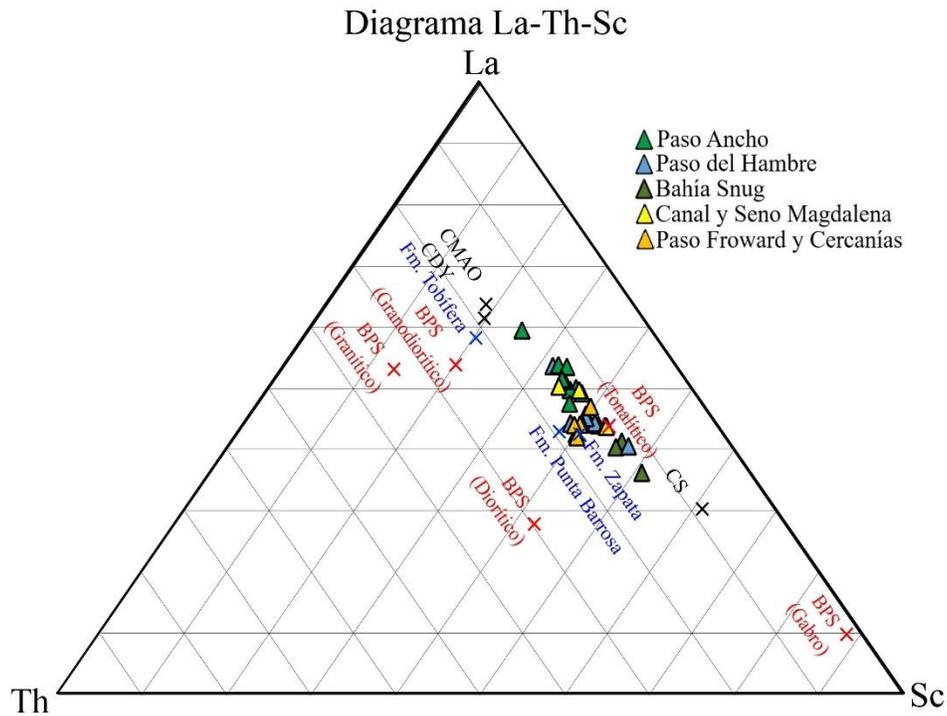


Figura 5.11. Diagrama ternario **La-Th-Sc** de sedimentos marinos recolectados en el sector oeste del estrecho de Magallanes, con diferentes unidades geológicas asociadas al sector.

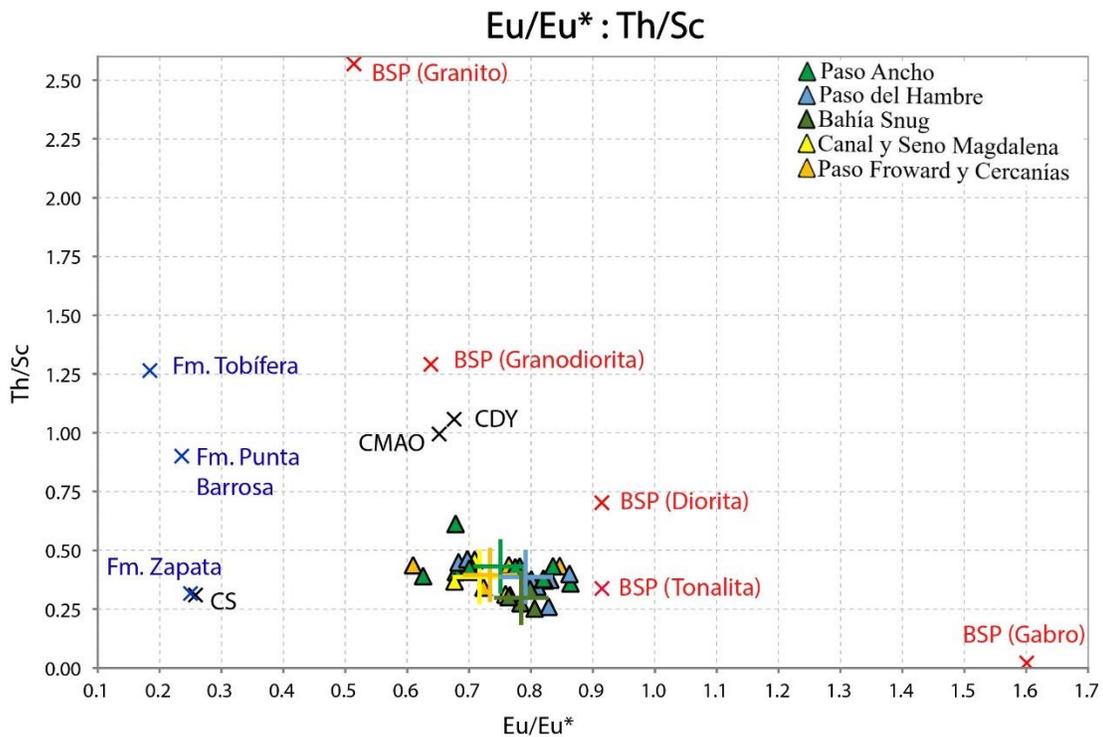


Figura 5.12. Diagrama de radios **Eu/Eu*** y **Th/Sc** de sedimentos marinos del sector oeste del estrecho de Magallanes, evidenciando unidades litológicas de la zona. La cruz de color indica el promedio de cada zona geográfica.

En bahía Inútil, la principal fuente sedimentaria son las lutitas de la cuenca sedimentaria, en cambio, las formaciones Zapata y Tobífera están más distales del sector, al igual el **CMCD** y el *suit* Darwin (**SD**) (Figura 2.3 y 2.4). Efectivamente, el diagrama de **REE** normalizados al condrito (Figura 5.13), apunta a una afinidad más fuerte con las lutitas de la cuenca de Magallanes que con las formaciones Zapata y Tobífera. El diagrama ternario (Figura 5.14) muestra una afinidad intermedia entre las relaciones de la Formación Zapata y la Formación Barrosa con las mostradas por rocas félsicas del **BSP** (granodiorita-granito) y el **CMAO**, estas últimas serían las unidades análogas al **SD** y **CMCD**, respectivamente. El diagrama binario (Figura 5.15) sugiere una fuente más intermedia-máfica (tonalítica-diorítica) aunque presenta una relación de europio más similar a la presente en el **BSP** granodiorítico y al **CMAO** (**SD** y **CMCD** para este sector), y una relación **Th/Sc** intermedio entre las formaciones Zapata y Punta Barrosa, por lo que esta relación entregaría una sugerencia de fuente más heterogénea.

Las litologías contiguas a las muestras obtenidas en el canal Whiteside corresponden a las mismas rocas que conciernen a bahía Inútil, estas son el **CMCD**, el **SD**, la Formación Zapata, la Formación Tobífera y las lutitas de la cuenca de magallanes (Figura 2.3 y 2.4). El diagrama de **REE** normalizadas (Figura 5.13), también sugiere una fuente afín a las lutitas de la cuenca de Magallanes y a rocas ígneas félsicas-intermedias (granodioríticas- tonalíticas). De igual modo, el diagrama ternario (Figura 5.14) apunta a firmas más parecidas a las encontradas en las formaciones Zapata y Punta Barrosa. El diagrama binario (Figura 5.15) muestra un promedio similar al arrojado por las muestras de bahía Inútil, que sugiere proveniencia heterogénea de las formaciones Zapata y Punta Barrosa con rocas del **SD** y **CMCD**.

En el seno Almirantazgo y los fiordos aledaños (Brooks, Ainsworth y Parry), las principales litologías colindantes son las mismas encontradas en el canal Whiteside y Bahía Inútil. Estas corresponden a las lutitas de la cuenca de Magallanes, a las formaciones Zapata y Tobífera, además del **CMCD** y el **SD** (Figura 2.3 y 2.4). El diagrama de fraccionamiento de **REE** normalizado al condrito (Figura 5.13) indica una fuente más félsica con tendencias a veces similares a las presentes en el **CMAO** (análogo al **CMCD**) y de las lutitas de la cuenca de Magallanes. Por otro lado, el diagrama ternario (Figura 5.14) propone una fuente intermedia entre las rocas félsicas del **BSP** (análogo al **SD**) y **CMAO** (**CMCD**) con las rocas de las formaciones Zapata y Punta Barrosa. El diagrama binario (Figura 5.15) sugiere un aporte más significativo del **CMAO** (**CMCD**).

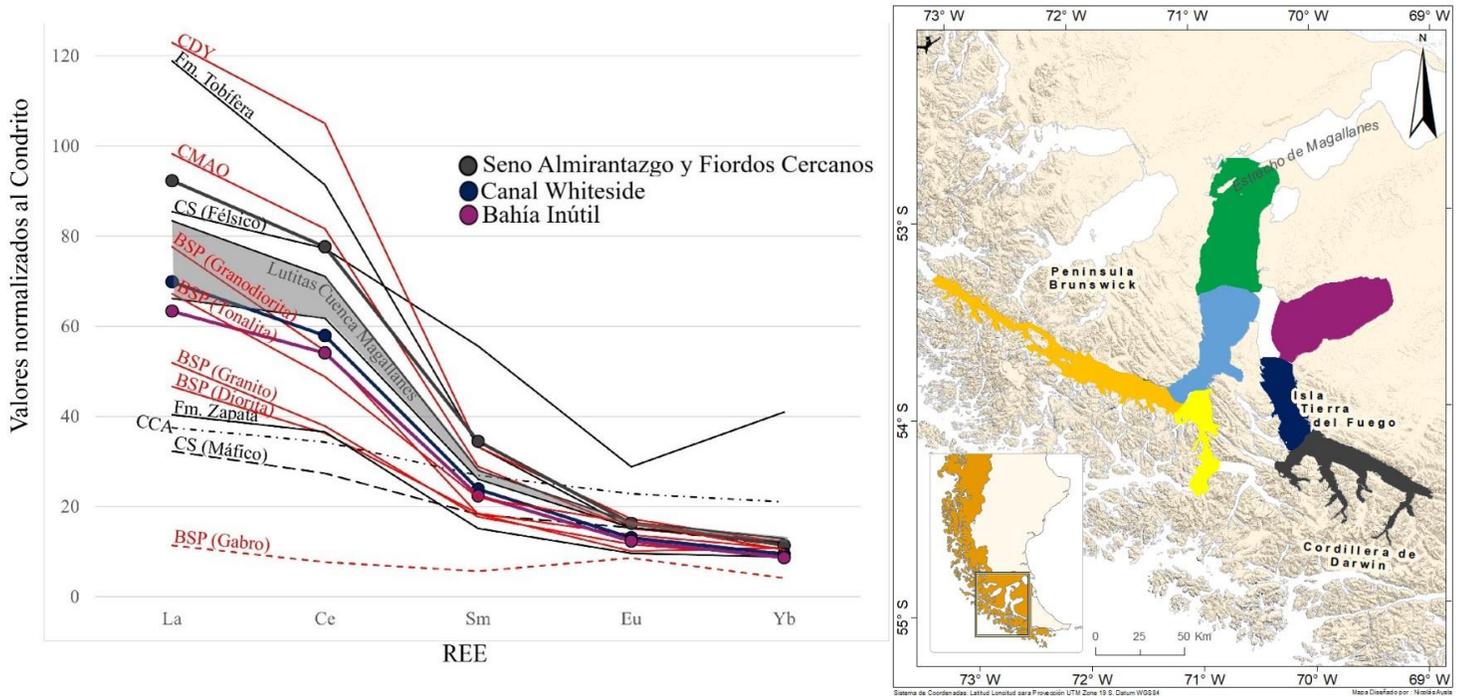


Figura 5.13. Diagrama de fraccionamiento REE de las unidades geológicas y de las muestras obtenidas en el sector este del estrecho de Magallanes.

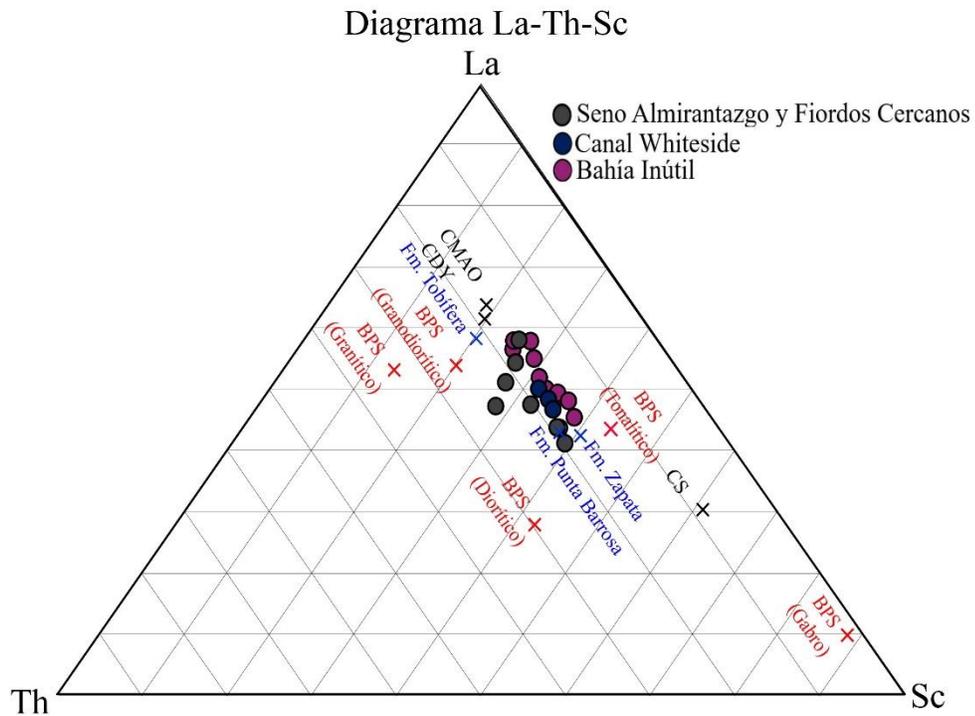


Figura 5.14. Diagrama ternario La-Th-Sc de sedimentos marinos recolectados en el sector este del estrecho de Magallanes, con diferentes unidades geológicas asociadas al sector.

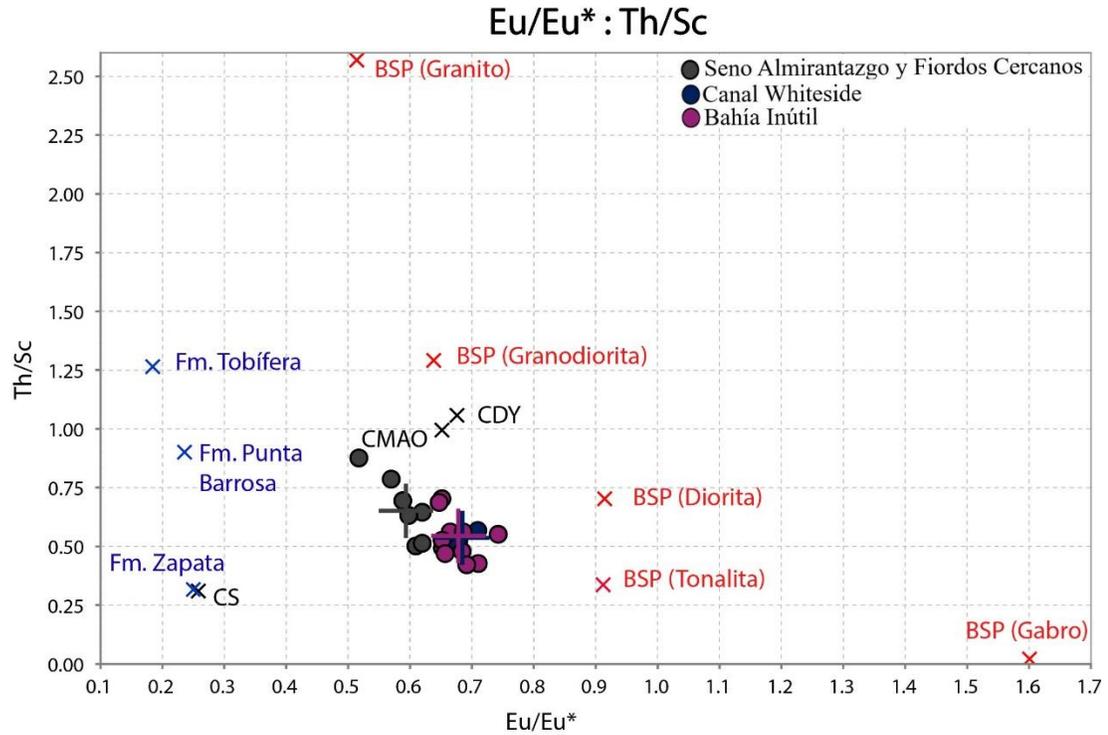


Figura 5.15. Diagrama de radios Eu/Eu^* y Th/Sc de sedimentos marinos del sector este del estrecho de Magallanes, evidenciando unidades litológicas de la zona. La cruz de color indica el promedio de cada zona geográfica.

Tabla 5.2. Resumen de las principales fuentes de los sedimentos superficiales estudiados en la zona de estudio.

Sectores Geográficos Generales	Principales Fuentes de los Sedimentos Superficiales
Paso del Hambre	Fm. Zapata, BSP diorítico-tonalítico y Fms. de la Cuenca de Magallanes
Paso Ancho	Fm. Zapata, BSP tonalítico y Fms. de la Cuenca de Magallanes
Paso Froward	Fm. Zapata, BSP tonalítico, y Fms. de la Cuenca de Magallanes
Canal y Seno Magdalena	Fm. Zapata y BSP diorítico-tonalítico
Seno Almirantazgo y Fiordos Aledaños	CMCD, SD
Canal Whiteside	Fm. Zapata, Fms de la Cuenca de Magallanes, SD y CMCD
Bahía Inútil	Fm. Zapata, Fms de la Cuenca de Magallanes, SD y CMCD
Bahía Snug	Fm. Zapata y Fms. de la Cuenca de Magallanes
Canal Concepción	CMAO, CDY, BSP granítico-diorítico y CT

Seno Europa	CMAO y BSP granodiorítico
Estero Peel	Fm. Zapata y BSP tonalítico
Canal Smyth	Fm. Zapata y BSP diorítico- tonalítico-granodiorítico
Estrecho Nelson	BSP tonalítico-diorítico
Golfo Almirante Montt	Fm. Zapata
Canal Unión	CS máfico

Fm.: Formación; Fms.: Formaciones; BSP: Batolito Surpatagónico; CS: Complejo Ofiolítico Sarmiento; CMAO: Complejo Metamórfico Andino Oriental; CMCD: Complejo Metamórfico Cordillera de Darwin; SD: Suit Darwin; CDY: Complejo Duque de York; CT: Calizas Tartlon.

El *mini-stage*, por su parte, es una herramienta de terreno que ha sido usada en otros contextos geológicos, con el fin de verificar la presencia de CO₂ en vetas de cuarzo y así poder tener indicadores rápidos de sectores con posible mineralización aurífera (Cerda, 2020), debido a la gran cantidad de inclusiones fluidas de CO₂ que se han registrado en vetas de cuarzo-oro (Goldfarb, 2015). En lo que concierne a los resultados obtenidos en este estudio, por el *mini-stage*, destacan las muestras cercanas GP-13 y GP14 (Figura 63), que arrojan resultados altos similares e indican una zona de probable interés explorativo relacionado a la presencia aurífera, la que podría encontrarse en vetas de cuarzo alojadas en las zonas de proveniencia sedimentaria. Si se observan las zonas de más elevación (entre 600m-700m) y sus quebradas (Figura 80), se pueden reproducir las líneas de flujo (líneas rojas, trazadas por bajos topográficos) que podrían transportar el material sedimentario a los puntos de muestreo destacados GP-13, GP-14 Y GP-15. La geología relacionada a las posibles zonas de proveniencia pertenece a las formaciones Cerro Cuchilla y Cerro Matrero (Figura 5.16), pero principalmente de la última, compuesta por limolitas, lutitas y areniscas glauconíticas (Sánchez *et al.*, 2010; Sernageomin, 2003). A su vez, en la Figura 5.17, se aprecian las posibles fuentes sedimentarias y sus trayectos probables hacia el sector de la muestra GP-5, todas apareciendo desde los altos topográficos (600m-800m) con rocas pertenecientes a las formaciones la Paciencia y Tobífera (Sernageomin, 2003). Por otro lado, en la Figura 5.18, las muestras GP-7 y GP-9 podrían proceder de las rocas colindantes a las líneas de flujo que nacen de altos topográficos (900m-800m) situados en la Cordillera de Darwin, con fuentes sedimentarias apreciables que corresponderían al mismo complejo metamórfico Cordillera de Darwin, a la Formación Tobífera o la Formación La Paciencia (Sernageomin, 2003). Comúnmente en el trabajo de campo, se observa que el fallamiento y la deformación, representan formas importantes de aumentar la permeabilidad de las rocas huésped (permeabilidad inducida), generando conductos por los que eventualmente puedan moverse los fluidos (Zhang *et al.*, 2003). Debido a lo anterior, los sectores en donde se encuentren las fallas inversas asociadas a la faja plegada y corrida de Magallanes serían importantes zonas para tener en consideración explorativa. Además, se evidencia que estas estructuras se encuentran cerca de los altos topográficos mencionados anteriormente. Otro elemento importante, son los pliegues generados por la deformación de las unidades Jurásicas y Cretácicas en la faja plegada y corrida. Es en la charnela de estos (eje axial), en donde se concentra gran parte de la deformación, por lo que es un sitio con alto grado de fracturamiento (Ramsay, 1967) y por donde eventualmente también podrían moverse fluidos mineralizadores (Cosgrove, 2015).

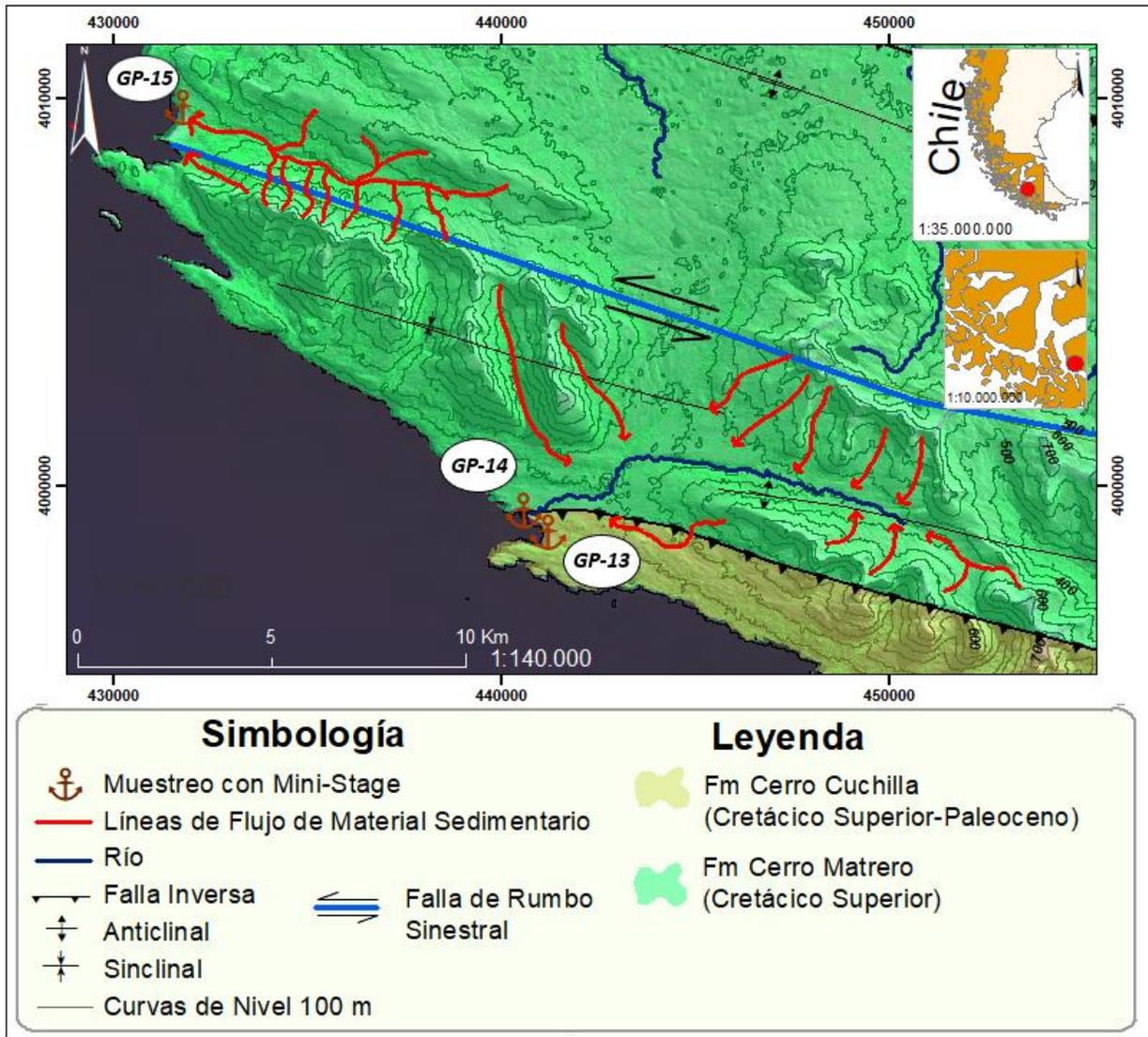


Figura 5.16. Geología y posible flujo de material sedimentario de muestras GP-13, GP-14 y GP-15, (ArcGis, ESRI).

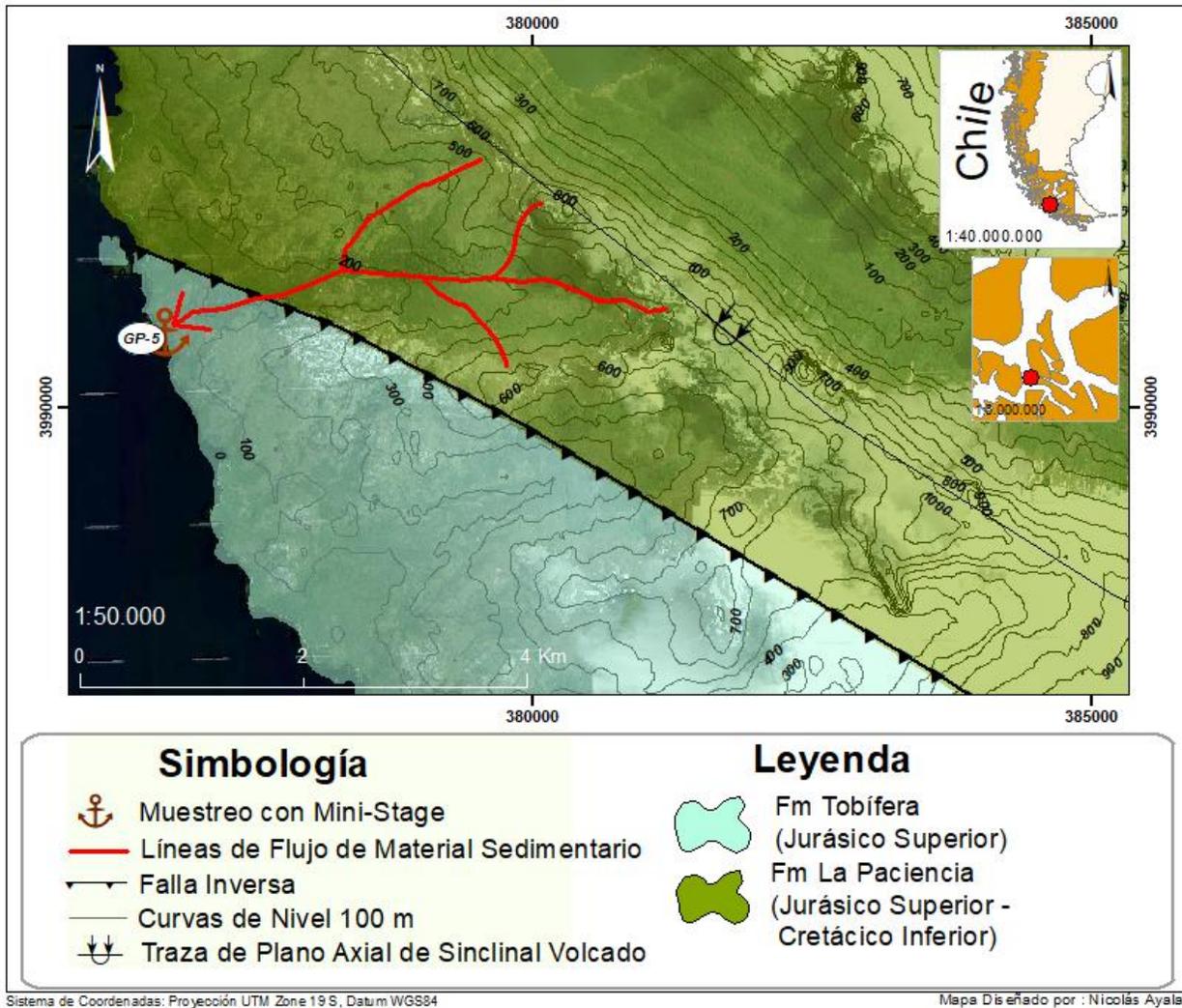


Figura 5.17. Geología y posible flujo de material sedimentario de muestras GP-5, (ArcGis, ESRI).

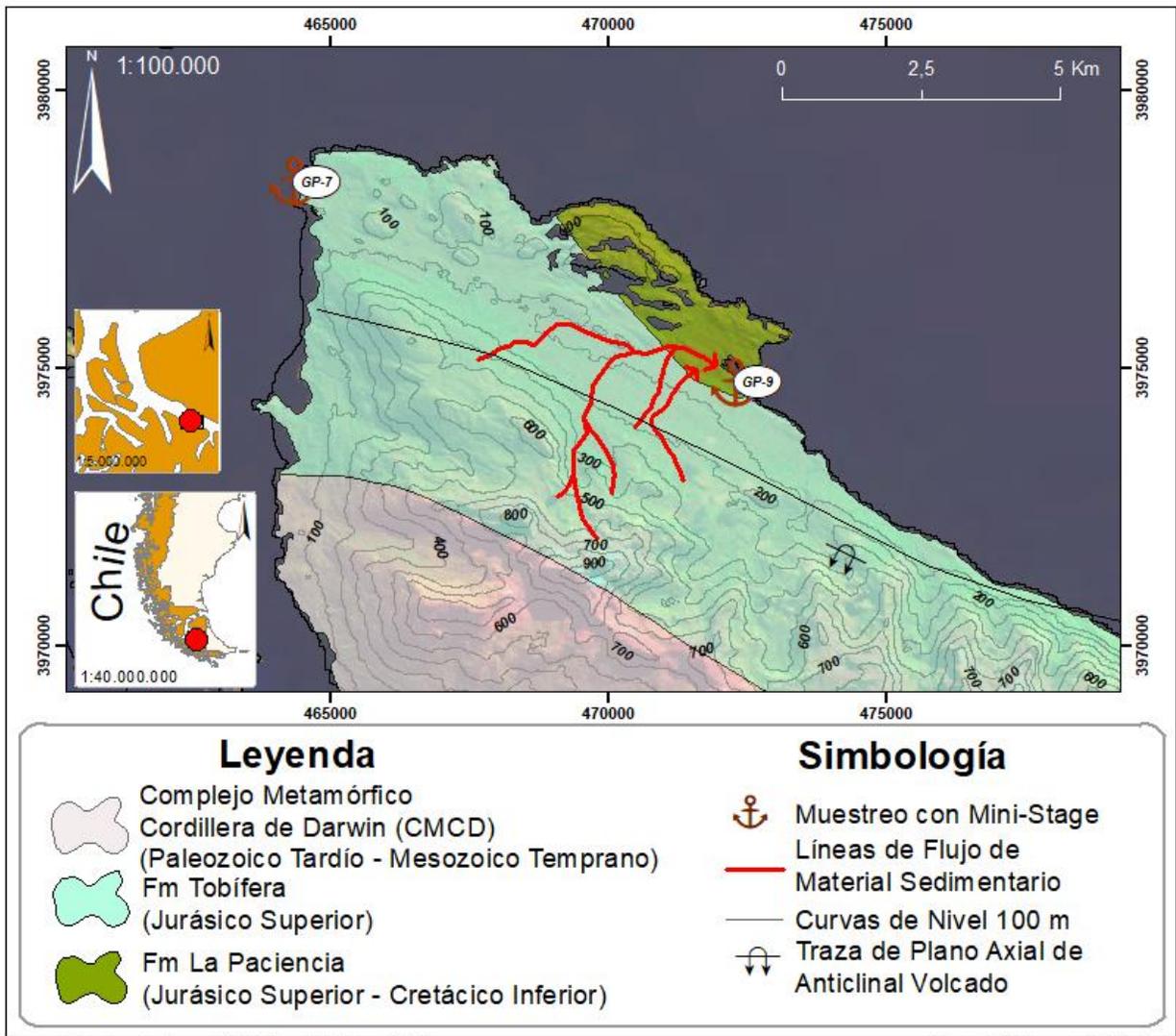


Figura 5.18. Geología y posible flujo de material sedimentario de muestras GP-7 y GP-9, (ArcGis, ESRI).

6. CONCLUSIONES

Este presente trabajo de Memoria de Título tenía como propósito determinar la química y mineralogía de sedimentos marinos de la región de Magallanes, para poder entender distribución, concentración y proveniencia de minerales y metales preciosos que pudieran ser encontrados. Para ello se recolectaron, 65 muestras de lecho marino en la plataforma interior y 19 de bahía costera, todas ellas recolectadas a través de una draga transportada en el buque Cabo de Hornos de la Armada de Chile, para luego ser analizadas geoquímica y petrográficamente.

El análisis petrográfico de mineralización opaca fue realizado de manera parcial, quedando por describir más de la mitad de las briquetas construidas. En general, los minerales opacos reconocidos están en baja cantidad y son frecuentes los granos con asociaciones de óxidos de hierro (magnetita-hematita-ilmenita) y sulfuros (pirita, greigita excepcional). Usualmente, los minerales están aún inmersos en fragmentos líticos o aparecen relleno de cavidades y bioclastos. En particular, la pirita que aparece con hábito framboidal se debe a la acción bacteriana, en un proceso autigénico.

Los resultados geoquímicos, obtenidos a través de análisis de 4 ácidos y ensayo a fuego, fueron detectados por ICP-MS en 65 muestras. Estos indican que los elementos se comportan principalmente de manera log-normal, con concentraciones promedios que superan los valores corticales (**CCS**) y marinos (**SM**) medios, e inclusive a valores esperados de un cinturón de plegamiento orogénico (**FP**). Los elementos positivamente anómalos son:

- Con respecto al **CCS**: As, Bi, Ca, In, Li, Mn, Re, S, Sb, Se, Sr, Te, Ti, Zn y Pd.
- Con respecto al **SM**: Ca, Re, Se y Sr.
- Con respecto a **FP**: Ba, Bi, Cs, Li, Re, S, Sb, Se, Sn, Te, V y Tm.

Valores *outliers* de los elementos anteriores fueron detectados principalmente en el seno Almirantazgo (Sn, Ba, Sb y Tm), canal Concepción (Ca, Re, Sr y Te), canal Smyth (Ca, Mn, Re, Sb, Sr, Te y Se), golfo Almirante Montt (Mn, Re y Sb), estrecho Nelson (Ca, Re, Sr y Te), paso Ancho (Ti, Sr y Ca), seno Europa (Bi y Sn), paso del Hambre (Sr y Ca), canal y seno Magdalena (Sr y Ca), paso Froward (Se) y canal Whiteside (Mn). Asimismo, se ha detectado presencia anómala, con respecto a la media cortical, de metales preciosos en los sedimentos de lecho marino tales como:

- Ag**: golfo Almirante Montt (0.161 [ppm]) y canal Concepción (0.101 [ppm]).
- Pd**: estero Peel (8 [ppb]).
- Pt**: canal Concepción (3 y 5 [ppb]) y canal Smyth (4 [ppb]).

-**Au** (con respecto al BSP): canal Concepción (8 [ppm]), estero Peel (6,7 y 8 [ppb]), estrecho Nelson (7 [ppb]), golfo Almirante Montt (6 [ppb]), paso Froward (8 [ppb]) y paso Ancho (7 [ppb]).

Además, ha sido encontrado un valor anómalo extremo de Au (216 [ppb]) en sedimentos arenosos costeros (bahía Snug), lo que sugiere la presencia de un depósito de placer aurífero de playa marina que debe ser mejor estudiado como potencial objetivo de exploración. La concentración aurífera anterior se compara a las registradas en el cordón Baquedano de Tierra del Fuego.

Por otro lado, el análisis bivariado (en Ag y Au) exhibe una afinidad buena entre Au-Ag-Cu, sugiriendo presencia de oro nativo principalmente en el golfo Almirante Montt y el canal Concepción. Además, estas afinidades son moderadamente parecidas a las encontradas en rocas mineralizadas jurásicas-cretácicas de la Formación Divisadero y Formación Ibáñez en Aysén. Se sugiere que si en Aysén, existe una razonable mineralización de Au en formaciones jurásicas superiores y cretácicas (Townley *et al.*, 2000), posiblemente debido a la evolución del arco volcánico, éstas podrían replicarse en formaciones coetáneas más al sur, como la Formación Tobífera, Formación Zapata, la Formación Río Jackson y la Formación La Paciencia.

Las concentraciones de tierras raras, como conjunto $\Sigma\mathbf{REE}$, alcanzan un rango de 46.91 [ppm] a 152.59 [ppm], valores que no son considerados económicamente atractivos con respecto a sedimentos medidos en Chile.

Con respecto a la proveniencia, las relaciones de **REE** indican un aporte más importante de detritos terrígenos con respecto a los que podría aportar el ambiente marino. Además, el estudio de patrones de **REE** y elementos trazas ha logrado encontrar afinidades a unidades litológicas presentes en la zona de estudio. Patrones que, aunque no logran imitar a cabalidad las tendencias presentes en la bibliografía, demuestran una heterogeneidad de fuentes afines (Tabla 5.2). Grosso modo, las relaciones encontradas para los sedimentos de la zona de estudio indican aportes félsicos-intermedios. Es importante mencionar que para el golfo Almirante Montt, que alcanza valores altos Au, Ag y Cu, la fuente más afín es la Formación Zapata.

El *mini-stage* ha detectado presencia de cuarzos con inclusiones de CO₂, en las muestras GP-5, GP-7, GP-9, GP-13, GP-14 y GP-15. Lo que da indicios de presencia auríferas en el sector costero y en las zonas de posible proveniencia sedimentaria, aunque deben ser precisamente corroboradas con petrografía y/o química.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda completar la descripción de las muestras que quedaron sin análisis petrográfico de minerales opacos, con el objetivo de poder tener un mejor entendimiento y distribución de la mineralogía opaca de los sedimentos australes. Las briquetas pulidas restantes son: 36-2, NA1, NA3, NA4, NA5, NA6, NA7, NA8, NA9, NA10, NA12, NA20, NA24, NA25, NA26, NA27, NA28, NA29, NA30, NA31, NA32, NA34, NA35, NA37, NA38, NA39, NA40, NAT3 y NAT4 (29 briquetas). Se recomienda, tener en consideración la descripción de las muestras NAT3 y NAT4, que, a pesar de arrojar concentraciones bajo el límite de detección en Au, se presentan muy cercanas a la muestra NAT1 en la que sí se detectó un valor anómalo de oro. Además, se recomienda generar briquetas y geoquímica multi-elemento de las muestras NAT-5, NAT-7, NAT-9, NAT13, NAT14 y NAT 15, ya que mostraron resultados interesantes en el *mini-stage* y podrían eventualmente tener concentraciones auríferas.

A modo de recomendación se propone identificar la granulometría de las muestras recolectadas, a través de tamizaje estándar para la fracción gruesa y granulometría láser para la fracción residual que traspasa la malla #10 (2mm). Para el proceso anterior se recomienda la utilización del analizador “Malvern Mastersizer 2000” presente en las dependencias del departamento, con previa digestión de las muestras, ya que según Vaasma (2008) para tener resultados reproducibles de la distribución del tamaño de grano de materia silicoclástica alóctona, debe eliminarse la materia autóctona, esto es materia orgánica, carbonatos y sílice biogénico. Para aquello los autores proponen la destrucción de carbonatos con HCl (Vaasma, 2008), la eliminación de materia orgánica con digestión de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) o LOI (Schumacher, 2002) y la destrucción de sílice orgánica con KOH (Lyle & Lyle, 2002) o NaOH (Nicolo & Dickens, 2006) con metodología guiada en la expuesta por Nicolo & Dickens (2006) y Vaasma (2008). Cabe mencionar que el pretratamiento anterior es de vital importancia para mitigar el error, debido a que este se vuelve demasiado alto cuando no se lleva a cabo (Zimmermann & Horn, 2020). Teniendo en cuenta los resultados granulométricos anteriores, se plantea identificar los sedimentos según la clasificación textural y granulométrica de Folk (1980). El propósito de identificar la granulometría es que en los sedimentos marinos y de estuario existe una fuerte correlación entre concentraciones de los metales pesados y el tamaño del grano, debido a que los metales son más propensos a combinarse con partículas finas (Mosca & Fontolan, 1991). Por lo tanto, sumando la granulometría de las muestras a los parámetros geoquímicos, se podría obtener un mejor entendimiento de las anomalías particulares y de las relaciones entre metales y los tipos de sedimentos encontrados en la zona de estudio. Para el desarrollo de la recomendación anterior, se ha cuarteado y guardado al menos 500 gramos de sedimento por muestra.

Para poder entender de mejor manera la proveniencia sedimentaria, se propone hacer proveniencia usando un análisis petrográfico en secciones delgadas de la fracción arena a las muestras (Marsaglia *et al.*, 1995), principalmente a las muestras con contenidos anómalos de metales preciosos (NAT 1, 41-5 y 42-7, entre otras). Sin embargo, esta fracción representa, a

priori, una pequeña porción en cada muestra de este estudio, por lo que podría usarse en fracciones más pequeñas para los casos que lo ameriten. La metodología propone determinar la tendencia composicional de cada muestra, contando 400 puntos (granos) por sección y usando el método Gazzi-Dickinson que disminuye el efecto de variación de tamaño en la composición, los granos son categorizados entre mono-mineralicos y poli-mineralicos con subdivisión textural, incluyendo clasificaciones metamórficas. Luego se recalculan parámetros y se determinan tendencias de composición de los datos (Villaseñor *et al.*, 2020).

También se recomienda tener en cuenta, que la base de datos geoquímica multi-elemento, obtenidos por digestión de cuatro ácidos y ICP-MS, puede ser procesada y interpretada para caracterizar y determinar más características de las rocas fuentes, ya que pueden ser utilizadas como discriminadores de improntas litológicas, de tipos de alteración y de intensidades, además de mineralización y alteraciones supergenas (Townley *et al.*, 2019).

8. BIBLIOGRAFÍA

Ahrens, L. H. (1954). The lognormal distribution of the elements (A fundamental law of geochemistry and its subsidiary). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 5(2), 49-73.

Ahumada, R. (2006). Metales menores y trazas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes. En N. Silva & S. Palma (Eds.), *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos (77-81)*. Comité Oceanográfico Nacional.

Ahumada, R., Rudolph, A., & Contreras, S. (2002). Contenido de metales (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn) en sedimentos de los fiordos patagónicos (52°-56° S), Chile. *Cienc. Tecnol. Mar*, 25(2), 77-86.

Allen, R.B. (1982). Geología de la Cordillera Sarmiento, Andes Patagónicos, entre los 51°00' y 52° 15' Lat. S, Magallanes, Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín*, 38, 1-46.

Angiboust, S., Cambeses, A., Hyppolito, T., Glodny, J., Monié, P., Calderón, M., & Juliani, C. (2018). A 100-my-long window onto mass-flow processes in the Patagonian Mesozoic subduction zone (Diego de Almagro Island, Chile). *GSA Bulletin*, 130(9-10), 1439-1456.

Angiboust, S., & Muñoz, J. (2018). Field report: Sailing around the exhumed roots of the Mesozoic Patagonian paleo-accretionary wedge (Diego de Almagro Island, Chile). *Geoscience Frontiers*, 9(5), 1591-1594.

Antonina, A. N., Shazili, N. A. M., Kamaruzzaman, B. Y., Ong, M. C., Rosnan, Y., & Sharifah, F. N. (2013). Geochemistry of the rare earth elements (REE) distribution in Terengganu coastal waters: a study case from Redang Island marine sediment. *Open Journal of Marine Science*, 3(3), 154-159.

Antweiler, J. C., & Campbell, W. L. (1977). Application of gold compositional analyses to mineral exploration in the United States. *Developments in Economic Geology*, 9, 17-29.

Asiedu, D. K., Suzuki, S., Nogami, K., & Shibata, T. (2000). Geochemistry of Lower Cretaceous sediments, Inner Zone of Southwest Japan: Constraints on provenance and tectonic environment. *Geochemical Journal*, 34(2), 155-173.

Astudillo, F., Lacassie, J.P.; Baeza, L., Barrera, J., Carrasco, F., Castillo, P., ... & Salinas, P. (2014). Geoquímica de sedimentos de la Hoja Pisagua, Regiones de Tarapacá y de Arica y Parinacota. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geoquímica*, 2.

Augustsson, C., & Bahlburg, H. (2003). Active or passive continental margin? Geochemical and Nd isotope constraints of metasediments in the backstop of a pre-Andean accretionary wedge in southernmost Chile (46° 30'-48° 30' S). *Geological Society of London, Special Publications*, 208(1), 253-268.

- Augustsson, C., & Bahlburg, H. (2008). Provenance of late Palaeozoic metasediments of the Patagonian proto-Pacific margin (southernmost Chile and Argentina). *International Journal of Earth Sciences*, 97(1), 71-88.
- Avila-Salinas, W. (1991). Notas sobre Explotación Aurífera en la Prehistoria Boliviana. *Academia de Ciencias de Bolivia*, 5, 43-53.
- Baeza, L., Lacassie, J.P., Astudillo, F., Barrera, J., Carrasco, F., Castillo, P., ... & Salinas, P. (2014). Geoquímica de sedimentos de la Hoja Arica, región de Arica y Parinacota, Escala 1:250.000. *Servicio nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geoquímica*, 3.
- Balaram, V. (2019). Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. *Geoscience Frontiers*, 10(4), 1285-1303.
- Balocchi, L. D., Cao, S. J., & Agudelo, E. L. B. (2021). An Introduction to the Geology of Tierra del Fuego. In R. Acevedo (Ed.). *Geological Resources of Tierra Del Fuego* (1-17). Springer Geology.
- Barwick, J., García, F., & González, E. (1951). Geology of the Lago Blanco-Lago Chico-Lago Lynch área, Tierra del Fuego. *Archivo Técnico ENAP Magallanes*, 1-62.
- BCN. (s.f.). Relieve Región de Magallanes. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Recuperado de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/región12/relieve.htm>
- Bell, C. M., & Suárez, M. (2000). The Río Lácteo Formation of southern Chile. Late paleozoic orogeny in the Andes of southernmost South America. *Journal of South American Earth Sciences*, 13(1-2), 133-145.
- Bentley, M. J., Sugden, D. E., Hulton, N. R., & McCulloch, R. D. (2005). The landforms and pattern of deglaciation in the Strait of Magellan and Bahía Inútil, southernmost South America. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 87(2), 313-333.
- Berner, R. A. (1967). Thermodynamic stability of sedimentary iron sulfides. *American Journal of Science*, 265(9), 773-785.
- Biddle, K. T., Uliana, M. A., Mitchum Jr, R. M., Fitzgerald, M. G., & Wright, R. C. (1986). The stratigraphic and structural evolution of the central and eastern Magallanes Basin, southern South America. *Foreland basins*, 8, 41-61.
- Blair, C., & Taylor, R. A. (2008). *Bioestadística*. Pearson Educación, 538.
- Boyle, R. W. (1979). The Geochemistry of Gold and its Deposits. *Geological Survey of Canada, Bulletin*, 280, 1-584.
- Boynton, W. V. (1984). Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. *Developments in geochemistry*, 2, 63-114.
- Brambati, A., Fontolan, G., & Simeoni, S. (1991). "Recent sediments and sedimentological processes in the Strait of Magellan.". *Bolletino di Oceanologia Teórica ed Applicata*, 9(2-3), 217-259.

- Bruce, R. M., Nelson, E. P., Weaver, S. G., & Lux, D. R. (1991). Temporal and spatial variations in the southern Patagonian batholith; constraints on magmatic arc development. *Geological Society of America Special Papers*, 265, 1-12.
- Cáceres, D. (2008). Exploración geológica y geoquímica del prospecto de Cobre Texas, Cordillera de Domeyko, II Región, Chile (Tesis de Pregrado). Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Caldenius, C. C. Z. (1932). Las Glaciaciones Cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego: Una investigación regional, estratigráfica y geocronológica.—Una comparación con la escala geocronológica sueca. *Geografiska Annaler*, 14(1-2), 1-164.
- Calderón, M. (2000). Metamorfismo de contacto en el margen oriental del batolito Sur-Patagónico (48°–50°30'S), Magallanes, Chile (Tesis de pregrado). Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Calderón, M. (2006). Petrogenesis and Tectonic evolution of late Jurassic bimodal magmatic suites (Sarmiento Complex) and migmatites (Puerto Edén Igneous Metamorphic Complex) in the Southern Patagonian Andes, Chile (Doctoral thesis). Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Calderón, M., Fildani, A., Hervé, F., Fanning, C. M., Weislogel, A., & Cordani, U. (2007). Late Jurassic bimodal magmatism in the northern sea-floor remnant of the Rocas Verdes basin, southern Patagonian Andes. *Journal of the Geological Society*, 164(5), 1011-1022.
- Calderón, M., Fosdick, J. C., Warren, C., Massonne, H. J., Fanning, C. M., Cury, L. F., ... & Hervé, F. (2012). The low-grade Canal de las Montañas Shear Zone and its role in the tectonic emplacement of the Sarmiento Ophiolitic Complex and Late Cretaceous Patagonian Andes orogeny, Chile. *Tectonophysics*, 524, 165-185.
- Calderón, M., Hervé, F., Cordani, U., & Massonne, H. J. (2007). Crust-mantle interactions and generation of silicic melts: insights from the Sarmiento Complex, southern Patagonian Andes. *Andean Geology*, 34(2), 249-276.
- Calderón, M., Hervé, F., Fuentes, F., Fosdick, J. C., Sepúlveda, F., & Galaz, G. (2016). Tectonic evolution of Paleozoic and Mesozoic andean metamorphic complexes and the Rocas Verdes ophiolites in southern Patagonia. In M.C. Ghiglione (Ed.), *Geodynamic Evolution of the Southernmost Andes* (7-36). Springer Earth System Sciences.
- Calderón, M., Prades, C.F., Hervé, F., Avendaño, V., Fanning, C.M., Massonne, H.J.,...& Simonetti, A. (2013). Petrological vestiges of Late Jurassic-Early Cretaceous transition from rift to back-arc basin in southernmost Chile: new age and geochemical data from the Capitán Aracena, Carlos III and Tortuga Ophiolitic complexes. *Geochimical Journal*, 47, 201–217.
- Camino, R., Haller, M., Lapido, O., Lizuain, A., Page, R., & Ramos, V. (1981). Reconocimiento geológico de los Andes Fueguinos. Territorio Nacional de Tierra del Fuego. *Congreso Geológico Argentino*, 8, 759-786.
- Cañon, A. (2000). Nuevos antecedentes en la estratigrafía de la cuenca de Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales*, 28, 41-50.

- Cañon, A., & Ernst, M. (1974). Magallanes Basin Foraminifera. In M.L Natland, G. P. Eduardo, A. Cañon & M. Ernst (Eds.). *A System of Stages for Correlation of Magallanes Basin Sediments, Memoir (139, 61-119)*. The Geological Society of America.
- Castelli, J. C., Robertson, R., & Harambour, S. (1992). Evaluación Geológica y Petrolera, bloques Ultima Esperanza Sur e Isla Riesco. *Informe Técnico ENAP*, Inédito, Santiago.
- Cecioni, G. (1951). Bosquejo geológico de Seno Ultima Esperanza. *ENAP, Inédito*.
- Cecioni, G. (1955). Edad y facies del Grupo Springhill en Tierra del Fuego. *Instituto de Geología, Universidad de Chile, 6*, 243–255.
- Cecioni, G. (1957). Cretaceous flysch and molasse in Departamento Ultima Esperanza, Magallanes, Chile. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 41*, 538-564.
- Céspedes, S. (1971). Estudio geológico de la zona de Cabo Nariz y Tierra del Fuego. *Informe técnico, ENAP*.
- Cerda, M. E. (2020). Documentos sobre inclusiones fluidas X: exploración de vetas cuarzo-oro en Proyecto Joy, Distrito Hualañé-Licantén, Región del Maule, Chile (Tesis de Pregrado). Departamento Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- CERE-UMAG. (2015). Elaboración de Propuesta de Matriz Energética para Magallanes al 2050. *Ministerio de Energía, Gobierno de Chile*.
- Cerón, M., Pérez, A., Heinemann, A., Cibotti, E., Durandean, R., Laurido, A., ... & Salles, A. (1944). Magallanes en su primer centenario. *Punta Arenas: Instituto Comercial de Punta Arenas*.
- Charrier, R., & Lahsen, A. (1969). Stratigraphy of Late Cretaceous-Early Eocene, Seno Skyring—Strait of Magellan Area, Magallanes Province, Chile. *AAPG Bulletin, 53(3)*, 568-590.
- Charrier, R., Pinto, L., & Rodríguez, M. P. (2007). Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. In T. Moreno & W. Gibbons (Eds.), *The Geology of Chile (21-114)*. The Geological Society of London.
- Chorley, R., Schumm, S., Sudgen, D. (1984). *Geomorphology*. Methuen and Co. Ltd. 605.
- Clapperton, C. M. (1994). The quaternary glaciation of Chile: a review. *Revista Chilena de Historia Natural, 67*, 369-383.
- Clapperton, C. M., Sugden, D. E., Kaufman, D. S., & McCulloch, R. D. (1995). The last glaciation in central Magellan Strait, southernmost Chile. *Quaternary Research, 44(2)*, 133-148.
- Clayton, J., Clapperton, C., & Antinao, J. (1997). Las glaciaciones pleistocenas en la cuenca del lago Villarrica, Andes del Sur. *Congreso Geológico Chileno, 8(1)*, 307-311.
- Cochilco. (2016). Situación actual del mercado de tierras raras y su potencial en Chile. *Dirección de Estudios y Políticas Públicas, Comisión Chilena del Cobre, 55*.
- Cochilco. (2017). A 30 años del Plan Aurífero Nacional, una revisión a la minería de oro en Chile. *Dirección de Estudios y Políticas Públicas, Comisión Chilena del Cobre, 47*.

- Contardo, X., & Jensen, A. (2009). Evidencias e implicancias de un volcán de barro (Lautaro) en el antearco submarino de Chile central. *Congreso Geológico Chileno*, 12(S4-004), 22-26.
- Cope, L., & Rice, L. (1992). *Practical Placer Mining*. Society of Mining Metallurgy, 105.
- Cortés, R. (1964). Estratigrafía y un estudio de paleocorrientes del flysh Cretáceo del departamento de Última Esperanza, Provincia de Magallanes (Tesis de pregrado). Departamento de Ingeniería Civil de Minas, Universidad Técnica del Estado, Santiago, Chile.
- Cortés, R., & Valenzuela, H. (1960). Estudio Geológico del Área Lago Blanco, Hito XIX, Monte Hope (Porción Sur Central de Tierra del Fuego). *Arch. Téc. Empresa Nacional del Petróleo, Magallanes, Chile, Informe Interno*, 42.
- Cosgrove, J. W. (2015). The association of folds and fractures and the link between folding, fracturing and fluid flow during the evolution of a fold–thrust belt: a brief review. *Geological Society, London, Special Publications*, 421(1), 41-68.
- Covacevich, V. (1991). Estudios paleontológicos y biostratigráficos en la costa Norte de Isla Riesco e interior de Seno Skyring, Región de Magallanes. *Informe Técnico ENAP (Inédito)*, Santiago.
- Crane, W. H. (2004). Depositional history of the Upper Cretaceous Cerro Toro Formation, Silla Syncline, Magallanes Basin, Chile (Ph. D. Thesis). Stanford University, Stanford, California.
- Cuadra, W. A., & Dunkerley, P. M. (1991). A history of gold in Chile. *Economic Geology*, 86(6), 1155-1173.
- Cullers, R. L., Basu, A., & Suttner, L. J. (1988). Geochemical signature of provenance in sand-size material in soils and stream sediments near the Tobacco Root batholith, Montana, USA. *Chemical Geology*, 70(4), 335-348.
- Cullers, R. L., Chaudhuri, S., Arnold, B., Lee, M., & Wolf Jr, C. W. (1975). Rare earth distributions in clay minerals and in the clay-sized fraction of the Lower Permian Havensville and Eskridge shales of Kansas and Oklahoma. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 39(12), 1691-1703.
- Cullers, R., Chaudhuri, S., Kilbane, N., & Koch, R. (1979). Rare-earths in size fractions and sedimentary rocks of Pennsylvanian-Permian age from the mid-continent of the USA. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43(8), 1285-1301.
- Cullers, R. L., & Podkovyrov, V. N. (2002). The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic Ui group, southeastern Russia. *Precambrian Research*, 117(3-4), 157-183.
- De la Cruz, R.; & Suárez, M. (2006). Geología del área Puerto Guadal-Puerto Sánchez, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica*, 95, 58.

- De la Cruz, R., Welkner, D., Suárez, M., & Quiroz, D. (2004). Geología del área oriental de las hojas Cochrane y Villa O'Higgins: Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. *Servicio nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica*, 85, 57.
- Dalziel, I. W., & Brown, R. L. (1989). Tectonic denudation of the Darwin metamorphic core complex in the Andes of Tierra del Fuego, southernmost Chile: implications for Cordilleran Orogenesis. *Geology*, 17(8), 699-703.
- Dalziel, I.W., de Wit, M.J., & Palmer, K.F. (1974). Fossil marginal basin in the Southern Andes. *Nature*, 250, 291-294.
- Darvill, C. M., Stokes, C. R., Bentley, M. J., Evans, D. J., & Lovell, H. (2017). Dynamics of former ice lobes of the southernmost Patagonian Ice Sheet based on a glacial landsystems approach. *Journal of Quaternary Science*, 32(6), 857-876.
- Darvill, C. M., Stokes, C. R., Bentley, M. J., & Lovell, H. (2014). A glacial geomorphological map of the southernmost ice lobes of Patagonia: the Bahía Inútil-San Sebastián, Magellan, Otway, Skyring and Río Gallegos lobes. *Journal of Maps*, 10(3), 500-520.
- Darwin, C. (1844). *Geological Observations on the Volcanic Islands and Parts of South America Visited during the Voyage of H.M.S. Beagle*. Smith, Elder and Co.
- Decat, J., & Pomeyrol, R. (1931). Informe geológico sobre las posibilidades petrolíferas de la Región Magallánica. *Boletín Minero, Sociedad Nacional de Minería*, 389(43), 763-772.
- Díaz, P., & Fernández, P. (2001). La distribución normal. *Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística, Cad Aten Primaria 2001*, 8, 268-274.
- D'Orazio, M., Agostini, S., Mazzarini, F., Innocenti, F., Manetti, P., Haller, M.J., & Lahsen, A. (2000). The Pali Aike Volcanic Field, Patagonia: Slab-window magmatism near the tip of South America. *Tectonophysics*, 321, 407-427.
- Dott, R. H., Winn, R. D., Dewit, M. J., & Bruhn, R. L. (1977). Tectonic and sedimentary significance of Cretaceous Tekenika Beds of Tierra del Fuego. *Nature*, 266(5603), 620-622.
- Douglass, R. C., & Nestell, M. K. (1976). *Late Paleozoic foraminifera from southern Chile*. US Government Printing Office, 49.
- Emparan, C., & Portigliati, C. (1991). Los Placeres Auríferos del Sur de Chile (38-44°30'S). Planteamientos para su clasificación, Origen y Maduración. *Simposio Internacional sobre Yacimientos Aluviales de Oro, Resúmenes*, 47-50.
- ENAMI. (1965). Descripción de la Sociedad Minera Cutter Cove. *Informe Técnico ENAMI*, 65.
- Fasola, A. (1969). Estudio palinológico de la Formación Loreto (Terciario Medio), Provincia de Magallanes, Chile. *Ameghiniana*, 6, 3-49.
- Faúndez, V., Hervé, F., & Lacassie, J. P. (2002). Provenance and depositional setting of pre-Late Jurassic turbidite complexes in Patagonia, Chile. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 45(4), 411-425.

- Fildani, A., Cope, T. D., Graham, S. A., & Wooden, J. L. (2003). Initiation of the Magallanes foreland basin: Timing of the southernmost Patagonian Andes orogeny revised by detrital Zircon provenance analysis. *Geology*, 31(12), 1081-1084.
- Fildani, A., & Hessler, A.M. (2005). Stratigraphic record across a retroarc basin inversion: Rocas Verdes-Magallanes basin, Patagonian Andes, Chile. *Geological Society of American Bulletin*, 117(11-12), 1596-1614.
- Fildani, A.; Romans, B.W.; Fosdick, J.C.; Crane, W.H., & Hubbard, S.M. (2008). Orogenesis of the Patagonian Andes as reflected by basin evolution in southernmost South America. In J.E. Spencer & S.R. Tittley, (Ed.), *Ores and orogenesis: Circum-Pacific tectonics, geologic evolution, and ore Deposits* (22, 259-268). *Arizona Geological Society Digest*.
- Flint, R. F. (1971). *Glacial and Quaternary geology*. Wilson and Sons, 892.
- Folk, R. L. (1980). *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company, 184.
- Forsythe, R.D. (1981). *Geological investigations of pre-Late Jurassic terranes in the Southernmost Andes* (Doctoral Thesis). Columbia University, New York, USA.
- Forsythe, R.D. (1982). The late Palaeozoic to early Mesozoic evolution of southern South America: a plate tectonic interpretation. *Journal of the Geological Society*, 139(6), 671-682.
- Forsythe, R. D., & Allen, R. B. (1980). The basement rocks of Península Staines, Región XII, Province of Ultima Esperanza, Chile. *Rev Geol Chile*, 10, 3–15.
- Forsythe, R. D., & Mpodozis, C. (1979). El Archipiélago Madre de Dios, Patagonia Occidental, Magallanes: rasgos generales de la estratigrafía y estructura del "Basamento" pre-Jurásico Superior. *Revista geológica de Chile: An international journal on Andean Geology*, 7, 13-29.
- Forsythe, R. D., & Mpodozis, C. (1983). Geología del basamento pre-Jurásico Superior en el archipiélago Madre de Dios, Magallanes, Chile. *Servicio nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Boletín*, 39.
- Fuenzalida, R., & Covacevich, V. (1988). Volcanismo y bioestratigrafía del Jurásico y Cretácico Inferior en la Cordillera Patagónica, Región de Magallanes, Chile. In J. Corvalán & R. Charrier (Eds.), *V Congreso Geológico Chileno* (3, H159–H183).
- Gaboury, D. (2019). Parameters for the formation of orogenic gold deposits. *Applied Earth Science*, 128(3), 124-133.
- Gacitúa, J. (1931). La Minería e Industria del oro en Copiapó. *Sociedad Nacional de Minería, Boletín Minero*, 392, 918-974.
- Galaz, G., Hervé, F., & Calderón, M. (2005). Metamorfismo y deformación de la Formación Tobífera en la cordillera Riesco, región de Magallanes, Chile: Evidencias para su evolución tectónica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60(4), 762-774.
- García, M., Correa, J., Makshev, V., & Townley, B. (2020). Potential mineral resources of the Chilean offshore: an overview. *Andean Geology*, 47(1), 1-13.

- Garrido-Pérez, E., González, L., Cabrera, J., Rojas-Salvatierra, J., Arias-Pizarro, M. y Tello, M. (2018). Normal y Lognormal: Dos Distribuciones De Frecuencias Y Una Teoría Neutral Unificada Para Estudiar Los Bosques Tropicales. *Revista Peruana De Biología*, 25(2), 179-88.
- Ghiglione, M. C., Suarez, F., Ambrosio, A., Da Poian, G., Cristallini, E. O., Pizzio, M. F., & Reinoso, R. M. (2009). Structure and evolution of the Austral Basin fold-thrust belt, southern Patagonian Andes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 65(1), 215-226.
- Glasser, N., & Jansson, K. (2008). The glacial map of southern South America. *Journal of Maps*, 4(1), 175-196.
- Greiner, G. (1991). Características y distribución de los placeres auríferos de Chile. En G. Gerald & M. Formari (Eds.), *Gisements alluviaux d'or* (39-52). La Paz, Bolivia.
- Groves D. I., Goldfarb R. J., Gebre-Mariam M., Hagemann S. G., & Robert F. (1998). Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews* ,13, 7- 27.
- Goldfarb, R., & Groves, D. (2015). Orogenic gold: Common or involving fluid and metal sources, *Lithos*, 233, 2-26.
- Goldfarb, R. J., Baker, T., Dubé, B., Groves, D. I., Hart, C. J. R., & Gosselin, P. (2005). Distribution, character and genesis of gold deposits in metamorphic terranes. In Economic geology 100th Anniversary volumen (407-450). Society of Economic Geologists.
- González, E. (1952). Levantamiento geológico estructural en el área de Estancia El Salto-Sección Las Coles. Informe Técnico ENAP (Inédito). Santiago.
- Gutiérrez, M. (2008). Geomorfología Glaciar I. En M. Martín-Romo (Ed.), *Geomorfología* (451-481). Pearson Educación, S.A.
- Halpern, M. (1973). Regional geochronology of Chile south of 50 latitude. *Geological Society of America Bulletin*, 84(7), 2407-2422.
- Hervé, F. (1993). Paleozoic metamorphic complexes in the Andes of Aysén, southern Chile (West of Occidentalia). Proceedings of the first circum-pacific and circum-Atlantic Terrane Conference, Guanajuato, México, 64-65.
- Hervé, F., Nelson, E., Kawashita, K., & Suárez, M. (1981). New isotopic ages and the timing of orogenic events in the Cordillera Darwin, southernmost Chilean Andes. *Earth & Planetary Science Letters*, 55, 257-265.
- Hervé, F., Aguirre, L., Godoy, E., Massonne, H.J., Morata, D., Pankhurst, R.J.,...& Willner, A. (1998). Nuevos antecedentes acerca de la edad y las condiciones P-T de los Complejos Metamórficos en Aysén, Chile. *X Congreso Latinoamericano de Geología*, Buenos Aires, 2, 134-137.
- Hervé, F., Calderón, M., & Faúndez, V. (2008) The metamorphic complexes of the Patagonian and Fuegian Andes. *Geological Acta: an international earth science journal*, 6(1), 43-53.

- Hervé, F., Fanning, C. M., & Pankhurst, R. J. (2003). Detrital Zircon age patterns and provenance of the metamorphic complexes of southern Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, 16(1), 107-123.
- Hervé, F., Fanning, C. M., Pankhurst, R. J., Mpodozis, C., Klepeis, K., Calderón, M., & Thomson, S. N. (2010). Detrital Zircon SHRIMP U–Pb age study of the Cordillera Darwin Metamorphic Complex of Tierra del Fuego: sedimentary sources and implications for the evolution of the Pacific margin of Gondwana. *Journal of the Geological Society*, 167(3), 555-568.
- Hervé, F., Godoy E., Mpodozis C., & Fanning M. (2004). Monitoring magmatism of the Patagonian Batholith through the U-PB shrimp dating of detrital zircons in sedimentary units of the Magallanes Basin. In J.Carcione, F. Donda & E. Lodolo (Ed.), *GeoSur, International Symposium on the Geology and Geophysics of the Southernmost Andes, the Scotia Arc and the Antarctic Peninsula*, 45, 113-117.
- Hervé, F., Pankhurst, R.J., Fanning, C.M., Calderón, M., & Yaxley, G.M. (2007). The South Patagonian batholith: 150 my of granite magmatism a plate margin. *Lithos*, 97, 373-394.
- Hervé, F., Prior, D., López, G., Ramos, V., Rapalini, A., Thomson, S.,...& Fanning, M. (1999). Mesozoic blueschists from Diego de Almagro, southern Chile. *South American Symposium on Isotope Geology*, 2, 318-321.
- Heusser, C. J., & Flint, R. F. (1977). Quaternary glaciations and environments of northern Isla Chiloe, Chile. *Geology*, 5(5), 305-308.
- Hollin, J.T., & Schilling, D.H. (1981). Late Wisconsin-Weichselian mountain glaciers and small ice caps. In G.H. Denton & T.J. Hughes (Eds.), *The Last Great Ice Sheets* (179–220). Wiley.
- Hulton, N. R., Purves, R. S., McCulloch, R. D., Sugden, D. E., & Bentley, M. J. (2002). The last glacial maximum and deglaciation in southern South America. *Quaternary Science Reviews*, 21(1-3), 233-241.
- Ishihara, S., Kimura, K., Takahashi, H., Saito, Y., & Hirao, Y. (1986). Gold Abundance of Japanese Plutonic Rocks A Preliminary Result. *Mining Geology*, 36(200), 407-410.
- Kartashov, I. (1971). Geological Features of Alluvial Placers Minig. *CSM Quarterly Review*, 94(4), 18.
- Katz, H. R. (1963). Revision of Cretaceous stratigraphy in Patagonian Cordillera of Ultima Esperanza, Magallanes Province, Chile. *AAPG Bulletin*, 47(3), 506-524.
- Keidel, I., & Hemmer, A. (1931). Informe preliminar sobre las investigaciones efectuadas en la región petrolífera de Magallanes en los meses de verano de 1928-1929 (12-XII-1929). *Boletín Minero de la Sociedad Nacional de Minería de Santiago*, 48, 706-717.
- Klepeis, K. A. (1994). The Magallanes and Deseado fault zones: Major segments of the South American-Scotia transform plate boundary in southernmost South America, Tierra del Fuego. *Journal of Geophysical Research, Solid Earth*, 99(B11), 22001-22014.

- Klepeis, K., Betka, P., Clarke, G., Fanning, M., Hervé, F., Rojas, L.,... & Thomson, S. (2010). Continental underthrusting and obduction during the Cretaceous closure of the Rocas Verdes rift basin, Cordillera Darwin, Patagonian Andes. *Tectonics*, 29(3).
- Kohn, M. J., Spear, F. S., & Daziel, I. W. (1993). Metamorphic P–T paths from Cordillera Darwin, a core complex in Tierra del Fuego, Chile. *Journal of Petrology*, 34(3), 519-542.
- Kohn, M. J., Spear, F. S., Harrison, T. M., & Dalziel, I. W. D. (1995). ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronology and P-T-t paths from the Cordillera Darwin metamorphic complex, Tierra del Fuego, Chile. *Journal of Metamorphic Geology*, 13(2), 251-270.
- Kraemer, P. E. (2003). Orogenic shortening and the origin of the Patagonian orocline (56 S. Lat). *Journal of South American Earth Sciences*, 15(7), 731-748.
- Kranck, E. H. (1932). Geological investigations in the Cordillera of Tierra del Fuego. *Acta Societas Geographica Fenniae*, 4(2), 1–231.
- Lacassie, J.P. (2003). Estudio de la Proveniencia Sedimentaria de los Complejos Metamórficos de los Andes Patagónicos (46°–51°S), mediante la aplicación de redes neuronales e isótopos estables (Tesis Doctoral). Departamento Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Lacassie, J. P.; Astudillo, F.; Baeza, L.; Castillo, P.; Figueroa, M.; Muñoz, N.; & Ramírez, C. (2012). Geoquímica de sedimentos de la Hoja Iquique, Región de Tarapacá. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geoquímica 1*, 41.
- Lacassie, J. P., Hervé, F., & Roser, B. (2006). Estudio de proveniencia sedimentaria del Complejo metasedimentario post Pérmico Temprano a pre Cretácico Temprano Duque de York, Chile. *Revista geológica de Chile*, 33(2), 199-219.
- Lagally, U. (1975). Geologische Untersuchungen im Gebiet Lago General Carrera-Lago Cochrane, Prov. Aisen, Chile, unter besonderer Berücksichtigung des Grundgebirges und seiner Tektonik (Doctoral thesis). Universität München, Germany.
- Lalinde, J. D. H., Castro, F. E., Rodríguez, J. E., Rangel, J. G. C., Sierra, C. A. T., Torrado, M. K. A., ... & Pirela, V. J. B. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587-595.
- Lenardon, G. (1991). Distribution and composition of heavy and light minerals of sands in the Strait of Magellan. *Bollettino di oceanologia teorica ed applicata*, 9(2-3), 293-302.
- Lepeltier, C. (1969). A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. *Economic geology*, 64(5), 538-550.
- Li, Y. H. (2000). *A compendium of geochemistry: from solar nebula to the human brain*. Princeton University Press, 440.
- Ling, H. Y., Forsythe, R. D., & Douglass, R. C. (1985). Late Paleozoic microfaunas from southernmost Chile and their relation to Gondwanaland forearc development. *Geology*, 13(5), 357-360.

- Lodolo, E., Menichetti, M., Bartole, R., Ben-Avraham, Z., Tassone, A., & Lippai, H. (2003). Magallanes-Fagnano continental transform fault (Tierra del Fuego, southernmost South America). *Tectonics*, 22(6), 1076.
- Loen, J. (1991). Mass Balance Constraints of Formation of Cenozoic Gold Placers and Implications for the Origin of Witwatersrand Gold Deposits. *Symposium International Sur Les Gisements Alluviaux d'O. Actes*, 247-260.
- López, J. M. G., Bauluz, B., Fernández-Nieto, C., & Oliete, A. Y. (2005). Factors controlling the trace-element distribution in fine-grained rocks: the Albian kaolinite-rich deposits of the Oliete Basin (NE Spain). *Chemical geology*, 214(1-2), 1-19.
- Lozano, J. G., Tassone, A., Bran, D. M., Onnis, L., Lodolo, E., Menichetti, M., ... & Vilas, J. F. (2020). Combining shallow and deep geophysical information: the Yehuin–Chepelmut Fault Zone in the Magallanes fold and thrust belt (Tierra del Fuego, Argentina). *International Journal of Earth Sciences*, 109(3), 971-994.
- Lusty, P.A.J., & Murton, B. (2018). Deep-Ocean Mineral Deposits: Metal Resources and Windows into Earth Processes. *Elements*, 14(5), 301–306.
- Lyle, A. O., & Lyle, M. W. (2002). Determination of biogenic opal in pelagic marine sediments: a simple method revisited. In M. Lyle, P.A. Wilson, T.R. Janecek & *et al.* (Eds.). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports* (4, 1-21).
- Macellari, C. E. (1988). Cretaceous paleogeography and depositional cycles of western South America. *Journal of South American Earth Sciences*, 1(4), 373-418.
- Maloney, K. T., Clarke, G. L., Klepeis, K. A., Fanning, C. M., & Wang, W. (2011). Crustal growth during back-arc closure: Cretaceous exhumation history of Cordillera Darwin, southern Patagonia. *Journal of Metamorphic Geology*, 29(6), 649-672.
- Malumián, N., Hromic, T., & Nández, C. (2013). El Paleógeno de la cuenca de Magallanes: bioestratigrafía y discontinuidades. In *Anales del Instituto de la Patagonia*, 41(1), 29-52.
- Mansilla A., Ávila, M., Ramírez, M. E., Rodríguez, J. P., Rosenfeld, S., Ojeda, J., & Marambio, J. (2013). Macroalgas marinas bentónicas del submareal somero de la ecorregión subantártica de Magallanes, Chile. *Anales Instituto Patagonia*, 41(2), 49-62.
- Martínez-Pardo, R., & Martínez R. (1989). Reinterpretation of *Boltovskoyella* (benthic foraminiferal genus) as Neogene TransAndean chronostratigraphic event in southern South America. The Pacific, bridge or barrier?. *Pacific Science Association Inter-Congress*, 6, Valparaíso, Chile.
- Martinić, M. (1988). Actividad volcánica histórica en la región de Magallanes. *Revista Geológica de Chile*, 15(2), 181-186.
- Martinić, M. (2003). La Minería Aurífera en la región austral americana (1869-1950). *Historia (Santiago)*, 36, 219-254.
- Marsaglia, K. M., Torrez, X. V., Padilla, I., & Rimkus, K. C. (1995). Provenance of Pleistocene and Pliocene sand and sandstone, ODP Leg 141, Chile Margin. In S. D. Lewis, J. H. Behrmann,

- R. J. Musgrave, & S. C. Cande (Eds.), *Proceedings of ODP scientific results (141)*, 133–151). Ocean Drilling Program.
- McClenaghan, M. B., & Paulen, R. C. (2018). Application of till mineralogy and geochemistry to mineral exploration. *Past glacial environments*, 20, 689-751.
- McLennan, S. M. (1989). Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes. *Mineralogical Society of America Reviews in Mineralogy*, 21(1), 169-200.
- McLennan, S. M., Taylor, S. R., & Kröner, A. (1983). Geochemical evolution of Archean shales from South Africa. I. The Swaziland and Pongola Supergroups. *Precambrian Research*, 22(1-2), 93-124.
- Meglioli, A. (1992). Glacial geology and chronology of southernmost Patagonia and Tierra del Fuego, Argentina and Chile (Doctoral thesis). Lehigh University, Bethlehem, USA.
- Mella, P. (2001). Control tectónico en la evolución de la Cuenca de Antepaís de Magallanes, XII Región, Chile (Tesis de pregrado). *Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Concepción*, Concepción, Chile.
- Melquisedec, G. (1981). Mina de Caliza Isla Guarello. *Minerales*, 36 (153), 29-32.
- Mercer, J. H. (1976). Glacial history of Southernmost South America 1. *Quaternary research*, 6(2), 125-166.
- Mercer, J. H., & Sutter, J. F. (1982). Late Miocene—earliest Pliocene glaciation in southern Argentina: implications for global ice-sheet history. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 38(3-4), 185-206.
- Michael, P. (1984). Chemical differentiation of the Cordillera del Paine granite (southern Chile) by in situ fractional crystallization. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 87(2), 179-195.
- Michel, J., Baumgartner, L., Putlitz, B., Schaltegger, U., & Ovtchaarova, M. (2008). Incremental growth of the Patagonian Torres del Paine laccolith over 90 k.y. *Geology*, 36(6), 459-462.
- MMA. (2021). Áreas Protegidas Chilenas. Ministerio del Medio Ambiente. Recuperado de <http://areasprotegidas.mma.gob.cl/areas-protegidas/>
- Mosca, R., & Fontolan, G. (1991). Preliminary results on major, minor and trace element chemistry of surficial sediments in the Strait of Magellan. *Boll. Oceanol. Teor. Appl.*, 9(2-3), 287-291.
- Mpodozis, C. (2006). Revisión de la estratigrafía y facies de la cuenca de antepaís cretácica entre Lago Argentino y Península Brunswick. *Informe Técnico ENAP* (Inédito), Santiago.
- Mpodozis, C., Mella, P., & Pavda, D. (2011). Estratigrafía y megasecuencias sedimentarias en la cuenca Austral-Magallanes, Argentina y Chile. *VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*, 35.
- MTT. (2020). Accesibilidad Vial Portuaria: Características. Puertos Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Chile. Recuperado de

<https://www.observatoriologistico.cl/perfiles/accesibilidad-vial-portuaria-caracteristicas/macrozoona-centro-sur-austral/#c955>

Muñoz Cristi, J. (1945). Informe de Exploración Minera en la Patagonia. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago*. 2.

Murray, R. W., Ten Brink, M. R. B., Gerlach, D. C., Russ III, G. P., & Jones, D. L. (1991). Rare earth, major, and trace elements in chert from the Franciscan Complex and Monterey Group, California: Assessing REE sources to fine-grained marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55(7), 1875-1895.

Natland, M., Gonzalez, P., Cañon, A., & Ernst, M. (1974). A System of Stages for Correlation of Magallanes Basin Sediments. *Geological Society of America*, 139, 1-126.

Nelson, E. P., Dalziel, I. W., & Milnes, A. G. (1980). Structural geology of the Cordillera Darwin collision style 152 fan152is152152 in the southernmost Andes. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 73(3), 727-751.

Nicolo, M.J., & Dickens, G.R. (2006). Data report: terrigenous grain-size distributions at Sites 1263 and 1267: testing the applicability of Leg 208 sediments for eolian analysis. In Kroon, D., Zachos, J.C., and Richter, C. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 208, 1-13.

Olivares, B., Cembrano, J., Hervé, F., López, G., & Prior, D. (2003). Geometría y cinemática de la zona de cizalle Seno Arcabuz, Andes Patagónicos, Chile. *Revista geológica de Chile*, 30(1), 39-52.

OREAS. (s.f.a). OREAS 920. OREAS North America. Recuperado de <https://www.oreas.com/crm/oreas-920/>

OREAS. (s.f.b). OREAS 47. OREAS North America. Recuperado de <https://www.oreas.com/crm/oreas-47/>

OREAS. (s.f.c). OREAS 45h. OREAS North America. Recuperado de <https://www.oreas.com/crm/oreas-45h/>

Ortiz, M. (2007). Condiciones de formación del Complejo Metamórfico Cordillera Darwin, al Sur de Seno Almirantazgo, Región de Magallanes, Chile (Tesis de pregrado). *Departamento de Geología, Universidad de Chile*, Santiago, Chile.

Otzen, G. (1987). Geología Regional de la isla Capitán Aracena y Clarence, Magallanes, Chile. Informe Técnico ENAP (*Reporte Inédito*).

Pankhurst, R.; & Hervé, F. (1994). Granitoid age distribution and emplacement control in the North Patagonian batholith in Aysén (44°-47°). *Congreso Geológico Chileno No. 7, Actas*, 2, 1409-1413.

Pankhurst, R. J., Hervé, F. (2007). Introduction and Overview. In: T. Moreno & W. Gibbons (Ed.), *The Geology of Chile (1-4)*. The Geological Society of London.

- Pankhurst, R. J., Riley, T. R., Fanning, C. M., & Kelley, S. P. (2000). Episodic silicic volcanism in Patagonia and the Antarctic Peninsula: chronology of magmatism associated with the break-up of Gondwana. *Journal of Petrology*, *41*(5), 605-625.
- Parada, M., López-Escobar, L., Oliveros, V., Fuentes, F., Morata, D., Calderón, M.,... & Stern, C. (2007). Andean magmatism. In T. Moreno & W. Gibbons (Ed.), *The Geology of Chile* (115-146). The Geological Society of London.
- Peckmann, J., & Thiel, V. (2004). Carbon cycling at ancient methane-seeps. *Chemical Geology*, *205*(3-4), 443-467.
- Pedrosa, I., Juarros-Basterretxea, J., Robles-Fernández, A., Basteiro, J., & García-Cueto, E. (2015). Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar?. *Universitas Psychologica*, *14*(1), 245-254.
- Penrose Jr, R. A. F. (1908). The gold regions of the Strait of Magellan and Tierra del Fuego. *The Journal of Geology*, *16*(8), 683-697.
- Pérez, M. (2020). Composición de sedimentos del fondo marino del área entre la isla de Chiloé y la península de Taitao, y su relación con potenciales recursos minerales (Tesis de pregrado). Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Pérez, M.; García, M.; Townley, B.; & Deckart, K. (2021). Mineralogy and Geochemistry of Seabed Sediments of the Chiloé–Taitao Area, Southern Chile, and Implications for Ore Deposits. *Minerals*, *11*(8), 903.
- Phillips, G. N., & Evans, K. A. (2004). Role of CO₂ in the formation of gold deposits. *Nature*, *429*(6994), 860-863.
- Pineda, V., Contardo, X., Alfaro, G., & Helle, S. (2002). Caracterización textural, mineralógica y geoquímica de sedimentos del canal Beagle, bahía Nassau. Magallanes, Chile. Crucero CIMAR 3 Fiordos. *Cienc. Tecnol. Mar*, *25* (1), 5-21.
- Poblete, F., Roperch, P., Arriagada, C., Ruffet, G., de Arellano, C. R., Hervé, F., & Poujol, M. (2016). Late Cretaceous–early Eocene counterclockwise rotation of the Fuegian Andes and evolution of the Patagonia–Antarctic Peninsula system. *Tectonophysics*, *668*, 15-34.
- Poblete, F., Roperch, P., Hervé, F., Diraison, M., Espinoza, M., & Arriagada, C. (2014). The curved Magallanes fold and thrust belt: Tectonic insights from a paleomagnetic and anisotropy of magnetic susceptibility study. *Tectonics*, *33*(12), 2526-2551.
- Porter, S. C. (1981). Pleistocene glaciation in the southern Lake District of Chile. *Quaternary Research*, *16*(3), 263-292.
- Portigliati, C., Emparán, C., & Vogel, S. (1988). Los agentes geológicos en la formación de placeres auríferos en el sur de Chile. *V Congreso Geológico Chileno*, *1*, 393-418.
- Portigliati, C. (1999). Los placeres auríferos de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-99-16*, 131.

- Pourmand, A., Dauphas, N., & Ireland, T. J. (2012). A novel extraction chromatography and MC-ICP-MS technique for rapid analysis of REE, Sc and Y: Revising CI-chondrite and Post-Archean Australian Shale (PAAS) abundances. *Chemical Geology*, 291, 38-54.
- Prades, C.F. (2008). Petrología y metamorfismo de las rocas basálticas en la isla Capitán Aracena, isla Carlos III y estero La Pera, región de Magallanes, Chile (Tesis de pregrado). Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Prieto, A. (2014). *Elementos críticos energéticos: potencial de desarrollo en Chile* (Tesis de maestría). Departamento de Ingeniería de Minas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Prieto, X. (1992). Estratigrafía y ambientes de depositación durante el Cretácico Inferior, seno Última Esperanza a seno Obstrucción, Región de Magallanes, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales*, 21, 71-83.
- Prieto, X., & Moraga, J. (1990). El Terciario Inferior de los ríos Rasmussen y Catalina, Tierra del Fuego, Magallanes. *In Simposio sobre el Terciario de Chile*, 2, 259-266.
- Prieto, X., & Winslow, M. (1992). El cuaternario del estrecho de Magallanes I: sector Punta Arenas - Primera Angostura. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales*, 21, 85-95.
- Quezada, A. A. (2010). Proveniencia sedimentaria y ambiente deposicional de unidades atribuidas a los complejos Duque de York y Denaro, Patagonia XII Región, Chile (Tesis de pregrado). Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Rabassa, J., Coronato, A., Bujalesky, G., Salemme, M., Roig, C., Meglioli, A., ... & Quattrocchio, M. (2000). Quaternary of Tierra del Fuego, southernmost South America: an updated review. *Quaternary International*, 68, 217-240.
- Rabassa, J., Coronato, A., & Martinez, O. (2011). Late Cenozoic glaciations in Patagonia and Tierra del Fuego: an updated review. *Biological Journal of the Linnean Society*, 103(2), 316-335.
- Raedeke, L.D. (1978). Formas del terreno y depósitos cuaternarios, Tierra del Fuego Central, Chile. *Revista geológica de Chile: An international journal on andean geology*, (5), 3-31.
- Ramírez, E. (2002). Geotermobarometría en metapelitas de complejos metamórficos de Aysén, Chile (Tesis doctoral). Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago.
- Ramsay, J. G. (1967). Folding and fracturing of rocks. *Mc Graw Hill Book Company*, 568.
- Rankama, K., & Sahama, T. G. (1954). Geoquímica. Editorial Aguilar. P. 652.
- Riccardi, A. C. (1976). Paleontología y edad de la Formación Springhill. *Actas Ier. Congreso Geológico Chileno, Santiago*, 1, C41-C46.
- Rodríguez, Y., Rodríguez, I.V., Prieto, J., De la Torre, J.B., & Acosta, F. (2014). Validación del método ensayo al fuego combinado con espectrofotometría de absorción atómica (EF-EAA). *Anuario de la Sociedad Cubana de Geología*, 2, 143-149.
- Rojas, L., & Harambour, S. (1993). Geología geofísica y delimitación de proyectos, bloque lago blanco, Tierra del Fuego. *Informe técnico ENAP (Inédito)*.

- Rojas, R., & Cabezas, A. (2010). Espacios Marítimos. En J. Díaz-Naveas & J. Frutos (Eds.), *Geología Marina de Chile* (10-13). Comité Oceanográfico Nacional de Chile.
- Rollinson, H. (1993). Using geochemical data. *Evaluation, presentation, interpretation*. Routledge.
- Ronov, A. B. (1972). Trends in rare-earth distribution in the sedimentary shell in the earth's crust. *Geochemistry International*, 9, 987-1016.
- Ronov, A. B., Balashov, Y. A., Girin, Y. P., Bratishko, R. K., & Kazakov, G. A. (1974). Regularities of rare-earth element distribution in the sedimentary shell and in the crust of the earth. *Sedimentology*, 21(2), 171-193.
- Ruby, G. (1945). Mina Rica structure, Seno Otway district, Magallanes. *Informe Técnico ENAP (Inédito)*, Santiago.
- Rudolph, A., Novoa, V., Ahumada, R., Saez, K., & Silva, N. (2014). Calidad de los sedimentos marinos entre el Estrecho de Magallanes y el Cabo de Hornos (Patagonia chilena) en función de pruebas de toxicidad. *Revista de biología marina y oceanografía*, 49(1), 7-16.
- Sánchez, A. A. (2011). Génesis del plutonismo cenozoico en la Patagonia extra-andina al sur del punto triple (Tesis doctoral). Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Sánchez, A., Pavlishina, P., Godoy, E., Hervé, F., & Fanning, C. M. (2010). Acerca de la presencia de rocas del Paleoceno Superior en la sucesión de antepaís de Cabo Nariz, Tierra del Fuego, Chile: geología y nuevos datos palinológicos y de U-Pb. *Andean geology*, 37(2), 413-432.
- Sandoval, F. B., & De Pascale, G. P. (2020). Slip rates along the narrow Magallanes fault System, tierra Del fuego Region, patagonia. *Scientific reports*, 10(1), 1-13.
- Sarala, P., Pulkkinen, E., Ojala, V. J., & Peltoniemi-Taivalkoski, A. (2009). Gold exploration using till at Petäjälehto, northern Finland. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 9(3), 247-255.
- Saunders, A. D., Tarney, J., Stern, C. R., & Dalziel, I. W. (1979). Geochemistry of Mesozoic marginal basin floor igneous rocks from southern Chile. *Geological Society of America Bulletin*, 90(3), 237-258.
- Schulz, K. J., DeYoung, J. H., Seal, R. R., & Bradley, D. C. (2018). Critical mineral resources of the United States: economic and environmental geology and prospects for future supply. Geological Survey.
- Schumacher, B. A. (2002). Methods for the Determination of Total Organic Carbon (TOC) in Soils and Sediments. Ecological Risk Assessment Support Center. *Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency*, Las Vegas.
- SEIA. (2018). Ficha del proyecto: Prospección Minera Cutter Cove Etapa IV. *Servicio de Evaluación Ambiental, Gobierno de Chile*. Recuperado de http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?id_expediente=2132647273

- Sepúlveda, F. A. (2004). Metamorfismo de bajo grado en rocas del Complejo Denaro, archipiélago Madre de Dios, XII Región (Tesis de pregrado). Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Sepúlveda, F. A. (2011). Petrología y Evolución Geodinámica del Complejo Denaro en el Terreno Madre de Dios (50°-53° S): Ambiente de Génesis y de Acreción al Margen de Gondwana (Tesis Doctoral). Departamento Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Sepúlveda, F. A., Hervé, F., Calderón, M., & Lacassie, J. P. (2008). Petrological and geochemical characteristics of metamorphic and igneous units from the allochthonous Madre de Dios Terrane, Southern Chile. *Gondwana Research*, 13(2), 238-249.
- Sepúlveda, F.A., Palma-Heldt, S., Hervé, F., & Fanning, M. (2010). Permian depositional age of metaturbidites of the Duque de York Complex, southern Chile: U-Pb SHRIMP data and palynology. *Andean Geology*, 37(2), 375-397.
- Sernageomin. (2003). Mapa Geológico de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, No. 751 mapa en tres hojas, escala 1:1.000.000. Santiago.
- Sharp, R.P. (1988). Living Ice. *Cambridge University Pres.* Cambridge, 225.
- Sillitoe, R. H., & Thompson, J. F. (1998). Intrusion-Related Vein Gold Deposits: Types, Tectono-Magmatic Settings and Difficulties of Distinction from Orogenic Gold Deposits. *Resource Geology*, 48(4), 237-250.
- Silva, N. (2006). Características físicas y químicas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes. En N. Silva & S. Palma (Ed.), *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos* (69-75). Comité Oceanográfico Nacional.
- Skarmeta, J. (1978). Región continental de Aysén, entre el lago General Carrera y la Cordillera Castillo. *Carta Geológica de Chile 29. Instituto de Investigaciones Geológicas.* 53.
- Stern, C. R. (1979). Open and closed system igneous fractionation within two Chilean ophiolites and the tectonic implication. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 68(3), 243-258.
- Stern, C. R., Moreno, H., López-Escobar, L., Clavero J., Lara, L., Naranjo, J.,... & Skewes M. A. (2007) .Chilean Volcanoes. In T. Moreno & W. Gibbons (Ed.), *The Geology of Chile* (147-178). The Geological Society of London.
- Stern, C. R., Skewes, M. A., & Durán, M. (1976). Volcanismo orogénico en Chile austral. In *Congreso Geológico Chileno*, 1, 195-212.
- Stern, C. R., & De Wit, M. J. (2003). Rocas Verdes ophiolites, southernmost South America: Remnants of progressive stages of development of oceanic-type crust in a continental margin back-arc basin. *Geological Society, London, Special Publications*, 218(1), 665-683.
- Suárez, M. (1978). Geología del área sur del Canal Beagle. Región de Magallanes y Antártica Chilena. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica*, 36, 48.

- Suárez, M., & Pettigrew, T. H. (1976). An upper Mesozoic island-arc-back-arc system in the southern Andes and South Georgia. *Geological Magazine*, 113(4), 305-328.
- Tan, L., & Chi-Lung, Y. (1970). Abundance of chemical elements in the earth's crust and its major tectonic units. *International Geology Review*, 12(7), 778-786.
- Thomas, C. R. (1949). Geology and petroleum exploration in Magallanes Province, Chile. *AAPG Bulletin*, 33(9), 1553-1578.
- Thomson, S. N., & Hervé, F. (2002). New time constraints for the age of metamorphism at the ancestral Pacific Gondwana margin of southern Chile (42-52° S). *Revista geológica de Chile*, 29(2), 255-271.
- Todd, R., & Kniker, T. (1952). An Eocene Foraminiferal Fauna from the Agua Fresca Shale of Magallanes Province, Southernmost Chile. *Cushman Foundation Foraminiferal Research, Special Publication 1*, 1-28.
- Townley, B. K., Maksaev, V., & Palacios, C. (2000). Base and precious metals geochemistry of rock units of the mainland Aysén region, Chilean Patagonia. *Journal of Geochemical Exploration*, 68(1-2), 21-46.
- Townley, B., Luca, R., López, F., Muñoz, M., & Castillo, P. (2019). Multi-element geochemistry for bulk mineral characterization of hydrothermal alteration associations in porphyry copper deposits and applications to predictive geo-metallurgical modeling. *29th International Mineral Processing Congress, IMPC 2018* (2887-2894). Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum.
- Tukey, T. W. (1970). *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley, preliminary edition.
- Tukey, T. W. (1977). *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley, 2, 131-160.
- Ugalde, R. A. (2014). Contribución al conocimiento de la estratigrafía cenozoica de la Sierra Baguales: la formación Man Aike ("Las Flores"), Provincia de Última Esperanza, Magallanes (Tesis de pregrado), Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Vaasma, T. (2008). Grain-size analysis of lacustrine sediments: a comparison of pretreatment methods. *Estonian Journal of Ecology*, 57(4), 231-243.
- Valdés, A. (2005). Petrología de la aureola metamórfica de contacto del plutón monzogranítico Río Murta, XI región de Aysén, Chile (Tesis de pregrado). Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Vera, J. (2017). *Petrogénesis de asociaciones bimodales del batolito surpatagónico en las cercanías de la península Staines (51° S-52° S)* (Tesis de doctorado). Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.
- Vergara, S. (1996). La Fiebre del oro en Magallanes 1885-1895: Imán demográfico y factor de capitalización. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 162, 101-126.

- Villaseñor, T., Tentori, D., Marsaglia, K. M., & Pinto, L. (2020). The changing Patagonian landscape: Erosion and westward sediment transfer paths in northern Patagonia during the Middle and Late Pleistocene. *Basin Research*, 32(5), 1045-1063.
- Weischet, W. (1964). Geomorfología Glacial de la Región de Los Lagos. *Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Comunicaciones*, 34.
- Wickham, H., & Stryjewski, L. (2011). 40 years of boxplots.
- Wilkin, R. T., & Barnes, H. L. (1997). Formation processes of framboidal pyrite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61(2), 323-339.
- Wilkin, R. T., Barnes, H. L., & Brantley, S. L. (1996). The size distribution of framboidal pyrite in modern sediments: an indicator of redox conditions. *Geochimica et cosmochimica acta*, 60(20), 3897-3912.
- Williams-Jones, A. E., Bowell, R. J., & Migdisov, A. A. (2009). Gold in solution. *Elements*, 5(5), 281-287.
- Willner, A. P., Hervé, F., Thomson, S. N., & Massonne, H. J. (2004). Converging PT paths of Mesozoic HP-LT metamorphic units (Diego de Almagro Island, Southern Chile): evidence for juxtaposition during late shortening of an active continental margin. *Mineralogy and Petrology*, 81(1-2), 43-84.
- Willner, A. P., Sepúlveda, F. A., Hervé, F., Massonne, H. J., & Sudo, M. (2009). Conditions and timing of pumpellyite–actinolite-facies metamorphism in the Early Mesozoic frontal accretionary prism of the Madre de Dios Archipelago (Latitude 50° 20' S; Southern Chile). *Journal of Petrology*, 50(11), 2127-2155.
- Wilson, T.J. (1991). Transition from back-arc to foreland basin development in the southernmost Andes: stratigraphic record from the Ultima Esperanza District, Chile. *Geological Society of America Bulletin*, 103(1), 98-111.
- Zhang, Y., Hobbs, B. E., Ord, A., Barnicoat, A., Zhao, C., Walshe, J. L., & Lin, G. (2003). The influence of faulting on host-rock permeability, fluid flow and ore genesis of gold deposits: a theoretical 2D numerical model. *Journal of Geochemical Exploration*, 78, 279-284.
- Zimmermann, I., & Horn, R. (2020). Impact of sample pretreatment on the results of texture analysis in different soils. *Geoderma*, 371, 114379.

9. ANEXO

9.1 Anexo A: Información Literatura

Tabla 9.1. Producción Estimada de Oro en Magallanes y en Chile (1869-1950). Modificado de Martinic, (2003).

Año	Cantidad en Magallanes [kg]	Cantidad en Chile [kg]
1868-71	10.5 *	1900
1872	15 *	-
1885	209.4	300
1889	124.20	1300
1891-92	163	2400
1893	500	1200
1894	600	1659
1895	300	1789
1901	-	1975
1903	238.5	994
1904	257.4	1135
1905	113.4	1055
1906	113	754
1907	251	1496
1908	-	619
1939	154	-
1940	80.38	-
1941	68.04	-
1942	85	-
1943	87.25	-
1946	30.63 **	-
1947	30.63 **	-
1948	30.63 **	-
1949	30.63 **	-
1950	30.63 **	-

Sólo se mencionan los años para los que se ha constado con información.

() Datos Parciales; (**) Producción anual media.*

Fuentes: Vergara, (1996); Cerón et al., (1944); Instituto Nacional de Estadística; Empresa Nacional de Minería.

9.2 Anexo B: Mineralogía

B.1 Petrografía de Minerales Opacos

Nombre de Muestra: NA2-DR

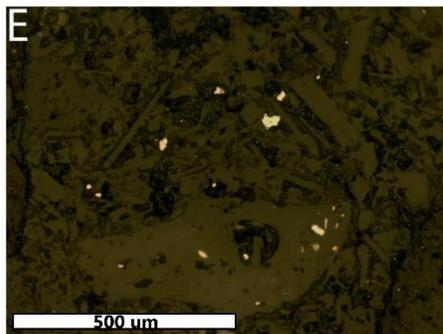
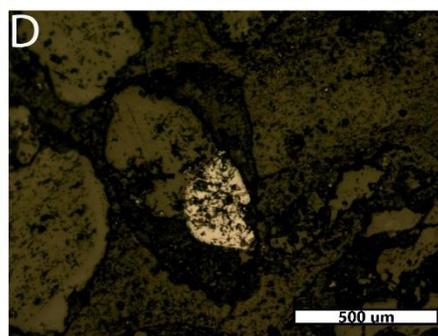
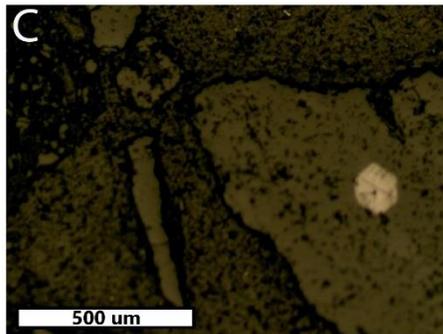
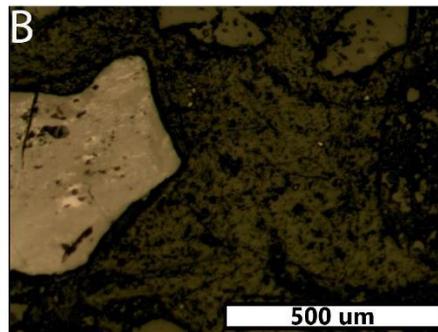
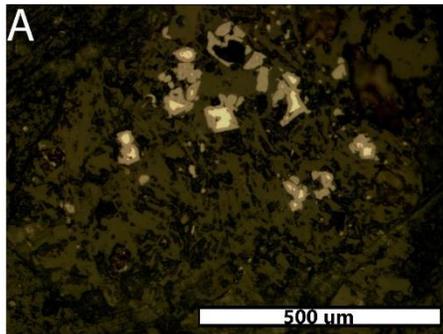
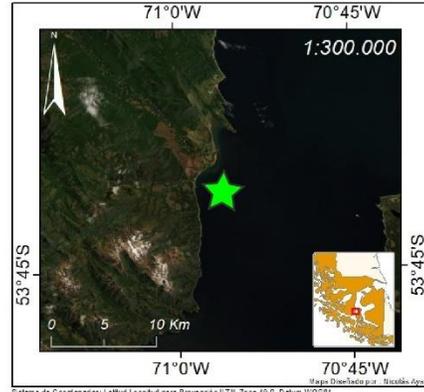
Porcentaje Mineralización Opáca : 15%

Minerales	%	Observaciones
Pirita	30	En fragmentos individuales, a veces cúbicos limonitizados (goethita) en los bordes, también de forma framboidal relleno de cavidades (vistos al objetivo 50X).
Magnetita	40	Se presentan en fragmentos líticos diseminado, también disgregado en granos pequeños.
Ilmenita	19	Asociada a Magnetita.
Goethita	1	Asociada a bordes de pirita, a veces en magnetita también.
Hematita	10	Asociada a Magnetita (Martitización).

Fecha recolección: 17-Oct-2019

Ubicación : Paso del Hambre

Proyecto: CIMAR 25



- A. Piratas cúbicas limonitizadas dentro de fragmento lítico.
 B. Magnetita asociada a ilmenita y hematita.
 C. Magnetita hexagonal en fragmento lítico.
 D. Magnetita moteada en fragmento lítico.
 E. Piratas dentro de fragmentos líticos.

Figura 9.1 Petrografía NA2-DR.

Nombre de Muestra: NA21-DR

Porcentaje Mineralización Opáca : 10%

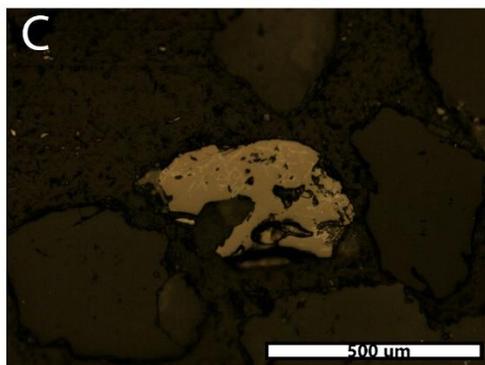
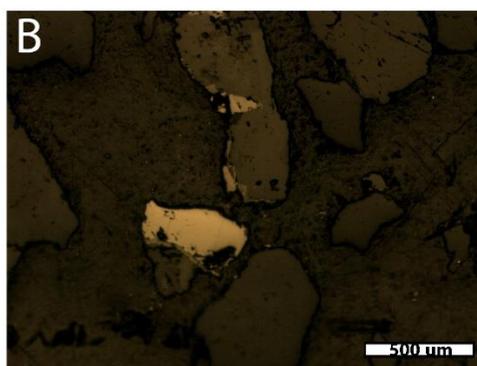
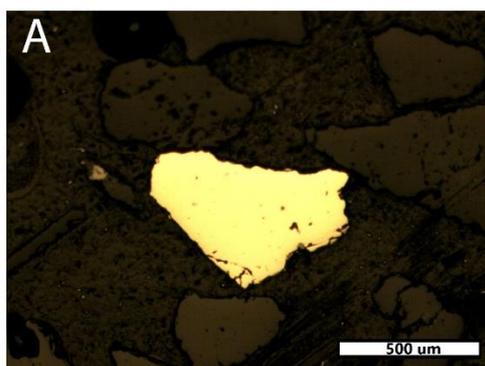
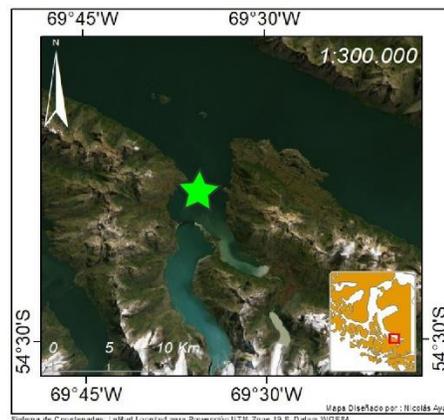
Fecha recolección: 24-Oct-2019

Ubicación : Fiordo Ainsworth

Proyecto: CIMAR 25

Minerales	%	Observaciones
Pirita	10	Se presenta generalmente en granos individuales y más pequeños en fragmentos líticos, a veces con forma framboidal (dentro de material biogénico calcáreo).
Magnetita	30	Aparece en granos individuales y dentro de fragmentos líticos, a veces en conjunto con ilmenita y/o hematita (Martitización).
Ilmenita	20	Asociada a hematita (Martitización) y a magnetita, a veces lamelar.
Hematita	25	Asociado a magnetita y ilmenita.
Goethita	5	En bordes de conjunto magnetita-ilmenita, bandeada.
Titanita	10	Alterando bordes de magnetita.

En general se observan pocos minerales opacos de tamaño grande (visible al 4x), la mayoría son magnetitas-ilmenitas martitizadas.



A. Pirita como grano particular (NP).

B. Magnetita con bordes de titanita en fragmentos líticos (NP).

C. Magnetita asociada a hematita (Martitización) (NP).

Figura 9.2. Petrografía NA21-DR.

Nombre de Muestra: NA22-DR

Porcentaje Mineralización Opáca : 15%

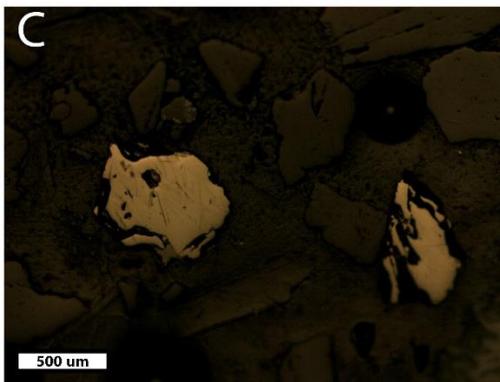
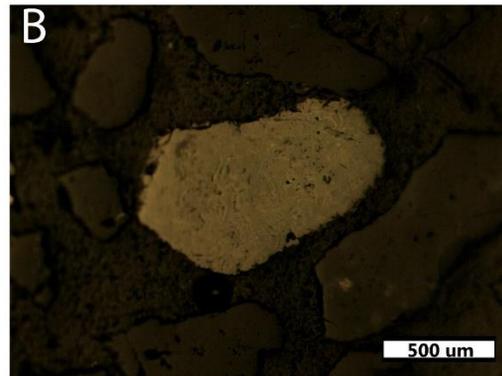
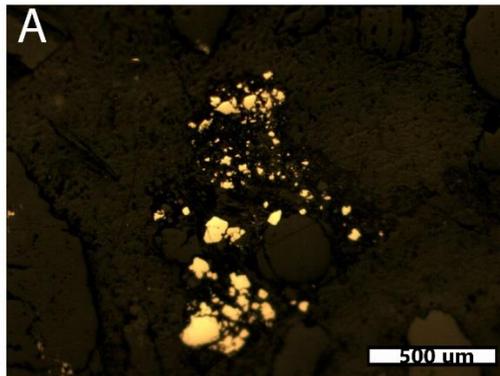
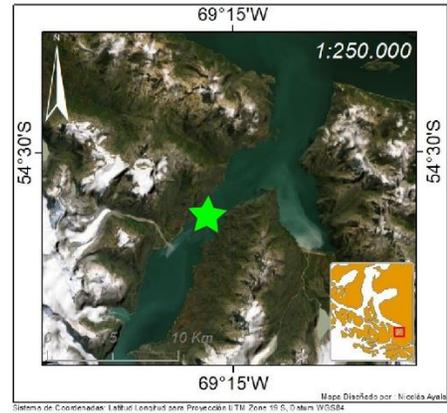
Fecha recolección: 24-Oct-2019

Ubicación : Fiordo Parry

Proyecto: CIMAR 25

Minerales	%	Observaciones
Pirita	10	Presenta formas subhedrales en fragmentos individuales, además se evidencia de forma framboidal visible al objetivo 50X. Se reconoce pirita con limonitizada en bordes (goethita).
Magnetita	50	Diseminada con Ilmenita en granos individuales pequeños, asociada a ilmenita, hematita y a veces goethita.
Hematita	20	Alterando Magnetita, lamelar.
Goethita	5	En bordes de Magnetita-Hematita, a veces en pirita.
Titanita	5	Asociada a bordes de magnetita.
Ilmenita	10	Tabular y diseminada con Magnetita en granos individuales pequeños.

En general los minerales opacos se presentan en fragmentos individuales.



- A. Piritas como fragmentos particulares y en líticas.
- B. Magnetita asociada a ilmenita y hematita.
- C. Magnetitas como fragmentos particulares.

Figura 9.3. Petrografía NA22-DR.

Nombre de Muestra: NA23-DR

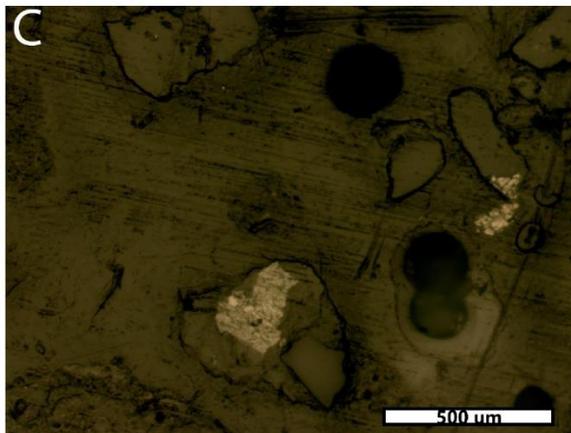
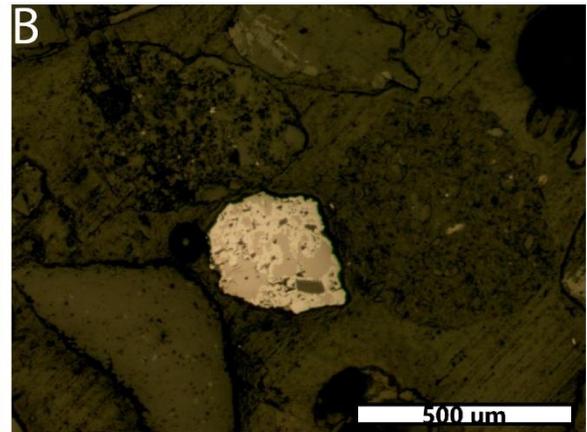
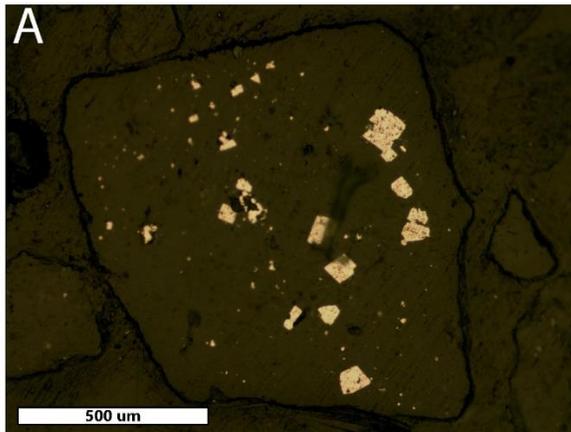
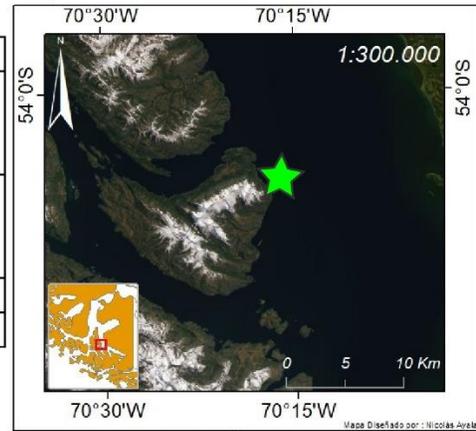
Fecha recolección: 25-Oct-2019

Ubicación : Canal Whiteside

Proyecto: CIMAR 25

Porcentaje Mineralización Opáca : 5%

Minerales	%	Observaciones
Pirita	30	Se observa con cristales cúbicos dentro de fragmento líticos, también con morfología framboidal vista a 50X.
Magnetita	45	Asociada a Ilmenita, presentando cristales hexahédricos subhedrales diseminados en fragmentos líticos.
Ilmenita	20	Asociada a Magnetita.
Goethita	5	Asociada a Magnetita.



- A. Pirita euédrica en fragmento lítico (NP).
- B. Magnetita asociada a ilmenita (NP).
- C. Magnetita asociada con hematita (NP).

Figura 9.4. Petrografía NA23-DR.

Nombre de Muestra: NA33-DR

Porcentaje Mineralización Opáca : 15%

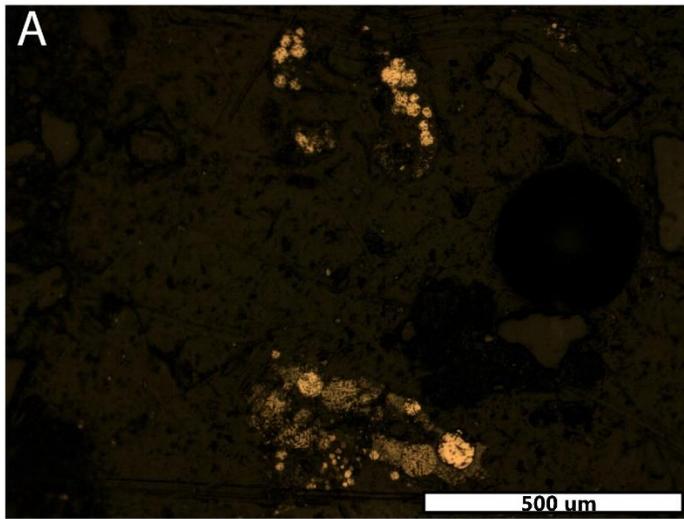
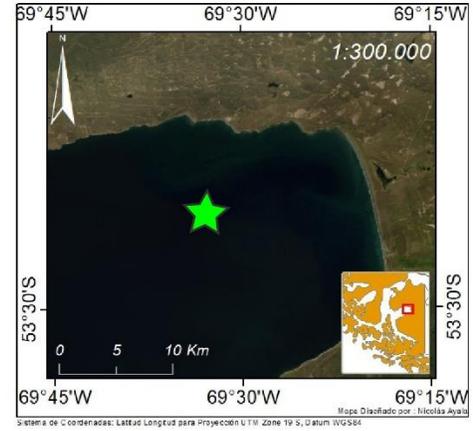
Minerales	%	Observaciones
Pirita	80	Principalmente aparece de morfología framboidal (50%) relleno de fragmentos líticos y restos biogénicos.
Ilmenita	5	Asociado a Magnetita.
Magnetita	15	Granular dentro de fragmentos líticos, asociado a ilmenita.

Principalmente destaca la gran cantidad relativa de pirita framboidal presente en la muestra.

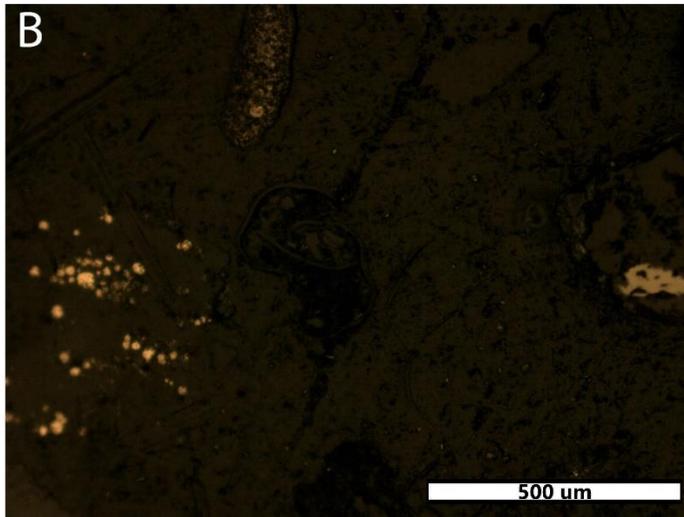
Fecha recolección: 26-Oct-2019

Ubicación : Bahía Inútil

Proyecto: CIMAR 25



A. Piritas framboidales relleno de espacios de fragmentos líticos



B. Piritas framboidales (izquierda) y magnetita (derecha).

Figura 9.5. Petrografía NA33-DR.

Nombre de Muestra: NA36-DR

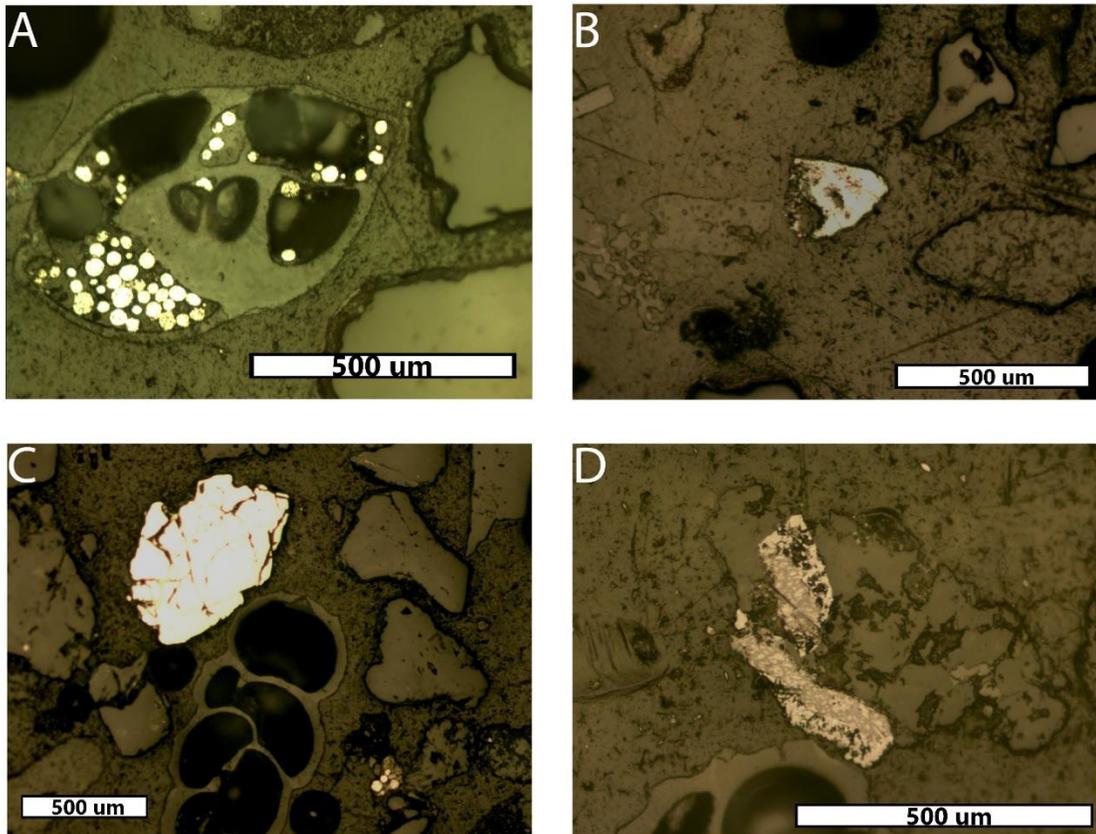
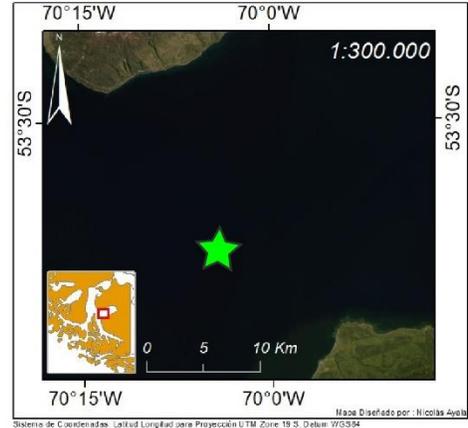
Porcentaje Mineralización Opáca : 10%

Fecha recolección: 26-Oct-2019

Ubicación : Bahía Inútil

Proyecto: CIMAR 25

Minerales	%	Observaciones
Pirita	35	Fragmentos individuales moteados, también dentro de fragmentos líticos, pero de tamaños menores. Existen morfologías framboidales de tamaños menores, al interior de líticos y restos calcáreos biogénicos.
Magnetita	35	Presente al interior de fragmentos líticos, asociada a ilmenita, hematita y goethita.
Ilmenita	20	Asociada a Magnetita.
Goethita	5	En bordes de magnetita-ilmenita.
Hematita	5	Asociado a magnetita.
Muestra con alto contenido de restos biogénicos calcáreos.		



A. Pirita framboidal relleno de restos biogénicos (NP); B. Magnetita como grano individual (NP); C. Pirita como grano individual (NP); D. Magnetita asociada a ilmenita (NP).

Figura 9.6. Petrografía NA36-DR.

Nombre de Muestra: NA41-DR

Fecha recolección: 27-Oct-2019
 Ubicación : Paso Nuevo
 Proyecto: CIMAR 25

Porcentaje Mineralización Opáca : 5%

Minerales	%	Observaciones
Pirita	15	Se presenta en granos individuales moteados y en fragmentos líticos, también se presentan con morfología framboidal.
Magnetita	50	Reconocible en granos individuales y también siendo parte de fragmento líticos, pero de menor tamaño, asociado a hematita (martitización) y ilmenita.
Hematita	5	Presente en algunos granos de magnetita.
Ilmenita	30	Forma lamelar en presencia de magnetita.
En general hay poca presencia de minerales opacos, notar la presencia de pirita framboidal de tamaño considerable.		

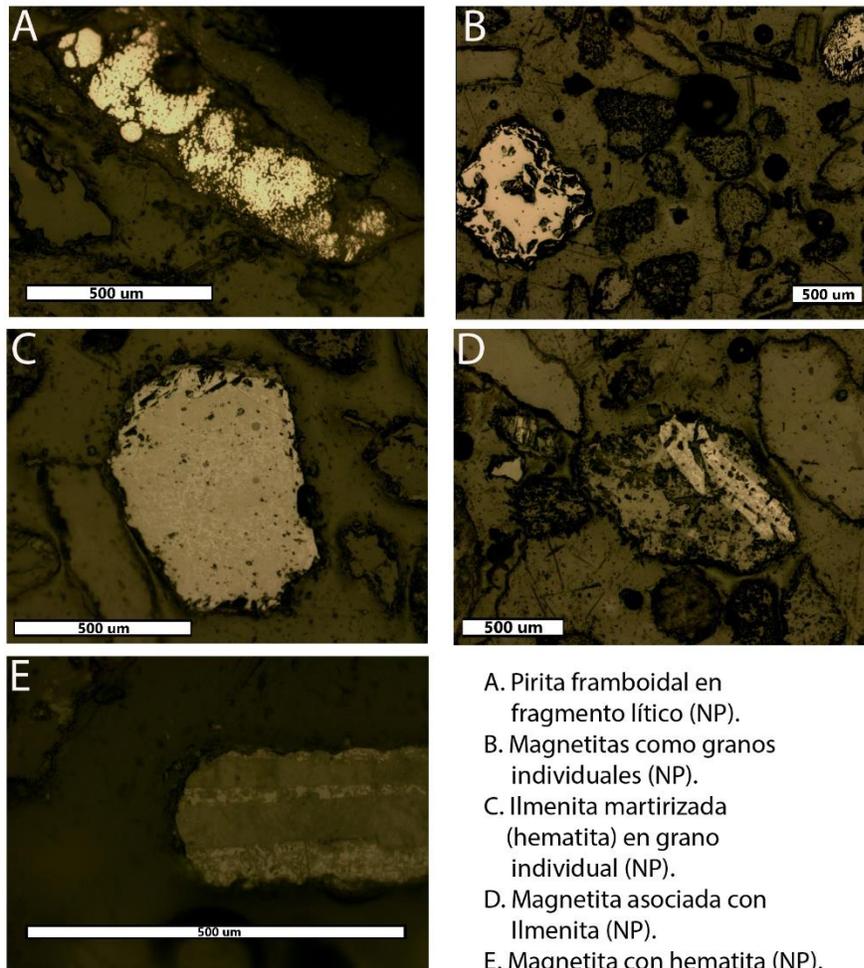
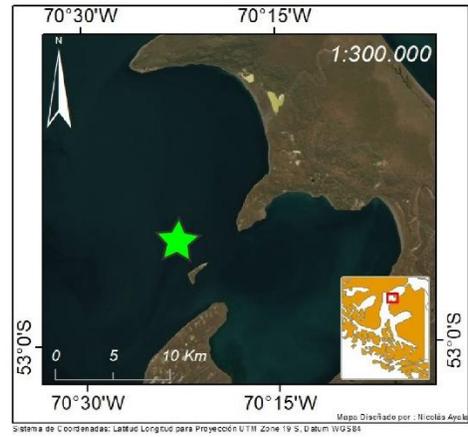


Figura 9.7. Petrografía NA41-DR.

Nombre de Muestra: NAT-1

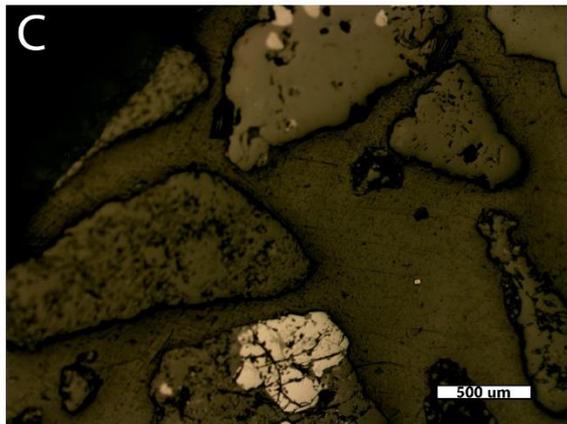
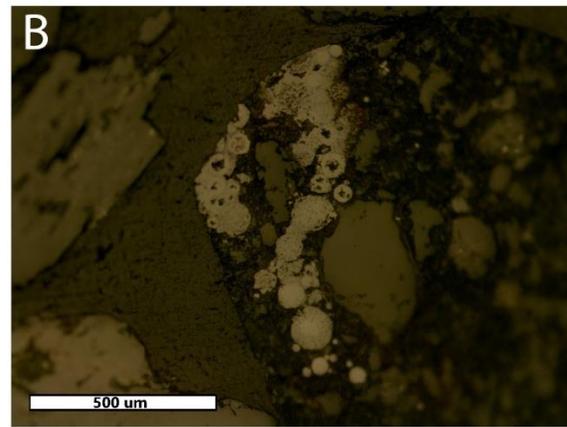
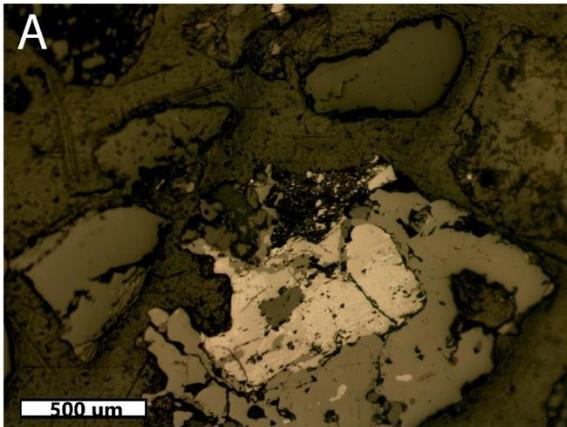
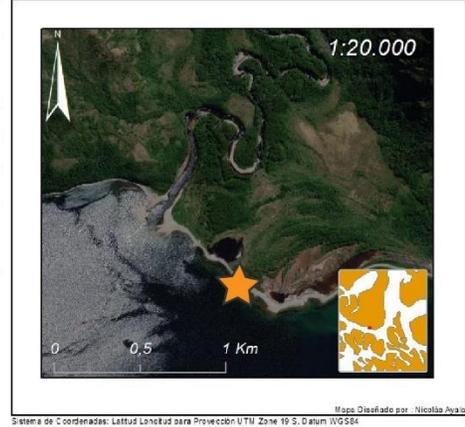
Porcentaje Mineralización Opáca : 5%

Fecha recolección: 21-Oct-2019

Ubicación : Bahía Snug

Proyecto: CIMAR 25

Minerales	%	Observaciones
Magnetita	55	Dentro de fragmentos líticos, a veces con formas cúbicas marcadas.
Ilmenita	35	Asociado a Magnetita.
Greigita	5	Framboidal en fragmentos líticos.
Pirita	5	Poca presencia de pirita.
En general poca presencia de minerales opácos y en su mayoría magnetitas.		



A. Ilmenita asociada a magnetita y hematita en fragmento lítico (NP).

B. Greigita framboidal en fragmento lítico.

C. Magnetita en fragmento lítico (abajo) y ilmenitas(arriba) (NP).

Figura 9.8. Petrografía NAT-1.

Nombre de Muestra: NAT-2

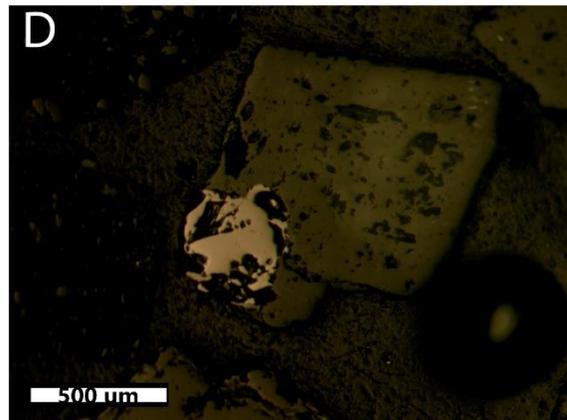
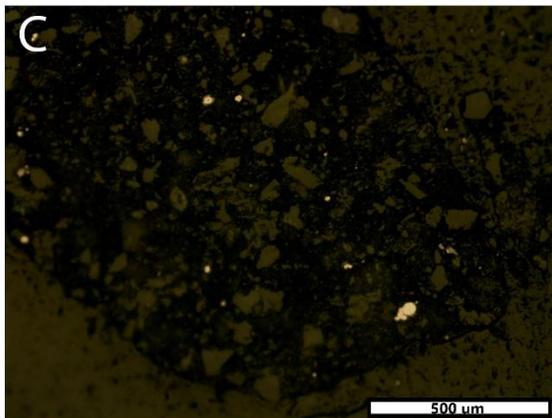
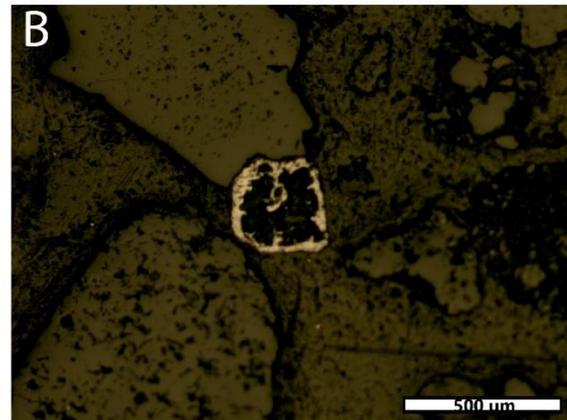
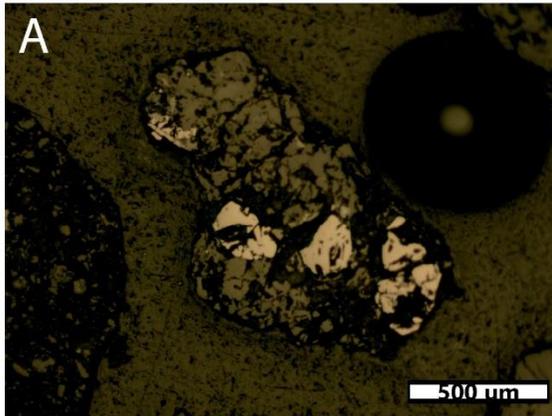
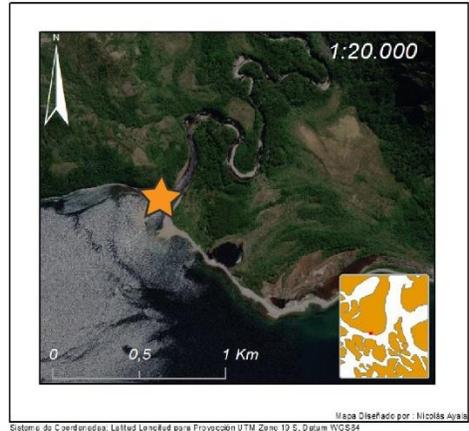
Porcentaje Mineralización Opáca : 10%

Fecha recolección: 21-Oct-2019

Ubicación : Bahía Snug

Proyecto: CIMAR 25

Minerales	%	Observaciones
Magnetita	70	Se reconocen morfologías cúbicas, asociado a ilmenita.
Ilmenita	20	Dentro de fragmentos líticos, presnetando morfología lamelar.
Pirita	5	Limonitizadas dentro de fragmentos líticos
Goethita	5	En bordes de piritas.
En general destaca la gran presencia de magnetita.		



- A. Magnetitas en fragmento lítico, presencia de ilmenita (NP).
- B. Magnetita euédral (NP).
- C. Piritas en fragmento lítico, algunas limonitizadas (NP).
- D. Magnetita en fragmento lítico (NP).

Figura 9.9. Petrografía NAT-2.

9.3 Anexo C: Geoquímica

C.1 Control de Calidad

Tabla 9.2. Control de calidad, estándar OREAS 920 (Material de Referencia certificado de cobre de la mina CSA, Nueva Gales del sur, Australia).

Análisis	Elemento	Concentración	OREAS 920 (Prom. ALS)	OREAS 920 Certificado *	Desviación Estándar Oreas 920 (σ)	Entra en Intervalo: [Valor Certificado $\pm 2\sigma$]
ME-MS61L	Ag	[ppm]	0.1	<0.2	IND	IND
ME-MS61L	Al	[%]	7.83	7.69	0.416	Si
ME-MS61L	As	[ppm]	5.27	5.13	0.79	Si
ME-MS61L	Ba	[ppm]	555	546	18	Si
ME-MS61L	Be	[ppm]	2.62	2.88	0.216	Si
ME-MS61L	Bi	[ppm]	0.64	0.69	0.11	Si
ME-MS61L	Ca	[%]	0.505	0.497	0.022	Si
ME-MS61L	Cd	[ppm]	0.05	<0.08	IND	IND
ME-MS61L	Ce	[ppm]	90	94	4.6	Si
ME-MS61L	Co	[ppm]	15.9	15.6	0.91	Si
ME-MS61L	Cr	[ppm]	85	79	12	Si
ME-MS61L	Cs	[ppm]	8.65	8.63	0.403	Si
ME-MS61L	Cu	[ppm]	115	112	4	Si
ME-MS61L	Fe	[%]	4.03	4.14	0.199	Si
ME-MS61L	Ga	[ppm]	19.9	20.8	0.90	Si
ME-MS61L	Ge	[ppm]	0.23	<2	IND	IND
ME-MS61L	Hf	[ppm]	4.63	4.6	0.369	Si
ME-MS61L	In	[ppm]	0.078	0.084	0.006	Si
ME-MS61L	K	[%]	2.85	2.89	0.097	Si
ME-MS61L	La	[ppm]	46.1	46.1	2.49	Si
ME-MS61L	Li	[ppm]	28.7	29.1	1.53	Si
ME-MS61L	Mg	[%]	1.35	1.38	0.062	Si
ME-MS61L	Mn	[ppm]	579	600	30	Si
ME-MS61L	Mo	[ppm]	0.445	0.46	0.07	Si
ME-MS61L	Na	[%]	0.640	0.633	0.031	Si
ME-MS61L	Nb	[ppm]	17.6	17.4	1.31	Si
ME-MS61L	Ni	[ppm]	41.6	41.8	2.75	Si
ME-MS61L	P	[%]	0.075	0.072	0.005	Si
ME-MS61L	Pb	[ppm]	22.8	23.5	1.26	Si
ME-MS61L	Rb	[ppm]	174	176	12	Si
ME-MS61L	Re	[ppm]	<0.4	<2	IND	IND
ME-MS61L	S	[%]	0.030	0.031	0.004	Si
ME-MS61L	Sb	[ppm]	1.54	1.49	0.097	Si
ME-MS61L	Sc	[ppm]	14.0	14.3	1.05	Si
ME-MS61L	Se	[ppm]	0.3	<2	IND	IND
ME-MS61L	Sn	[ppm]	4.97	5.04	0.404	Si
ME-MS61L	Sr	[ppm]	82	82	5.0	Si
ME-MS61L	Ta	[ppm]	1.35	1.25	0.17	Si

ME-MS61L	Te	[ppm]	0.021	<0.05	IND	IND
ME-MS61L	Th	[ppm]	18.2	19.3	1.59	Si
ME-MS61L	Ti	[%]	0.475	0.488	0.021	Si
ME-MS61L	Tl	[ppm]	0.84	0.92	0.021	No
ME-MS61L	U	[ppm]	3.65	3.74	0.172	Si
ME-MS61L	V	[ppm]	98	97	6.1	Si
ME-MS61L	W	[ppm]	3.16	3.11	0.47	Si
ME-MS61L	Y	[ppm]	32.9	33.2	1.91	Si
ME-MS61L	Zn	[ppm]	118	116	6	Si
ME-MS61L	Zr	[ppm]	162	151	11	Si
MS61L-REE	Dy	[ppm]	5.86	6.44	0.269	No
MS61L-REE	Er	[ppm]	3.36	3.69	0.138	No
MS61L-REE	Eu	[ppm]	1.42	1.5	0.076	Si
MS61L-REE	Gd	[ppm]	6.61	6.97	0.378	Si
MS61L-REE	Ho	[ppm]	1.24	1.26	0.055	Si
MS61L-REE	Lu	[ppm]	0.46	0.5	0.046	Si
MS61L-REE	Nd	[ppm]	38.6	40.4	1.74	Si
MS61L-REE	Pr	[ppm]	10.60	10.9	0.35	Si
MS61L-REE	Sm	[ppm]	8.09	7.84	0.467	Si
MS61L-REE	Tb	[ppm]	0.98	1.06	0.049	Si
MS61L-REE	Tm	[ppm]	0.50	0.54	0.049	Si
MS61L-REE	Yb	[ppm]	3.19	3.33	0.210	Si

Tabla 9.3. Control de calidad, estándar OREAS 47 (Material de referencia certificado de roca basal glacial procedente de Quebec, Canadá).

Análisis	Elemento	Concentración	OREAS 47 (Prom. ALS)	OREAS 47 Certificado*	Desviación Estándar Oreas 47 (σ)	Entra en Intervalo: [Valor Certificado $\pm 2\sigma$]
ME-MS61L	Ag	[ppm]	0.115	0.13	0.019	Si
ME-MS61L	Al	[%]	6.12	6.25	0.183	Si
ME-MS61L	As	[ppm]	10.18	9.57	0.435	Si
ME-MS61L	Ba	[ppm]	465	485	14	Si
ME-MS61L	Be	[ppm]	0.98	1.04	0.11	Si
ME-MS61L	Bi	[ppm]	0.16	0.17	0.014	Si
ME-MS61L	Ca	[%]	2.33	2.31	0.056	Si
ME-MS61L	Cd	[ppm]	0.51	0.50	0.036	Si
ME-MS61L	Ce	[ppm]	52	55	2.0	Si
ME-MS61L	Co	[ppm]	51	53	1.9	Si
ME-MS61L	Cr	[ppm]	88	82	12	Si
ME-MS61L	Cs	[ppm]	2.02	2.09	0.079	Si
ME-MS61L	Cu	[ppm]	153	159	4	Si
ME-MS61L	Fe	[%]	2.71	2.78	0.067	Si
ME-MS61L	Ga	[ppm]	13.325	14.1	0.65	Si
ME-MS61L	Ge	[ppm]	0.18	-	-	IND
ME-MS61L	Hf	[ppm]	1.88	1.87	0.173	Si
ME-MS61L	In	[ppm]	0.055	0.055	0.006	Si
ME-MS61L	K	[%]	1.14	1.18	0.029	Si
ME-MS61L	La	[ppm]	28.8	30.1	1.23	Si
ME-MS61L	Li	[ppm]	42.2	42.5	2.38	Si

ME-MS61L	Mg	[%]	0.940	0.979	0.022	Si
ME-MS61L	Mn	[ppm]	471.5	510.0	20.0	Si
ME-MS61L	Mo	[ppm]	12.7	12.9	0.44	Si
ME-MS61L	Na	[%]	2.51	2.61	0.057	Si
ME-MS61L	Nb	[ppm]	17.2	17.0	0.84	Si
ME-MS61L	Ni	[ppm]	87	90	2.8	Si
ME-MS61L	P	[%]	0.055	0.056	0.002	Si
ME-MS61L	Pb	[ppm]	271	284	10	Si
ME-MS61L	Rb	[ppm]	36.6	37.9	2.14	Si
ME-MS61L	Re	[ppm]	0.45	< 0.002	IND	IND
ME-MS61L	S	[%]	0.050	0.044	0.005	Si
ME-MS61L	Sb	[ppm]	0.32	0.32	0.03	Si
ME-MS61L	Sc	[ppm]	8.22	9.11	0.320	No
ME-MS61L	Se	[ppm]	0.076	-	-	IND
ME-MS61L	Sn	[ppm]	4.33	4.30	0.45	Si
ME-MS61L	Sr	[ppm]	402	408	17	Si
ME-MS61L	Ta	[ppm]	0.40	0.42	0.08	Si
ME-MS61L	Te	[ppm]	0.013	-	-	IND
ME-MS61L	Th	[ppm]	3.5	3.86	0.236	Si
ME-MS61L	Ti	[%]	0.212	0.213	0.008	Si
ME-MS61L	Tl	[ppm]	0.22	0.25	0.022	Si
ME-MS61L	U	[ppm]	0.73	0.76	0.052	Si
ME-MS61L	V	[ppm]	58	58	2.1	Si
ME-MS61L	W	[ppm]	0.25	0.26	0.024	Si
ME-MS61L	Y	[ppm]	10.5	10.7	0.41	Si
ME-MS61L	Zn	[ppm]	218	226	14	Si
ME-MS61L	Zr	[ppm]	68	63	7	Si
MS61L-REE	Dy	[ppm]	1.96	2.12	0.118	Si
MS61L-REE	Er	[ppm]	1.06	1.18	0.088	Si
MS61L-REE	Eu	[ppm]	0.94	1.03	0.080	Si
MS61L-REE	Gd	[ppm]	2.70	3.01	0.249	Si
MS61L-REE	Ho	[ppm]	0.39	0.41	0.024	Si
MS61L-REE	Lu	[ppm]	0.14	0.15	0.02	Si
MS61L-REE	Nd	[ppm]	21.9	24.3	1.08	No
MS61L-REE	Pr	[ppm]	6.28	6.68	0.245	Si
MS61L-REE	Sm	[ppm]	3.95	4.03	0.281	Si
MS61L-REE	Tb	[ppm]	0.34	0.38	0.018	No
MS61L-REE	Tm	[ppm]	0.15	0.15	0.006	Si
MS61L-REE	Yb	[ppm]	0.98	1.01	0.053	Si

Tabla 9.4. Control de calidad, estándar OREAS 45h (Material de referencia certificado de suelo laterítico mineralizado, estéril y adiciones menores de oro y níquel, Australia).

Análisis	Elemento	Concentración	OREAS 45h (Prom. ALS)	OREAS 45h Certificado*	Desviación Estándar Oreas 45h (σ)	Entra en Intervalo: [Valor Certificado $\pm 2\sigma$]
ME-MS61L	Ag	[ppm]	0.131	0.147	0.028	Si
ME-MS61L	Al	[%]	7.88	7.99	0.261	Si
ME-MS61L	As	[ppm]	18.1	16.9	1.25	Si
ME-MS61L	Ba	[ppm]	329	332	13	Si

ME-MS61L	Be	[ppm]	1.05	1.09	0.15	Si
ME-MS61L	Bi	[ppm]	0.16	0.17	0.015	Si
ME-MS61L	Ca	[%]	0.140	0.135	0.010	Si
ME-MS61L	Cd	[ppm]	<0.0055	-	-	IND
ME-MS61L	Ce	[ppm]	22.2	23.6	1.63	Si
ME-MS61L	Co	[ppm]	85	88	3.8	Si
ME-MS61L	Cr	[ppm]	620	602	50	Si
ME-MS61L	Cs	[ppm]	2.32	2.29	0.124	Si
ME-MS61L	Cu	[ppm]	755	767	18	Si
ME-MS61L	Fe	[%]	19.08	19.52	0.658	Si
ME-MS61L	Ga	[ppm]	23.1	21.3	1.57	Si
ME-MS61L	Ge	[ppm]	0.69	-	-	IND
ME-MS61L	Hf	[ppm]	3.48	3.6	0.284	Si
ME-MS61L	In	[ppm]	0.09	0.1	0.009	Si
ME-MS61L	K	[%]	0.200	0.205	0.006	Si
ME-MS61L	La	[ppm]	12.2	12.4	0.89	Si
ME-MS61L	Li	[ppm]	13.5	13.1	0.95	Si
ME-MS61L	Mg	[%]	0.225	0.238	0.012	Si
ME-MS61L	Mn	[ppm]	360	380	10	Si
ME-MS61L	Mo	[ppm]	1.46	1.55	0.23	Si
ME-MS61L	Na	[%]	0.094	0.09	0.005	Si
ME-MS61L	Nb	[ppm]	14.9	14.8	0.86	Si
ME-MS61L	Ni	[ppm]	418	423	20	Si
ME-MS61L	P	[%]	0.023	0.023	0.002	Si
ME-MS61L	Pb	[ppm]	11.3	11.9	0.84	Si
ME-MS61L	Rb	[ppm]	21.5	22.5	1.13	Si
ME-MS61L	Re	[ppm]	<0.4	-	-	IND
ME-MS61L	S	[%]	0.035	0.035	0.004	Si
ME-MS61L	Sb	[ppm]	0.57	0.63	0.07	Si
ME-MS61L	Sc	[ppm]	61	57	3.6	Si
ME-MS61L	Se	[ppm]	1.77	2.02	0.39	Si
ME-MS61L	Sn	[ppm]	1.88	1.93	0.160	Si
ME-MS61L	Sr	[ppm]	26.9	27.1	1.48	Si
ME-MS61L	Ta	[ppm]	1.01	1.08	0.12	Si
ME-MS61L	Te	[ppm]	0.102	-	-	IND
ME-MS61L	Th	[ppm]	6.67	7.26	0.78	Si
ME-MS61L	Ti	[%]	0.850	0.878	0.027	Si
ME-MS61L	Tl	[ppm]	0.13	0.15	0.013	Si
ME-MS61L	U	[ppm]	1.59	1.68	0.144	Si
ME-MS61L	V	[ppm]	254	263	9	Si
ME-MS61L	W	[ppm]	0.94	0.99	0.088	Si
ME-MS61L	Y	[ppm]	9.92	10.4	0.71	Si
ME-MS61L	Zn	[ppm]	39.3	39.7	1.81	Si
ME-MS61L	Zr	[ppm]	131	131	6	Si
MS61L-REE	Dy	[ppm]	2.22	2.63	0.255	Si
MS61L-REE	Er	[ppm]	1.28	1.62	0.19	Si
MS61L-REE	Eu	[ppm]	0.61	0.65	0.055	Si
MS61L-REE	Gd	[ppm]	2.13	2.41	0.204	Si
MS61L-REE	Ho	[ppm]	0.47	0.56	0.036	No
MS61L-REE	Lu	[ppm]	0.19	0.24	0.05	Si

MS61L-REE	Nd	[ppm]	10.4	11.3	0.93	Si
MS61L-REE	Pr	[ppm]	2.76	2.93	0.130	Si
MS61L-REE	Sm	[ppm]	2.43	2.5	0.26	Si
MS61L-REE	Tb	[ppm]	0.35	0.4	0.019	No
MS61L-REE	Tm	[ppm]	0.21	0.26	0.03	Si
MS61L-REE	Yb	[ppm]	1.40	1.66	0.20	Si

Tabla 9.5. Control de calidad, estándar ensayo a fuego para Au.

Estándares Au	Valor Certificado de Estándares [ppm]	Desviación Estándar (σ)[ppm]	Valor Obtenido en ALS [ppm]	Entra en Intervalo: [Valor Certificado $\pm 2\sigma$]
OREAS 219	0.760	0.024	0.782	Si
OREAS 682	0.075	0.004	0.076	Si
GPP-14	0.909	0.023	0.917	Si
OREAS 684	0.248	0.014	0.23	Si
G919-10	7.58	0.22	7.87	Si
PK03	5.038	0.167	5.21	Si

Tabla 9.6. Control de calidad, blancos para análisis multi-elemento (59), laboratorio BV.

Análisis	Elemento	Concentración	Blanco 1	Blanco 2
MA250	Ag	[ppm]	0.022	<0.020
MA250	Al	[%]	0.05	0.05
MA250	As	[ppm]	2	1.6
MA250	Ba	[ppm]	3	3
MA250	Be	[ppm]	<1	<1
MA250	Bi	[ppm]	0.05	<0.04
MA250	Ca	[%]	<0.01	<0.01
MA250	Cd	[ppm]	<0.02	<0.02
MA250	Ce	[ppm]	0.32	0.36
MA250	Co	[ppm]	0.3	0.3
MA250	Cr	[ppm]	6	7
MA250	Cs	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Cu	[ppm]	6.9	6.4
MA250	Fe	[%]	0.78	0.81
MA250	Ga	[ppm]	0.23	0.18
MA250	Hf	[ppm]	<0.02	<0.02
MA250	In	[ppm]	<0.01	<0.01
MA250	K	[%]	0.02	0.02
MA250	La	[ppm]	0.2	0.2
MA250	Li	[ppm]	2.2	2
MA250	Mg	[%]	<0.01	<0.01
MA250	Mn	[ppm]	77	78
MA250	Mo	[ppm]	0.95	1.13
MA250	Na	[%]	0.012	0.012
MA250	Nb	[ppm]	0.07	0.08

MA250	Ni	[ppm]	1.4	1.3
MA250	P	[%]	<0.001	<0.001
MA250	Pb	[ppm]	0.48	0.29
MA250	Rb	[ppm]	0.9	0.9
MA250	Re	[ppm]	<0.002	0.003
MA250	S	[%]	<0.04	<0.04
MA250	Sb	[ppm]	0.12	0.13
MA250	Sc	[ppm]	<0.1	0.2
MA250	Se	[ppm]	<0.3	<0.3
MA250	Sn	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Sr	[ppm]	1	1
MA250	Ta	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Te	[ppm]	<0.05	<0.05
MA250	Th	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Ti	[%]	0.003	0.003
MA250	Tl	[ppm]	<0.05	<0.05
MA250	U	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	V	[ppm]	4	3
MA250	W	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Y	[ppm]	0.1	0.1
MA250	Zn	[ppm]	4.5	3
MA250	Zr	[ppm]	0.3	0.3
MA250	Dy	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Er	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Eu	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Gd	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Ho	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Lu	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Nd	[ppm]	0.1	<0.1
MA250	Pr	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Sm	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Tb	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Tm	[ppm]	<0.1	<0.1
MA250	Yb	[ppm]	<0.1	<0.1

Tabla 9.7. Control de calidad, blancos para análisis multi-elemento (60), laboratorio ALS.

Análisis	Elemento	Concentración	Blanco 1	Blanco 2
ME-MS61L	Ag	[ppm]	<0.002	<0.002
ME-MS61L	Al	[%]	<0.01	<0.01
ME-MS61L	As	[ppm]	0.03	<0.02
ME-MS61L	Ba	[ppm]	<1	<1
ME-MS61L	Be	[ppm]	<0.02	<0.02
ME-MS61L	Bi	[ppm]	<0.002	0,004
ME-MS61L	Ca	[%]	<0.01	<0.01
ME-MS61L	Cd	[ppm]	<0.005	0,005
ME-MS61L	Ce	[ppm]	0,02	<0.01
ME-MS61L	Co	[ppm]	0,008	0,011

ME-MS61L	Cr	[ppm]	<0.3	<0.3
ME-MS61L	Cs	[ppm]	<0.01	<0.01
ME-MS61L	Cu	[ppm]	<0.02	0.08
ME-MS61L	Fe	[%]	0.002	<0.002
ME-MS61L	Ga	[ppm]	0,05	0,05
ME-MS61L	Ge	[ppm]	<0.05	<0.05
ME-MS61L	Hf	[ppm]	<0.004	<0.004
ME-MS61L	In	[ppm]	<0.005	<0.005
ME-MS61L	K	[%]	<0.01	<0.01
ME-MS61L	La	[ppm]	0,008	<0.005
ME-MS61L	Li	[ppm]	<0.2	<0.2
ME-MS61L	Mg	[%]	<0.01	<0.01
ME-MS61L	Mn	[ppm]	<0.2	<0.2
ME-MS61L	Mo	[ppm]	<0.02	<0.02
ME-MS61L	Na	[%]	0,002	0,002
ME-MS61L	Nb	[ppm]	<0.005	<0.005
ME-MS61L	Ni	[ppm]	<0.08	<0.08
ME-MS61L	P	[%]	<0.001	<0.001
ME-MS61L	Pb	[ppm]	0,08	0,02
ME-MS61L	Rb	[ppm]	0,02	<0.02
ME-MS61L	Re	[ppm]	<0.0004	0,0005
ME-MS61L	S	[%]	<0.01	<0.01
ME-MS61L	Sb	[ppm]	<0.02	<0.02
ME-MS61L	Sc	[ppm]	<0.01	0,01
ME-MS61L	Se	[ppm]	<0.006	<0.006
ME-MS61L	Sn	[ppm]	<0.02	<0.02
ME-MS61L	Sr	[ppm]	0,06	<0.02
ME-MS61L	Ta	[ppm]	<0.01	<0.01
ME-MS61L	Te	[ppm]	<0.005	<0.005
ME-MS61L	Th	[ppm]	<0.004	<0.004
ME-MS61L	Ti	[%]	<0.001	<0.001
ME-MS61L	Tl	[ppm]	0.004	0,002
ME-MS61L	U	[ppm]	<0.01	<0.01
ME-MS61L	V	[ppm]	0,2	0,2
ME-MS61L	W	[ppm]	<0.008	<0.008
ME-MS61L	Y	[ppm]	0.01	<0.01
ME-MS61L	Zn	[ppm]	<0.2	<0.2
ME-MS61L	Zr	[ppm]	<0.1	<0.1
MS61L-REE	Dy	[ppm]	<0.005	<0.005
MS61L-REE	Er	[ppm]	<0.004	<0.004
MS61L-REE	Eu	[ppm]	<0.004	<0.004
MS61L-REE	Gd	[ppm]	<0.005	<0.005
MS61L-REE	Ho	[ppm]	<0.002	<0.002
MS61L-REE	Lu	[ppm]	<0.002	<0.002
MS61L-REE	Nd	[ppm]	<0.005	<0.005
MS61L-REE	Pr	[ppm]	<0.004	<0.004
MS61L-REE	Sm	[ppm]	<0.004	<0.004
MS61L-REE	Tb	[ppm]	<0.002	<0.002
MS61L-REE	Tm	[ppm]	<0.002	<0.002
MS61L-REE	Yb	[ppm]	<0.004	<0.004

Tabla 9.8. Control de calidad, blancos para análisis de ensayos a fuego.

Laboratorio	Elemento	Limite Detección [ppb]	Blanco 1 [ppb]	Blanco 2 [ppb]
ALS	Au	1	7	<1
Laboratorio	Elemento	Limite Detección [ppb]	Blanco 1 (Qz) [ppb]	Blanco 2 (Qz) [ppb]
BV	Au	2	3	3
BV	Pt	3	<3	<3
BV	Pd	2	<2	<2

C.2 Resultados ICP-MS multi-elemento y 12-REE, Geoquímica

Tabla 9.9. Geoquímica, concentración Ag [ppm].

Ag [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.059	NA35 DRA	0.047
NA2 DR	0.025	NA36 DRA	0.048
NA3 DRA	0.041	NA37 DRB	0.022
NA4 DRB	0.022	NA38 DRB	0.03
NA#5 5A	0.04	NA39 DRA	0.039
NA#6 6C	0.051	NA40 DRA	0.03
NA7 DRA	0.029	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.019	NA42 DR	0.029
NA9 DRA	0.059	NAT1 B#35	0.016
NA10 DRB	0.021	NAT2 B#35	0.022
NA11 DRB	0.055	NAT3 B#35	0.017
NA12 DRB	0.011	NAT4 B#35	0.032
NA14 DRA	0.038	39-4	0.058
NA15 DR1	0.032	41-5	0.082
NA16 DRA	0.055	42-7	0.101
NA17 DRA	0.081	G	0.074
NA18 DRB	0.04	70-10	0.045
NA19 DRA	0.055	43-12	0.081
NA20 DR	0.017	71-15	0.055
NA21 DRC	0.066	50-18	0.056
NA22 DRB	0.066	64-19	0.078
NA23 DR	0.035	62-21	0.064
NA24 DRB	0.055	47-28	0.063
NA25 DRB	0.058	48-30	0.058
NA26 DRC	0.063	59-31	0.038
NA27 DRC	0.081	54-33	0.161
NA28 DRB	0.056	10B-35	0.048
NA29 DRA	0.032	9C-36	0.045
NA30 DRA	0.019	8A-37	0.056
NA31 DRB	0.031	7C-38	0.038
NA32 DRB	0.041	56A-46	<0.02
NA33 DRB	0.043	6B-42	0.021
NA34 DRA	0.047	5B-44	<0.02

Tabla 9.10. Geoquímica, concentración Al [%].

Al [%], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	7.59	NA35 DRA	7.1
NA2 DR	7.49	NA36 DRA	7.11
NA3 DRA	7.12	NA37 DRB	4.24
NA4 DRB	7.58	NA38 DRB	3.37
NA#5 5A	7.36	NA39 DRA	5.93
NA#6 6C	7.12	NA40 DRA	6.93
NA7 DRA	7.66	NA41 DR	-
NA8 DRA	7.98	NA42 DR	6.24
NA9 DRA	7.62	NAT1 B#35	8.1
NA10 DRB	7.92	NAT2 B#35	8.44
NA11 DRB	7.03	NAT3 B#35	8.42
NA12 DRB	6.49	NAT4 B#35	8.4
NA14 DRA	4.7	39-4	8.06
NA15 DR1	7.34	41-5	5.31
NA16 DRA	7.11	42-7	3.68
NA17 DRA	9.06	G	7.62
NA18 DRB	7.79	70-10	7.63
NA19 DRA	8.6	43-12	2.88
NA20 DR	7.76	71-15	7.49
NA21 DRC	8.32	50-18	6.54
NA22 DRB	9.14	64-19	6.37
NA23 DR	8.01	62-21	5.04
NA24 DRB	7.59	47-28	3.96
NA25 DRB	7.74	48-30	7.85
NA26 DRC	8.59	59-31	8.11
NA27 DRC	9.15	54-33	5.7
NA28 DRB	6.7	10B-35	7.13
NA29 DRA	6.57	9C-36	6.02
NA30 DRA	6.62	8A-37	6.54
NA31 DRB	6.38	7C-38	6.59
NA32 DRB	6.91	56A-46	5.93
NA33 DRB	6.89	6B-42	6.76
NA34 DRA	7.27	5B-44	6.47

Tabla 9.11. Geoquímica, concentración As [ppm].

As [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	11.35	NA35 DRA	7.46
NA2 DR	8.11	NA36 DRA	8.06
NA3 DRA	14.75	NA37 DRB	2.56
NA4 DRB	13.7	NA38 DRB	6.97
NA#5 5A	7.2	NA39 DRA	7.57
NA#6 6C	7.18	NA40 DRA	5.6
NA7 DRA	8.94	NA41 DR	-
NA8 DRA	5.83	NA42 DR	5.73
NA9 DRA	14.25	NAT1 B#35	7.54
NA10 DRB	11.55	NAT2 B#35	7.08
NA11 DRB	11.75	NAT3 B#35	8.45
NA12 DRB	1.31	NAT4 B#35	6.18
NA14 DRA	9.17	39-4	17
NA15 DR1	8.43	41-5	8.7
NA16 DRA	10.85	42-7	6.4
NA17 DRA	11.95	G	8.4
NA18 DRB	6.45	70-10	7
NA19 DRA	11.15	43-12	5.8
NA20 DR	12.15	71-15	5.7
NA21 DRC	8.59	50-18	7.7
NA22 DRB	12.25	64-19	6.3
NA23 DR	17.45	62-21	11
NA24 DRB	11	47-28	7.7
NA25 DRB	11.65	48-30	10.4
NA26 DRC	10.5	59-31	4
NA27 DRC	12.7	54-33	11.4
NA28 DRB	11.6	10B-35	9.6
NA29 DRA	8.8	9C-36	13.1
NA30 DRA	7.17	8A-37	12
NA31 DRB	7.53	7C-38	12.8
NA32 DRB	6.99	56A-46	9.4
NA33 DRB	12.55	6B-42	7.9
NA34 DRA	16.6	5B-44	7.7

Tabla 9.12. Geoquímica, concentración **Ba** [ppm].

Ba [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	440	NA35 DRA	430
NA2 DR	440	NA36 DRA	400
NA3 DRA	409	NA37 DRB	313
NA4 DRB	419	NA38 DRB	216
NA#5 5A	389	NA39 DRA	339
NA#6 6C	400	NA40 DRA	429
NA7 DRA	420	NA41 DR	-
NA8 DRA	376	NA42 DR	362
NA9 DRA	430	NAT1 B#35	470
NA10 DRB	470	NAT2 B#35	440
NA11 DRB	381	NAT3 B#35	500
NA12 DRB	248	NAT4 B#35	411
NA14 DRA	298	39-4	611
NA15 DR1	369	41-5	300
NA16 DRA	401	42-7	228
NA17 DRA	820	G	487
NA18 DRB	540	70-10	483
NA19 DRA	600	43-12	160
NA20 DR	580	71-15	457
NA21 DRC	630	50-18	304
NA22 DRB	570	64-19	257
NA23 DR	580	62-21	246
NA24 DRB	420	47-28	190
NA25 DRB	460	48-30	299
NA26 DRC	590	59-31	250
NA27 DRC	690	54-33	509
NA28 DRB	440	10B-35	335
NA29 DRA	439	9C-36	263
NA30 DRA	480	8A-37	382
NA31 DRB	449	7C-38	357
NA32 DRB	420	56A-46	431
NA33 DRB	419	6B-42	373
NA34 DRA	429	5B-44	396

Tabla 9.13. Geoquímica, concentración Be [ppm].

Be [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	1.09	NA35 DRA	1.35
NA2 DR	1.07	NA36 DRA	1.37
NA3 DRA	1.14	NA37 DRB	0.72
NA4 DRB	1.18	NA38 DRB	0.56
NA#5 5A	1.08	NA39 DRA	0.97
NA#6 6C	1.19	NA40 DRA	1.02
NA7 DRA	1.05	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.93	NA42 DR	0.9
NA9 DRA	1.49	NAT1 B#35	1.03
NA10 DRB	1.28	NAT2 B#35	1.03
NA11 DRB	1.36	NAT3 B#35	1.07
NA12 DRB	0.95	NAT4 B#35	1.01
NA14 DRA	0.93	39-4	2
NA15 DR1	1.18	41-5	<1
NA16 DRA	1.37	42-7	<1
NA17 DRA	2.82	G	1
NA18 DRB	1.77	70-10	2
NA19 DRA	2.36	43-12	<1
NA20 DR	1.88	71-15	2
NA21 DRC	1.75	50-18	1
NA22 DRB	2.04	64-19	<1
NA23 DR	1.38	62-21	<1
NA24 DRB	1.5	47-28	<1
NA25 DRB	1.58	48-30	<1
NA26 DRC	1.89	59-31	<1
NA27 DRC	2.23	54-33	2
NA28 DRB	1.31	10B-35	<1
NA29 DRA	1.2	9C-36	1
NA30 DRA	1.28	8A-37	1
NA31 DRB	1.18	7C-38	1
NA32 DRB	1.33	56A-46	1
NA33 DRB	1.37	6B-42	2
NA34 DRA	1.37	5B-44	1

Tabla 9.14. Geoquímica, concentración **Bi** [ppm].

Bi [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.087	NA35 DRA	0.124
NA2 DR	0.069	NA36 DRA	0.205
NA3 DRA	0.078	NA37 DRB	0.043
NA4 DRB	0.068	NA38 DRB	0.059
NA#5 5A	0.076	NA39 DRA	0.105
NA#6 6C	0.128	NA40 DRA	0.054
NA7 DRA	0.047	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.057	NA42 DR	0.075
NA9 DRA	0.317	NAT1 B#35	0.126
NA10 DRB	0.078	NAT2 B#35	0.121
NA11 DRB	0.299	NAT3 B#35	0.124
NA12 DRB	0.077	NAT4 B#35	0.12
NA14 DRA	0.092	39-4	0.49
NA15 DR1	0.1	41-5	0.23
NA16 DRA	0.281	42-7	0.15
NA17 DRA	0.455	G	0.32
NA18 DRB	0.17	70-10	0.28
NA19 DRA	0.47	43-12	0.08
NA20 DR	0.07	71-15	0.22
NA21 DRC	0.321	50-18	0.18
NA22 DRB	0.362	64-19	0.16
NA23 DR	0.144	62-21	0.28
NA24 DRB	0.209	47-28	0.07
NA25 DRB	0.245	48-30	0.15
NA26 DRC	0.394	59-31	<0.04
NA27 DRC	0.4	54-33	0.29
NA28 DRB	0.111	10B-35	0.2
NA29 DRA	0.077	9C-36	0.15
NA30 DRA	0.068	8A-37	0.3
NA31 DRB	0.084	7C-38	0.2
NA32 DRB	0.112	56A-46	0.09
NA33 DRB	0.111	6B-42	0.22
NA34 DRA	0.131	5B-44	0.08

Tabla 9.15. Geoquímica, concentración Ca [%].

Ca [%], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	11.35	NA35 DRA	7.46
NA2 DR	8.11	NA36 DRA	8.06
NA3 DRA	14.75	NA37 DRB	2.56
NA4 DRB	13.7	NA38 DRB	6.97
NA#5 5A	7.2	NA39 DRA	7.57
NA#6 6C	7.18	NA40 DRA	5.6
NA7 DRA	8.94	NA41 DR	-
NA8 DRA	5.83	NA42 DR	5.73
NA9 DRA	14.25	NAT1 B#35	7.54
NA10 DRB	11.55	NAT2 B#35	7.08
NA11 DRB	11.75	NAT3 B#35	8.45
NA12 DRB	1.31	NAT4 B#35	6.18
NA14 DRA	9.17	39-4	0.66
NA15 DR1	8.43	41-5	11.44
NA16 DRA	10.85	42-7	15.44
NA17 DRA	11.95	G	2.96
NA18 DRB	6.45	70-10	2.31
NA19 DRA	11.15	43-12	20.49
NA20 DR	12.15	71-15	2.34
NA21 DRC	8.59	50-18	2.95
NA22 DRB	12.25	64-19	3.79
NA23 DR	17.45	62-21	9.26
NA24 DRB	11	47-28	14.36
NA25 DRB	11.65	48-30	4.93
NA26 DRC	10.5	59-31	3.23
NA27 DRC	12.7	54-33	0.94
NA28 DRB	11.6	10B-35	4.04
NA29 DRA	8.8	9C-36	6.27
NA30 DRA	7.17	8A-37	2.57
NA31 DRB	7.53	7C-38	2.1
NA32 DRB	6.99	56A-46	2.2
NA33 DRB	12.55	6B-42	1.41
NA34 DRA	16.6	5B-44	2.71

Tabla 9.16. Geoquímica, concentración Cd [ppm].

Cd [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.052	NA35 DRA	0.064
NA2 DR	0.043	NA36 DRA	0.042
NA3 DRA	0.04	NA37 DRB	0.078
NA4 DRB	0.044	NA38 DRB	0.121
NA#5 5A	0.045	NA39 DRA	0.095
NA#6 6C	0.063	NA40 DRA	0.042
NA7 DRA	0.027	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.031	NA42 DR	0.056
NA9 DRA	0.151	NAT1 B#35	0.069
NA10 DRB	0.046	NAT2 B#35	0.03
NA11 DRB	0.121	NAT3 B#35	0.042
NA12 DRB	0.051	NAT4 B#35	0.032
NA14 DRA	0.162	39-4	0.03
NA15 DR1	0.06	41-5	0.27
NA16 DRA	0.135	42-7	0.44
NA17 DRA	0.034	G	0.17
NA18 DRB	0.03	70-10	0.18
NA19 DRA	0.064	43-12	0.78
NA20 DR	0.007	71-15	0.12
NA21 DRC	0.06	50-18	0.15
NA22 DRB	0.082	64-19	0.1
NA23 DR	0.069	62-21	0.25
NA24 DRB	0.05	47-28	0.3
NA25 DRB	0.066	48-30	0.23
NA26 DRC	0.117	59-31	0.04
NA27 DRC	0.086	54-33	0.35
NA28 DRB	0.114	10B-35	0.15
NA29 DRA	0.039	9C-36	0.07
NA30 DRA	0.044	8A-37	0.16
NA31 DRB	0.069	7C-38	0.09
NA32 DRB	0.052	56A-46	0.07
NA33 DRB	0.065	6B-42	0.09
NA34 DRA	0.062	5B-44	0.07

Tabla 9.17. Geoquímica, concentración Ce [ppm].

Ce [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	28.5	NA35 DRA	40.7
NA2 DR	28.4	NA36 DRA	43.5
NA3 DRA	29.1	NA37 DRB	21.8
NA4 DRB	29.5	NA38 DRB	28.3
NA#5 5A	29.1	NA39 DRA	37
NA#6 6C	44.8	NA40 DRA	32.1
NA7 DRA	25	NA41 DR	-
NA8 DRA	28.9	NA42 DR	60.7
NA9 DRA	45.6	NAT1 B#35	42.8
NA10 DRB	37.9	NAT2 B#35	32.6
NA11 DRB	41.5	NAT3 B#35	38.9
NA12 DRB	24.7	NAT4 B#35	35.7
NA14 DRA	28.8	39-4	55.04
NA15 DR1	35	41-5	36.47
NA16 DRA	43	42-7	27.73
NA17 DRA	74	G	42.43
NA18 DRB	71.7	70-10	37.14
NA19 DRA	53.2	43-12	26.47
NA20 DR	74.9	71-15	33.24
NA21 DRC	51.9	50-18	29.29
NA22 DRB	66.7	64-19	27.04
NA23 DR	43.5	62-21	30.79
NA24 DRB	48.8	47-28	26.66
NA25 DRB	48.2	48-30	27.97
NA26 DRC	51.8	59-31	18.31
NA27 DRC	57.7	54-33	24.75
NA28 DRB	50	10B-35	30.84
NA29 DRA	44.5	9C-36	36.34
NA30 DRA	48.5	8A-37	35.71
NA31 DRB	44	7C-38	36.06
NA32 DRB	43.2	56A-46	38.64
NA33 DRB	40.8	6B-42	41.99
NA34 DRA	43.4	5B-44	35.09

Tabla 9.18. Geoquímica, concentración Co [ppm].

Co [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	10.45	NA35 DRA	12.1
NA2 DR	10.8	NA36 DRA	12.3
NA3 DRA	13.1	NA37 DRB	4.45
NA4 DRB	12.2	NA38 DRB	5.22
NA#5 5A	11.05	NA39 DRA	8.37
NA#6 6C	10.55	NA40 DRA	8.15
NA7 DRA	8.36	NA41 DR	-
NA8 DRA	11.65	NA42 DR	15.4
NA9 DRA	18.7	NAT1 B#35	18.9
NA10 DRB	17.95	NAT2 B#35	17.2
NA11 DRB	17.5	NAT3 B#35	17.55
NA12 DRB	5.09	NAT4 B#35	16.55
NA14 DRA	11.95	39-4	11.9
NA15 DR1	14.5	41-5	11.5
NA16 DRA	17.25	42-7	7.9
NA17 DRA	16.2	G	19.4
NA18 DRB	11.75	70-10	18
NA19 DRA	14.3	43-12	3.9
NA20 DR	12.8	71-15	14.2
NA21 DRC	21.5	50-18	22.1
NA22 DRB	18.8	64-19	17.3
NA23 DR	20.4	62-21	12.7
NA24 DRB	12.1	47-28	11.1
NA25 DRB	14.55	48-30	19.2
NA26 DRC	21.2	59-31	11.8
NA27 DRC	20.5	54-33	27.7
NA28 DRB	9	10B-35	17.8
NA29 DRA	7.01	9C-36	22
NA30 DRA	6.97	8A-37	18.3
NA31 DRB	5.71	7C-38	17.3
NA32 DRB	6.5	56A-46	7.4
NA33 DRB	6.35	6B-42	12.7
NA34 DRA	7.97	5B-44	9.6

Tabla 9.19. Geoquímica, concentración Cr [ppm].

Cr [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	32.2	NA35 DRA	44.8
NA2 DR	34.4	NA36 DRA	55.2
NA3 DRA	38.9	NA37 DRB	19.5
NA4 DRB	38.1	NA38 DRB	19.4
NA#5 5A	34.5	NA39 DRA	37.4
NA#6 6C	45	NA40 DRA	27.2
NA7 DRA	29.3	NA41 DR	-
NA8 DRA	40.5	NA42 DR	87.1
NA9 DRA	83.9	NAT1 B#35	92
NA10 DRB	50.6	NAT2 B#35	50.7
NA11 DRB	65.4	NAT3 B#35	68.4
NA12 DRB	29.6	NAT4 B#35	56.8
NA14 DRA	44.8	39-4	61
NA15 DR1	53	41-5	43
NA16 DRA	69.5	42-7	34
NA17 DRA	66.6	G	74
NA18 DRB	47.5	70-10	71
NA19 DRA	51	43-12	24
NA20 DR	49.4	71-15	49
NA21 DRC	57.4	50-18	71
NA22 DRB	53.2	64-19	70
NA23 DR	42.1	62-21	45
NA24 DRB	53.4	47-28	46
NA25 DRB	53.5	48-30	50
NA26 DRC	61.3	59-31	30
NA27 DRC	73.4	54-33	40
NA28 DRB	42.7	10B-35	55
NA29 DRA	33.7	9C-36	67
NA30 DRA	33.4	8A-37	64
NA31 DRB	29.6	7C-38	54
NA32 DRB	40.6	56A-46	35
NA33 DRB	42.9	6B-42	48
NA34 DRA	44.1	5B-44	36

Tabla 9.20. Geoquímica, concentración Cs [ppm].

Cs [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	1.83	NA35 DRA	2.88
NA2 DR	1.94	NA36 DRA	3.87
NA3 DRA	2.1	NA37 DRB	1.13
NA4 DRB	2.08	NA38 DRB	0.97
NA#5 5A	1.52	NA39 DRA	2.05
NA#6 6C	2.53	NA40 DRA	1.58
NA7 DRA	1.27	NA41 DR	-
NA8 DRA	1.64	NA42 DR	1.35
NA9 DRA	4.04	NAT1 B#35	1.87
NA10 DRB	2.93	NAT2 B#35	2.23
NA11 DRB	3.68	NAT3 B#35	2.13
NA12 DRB	0.37	NAT4 B#35	2.19
NA14 DRA	2.23	39-4	8
NA15 DR1	2.32	41-5	4.2
NA16 DRA	3.62	42-7	2.6
NA17 DRA	8.52	G	3.9
NA18 DRB	4.48	70-10	3.6
NA19 DRA	5.79	43-12	1.4
NA20 DR	4.83	71-15	2.6
NA21 DRC	5.75	50-18	1.8
NA22 DRB	4.91	64-19	1.5
NA23 DR	3.27	62-21	2.2
NA24 DRB	4.26	47-28	2.1
NA25 DRB	4.56	48-30	2
NA26 DRC	6.52	59-31	0.5
NA27 DRC	7.79	54-33	4.6
NA28 DRB	2.63	10B-35	2
NA29 DRA	1.93	9C-36	2.6
NA30 DRA	2.24	8A-37	3.6
NA31 DRB	1.94	7C-38	2.9
NA32 DRB	2.99	56A-46	2.5
NA33 DRB	3.11	6B-42	3.4
NA34 DRA	3.2	5B-44	1.8

Tabla 9.21. Geoquímica, concentración Cu [ppm].

Cu [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	14.4	NA35 DRA	10.1
NA2 DR	10.6	NA36 DRA	14.85
NA3 DRA	12.35	NA37 DRB	6.9
NA4 DRB	8.92	NA38 DRB	10.05
NA#5 5A	9.32	NA39 DRA	7.46
NA#6 6C	10.25	NA40 DRA	7.27
NA7 DRA	10.6	NA41 DR	-
NA8 DRA	9.69	NA42 DR	11.4
NA9 DRA	27.5	NAT1 B#35	23.9
NA10 DRB	10.35	NAT2 B#35	19.5
NA11 DRB	24.8	NAT3 B#35	21.2
NA12 DRB	3.76	NAT4 B#35	20.5
NA14 DRA	13.9	39-4	26.6
NA15 DR1	11	41-5	21.8
NA16 DRA	23.1	42-7	40.4
NA17 DRA	25.8	G	27.2
NA18 DRB	15.4	70-10	26.8
NA19 DRA	26	43-12	15.6
NA20 DR	9.98	71-15	21.4
NA21 DRC	50.7	50-18	27.6
NA22 DRB	48.2	64-19	32.3
NA23 DR	17.2	62-21	28.8
NA24 DRB	17.35	47-28	9.4
NA25 DRB	18.5	48-30	24.7
NA26 DRC	26.3	59-31	22
NA27 DRC	31.6	54-33	29.9
NA28 DRB	9.93	10B-35	29.7
NA29 DRA	16.35	9C-36	16.2
NA30 DRA	7.77	8A-37	24.3
NA31 DRB	8.06	7C-38	16.9
NA32 DRB	9.78	56A-46	8.8
NA33 DRB	9.35	6B-42	19.7
NA34 DRA	10.45	5B-44	9.9

Tabla 9.22. Geoquímica, concentración **Fe** [%].

Fe [%], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	3.42	NA35 DRA	3.45
NA2 DR	3.33	NA36 DRA	3.77
NA3 DRA	4.08	NA37 DRB	1.54
NA4 DRB	4.13	NA38 DRB	1.47
NA#5 5A	2.89	NA39 DRA	2.67
NA#6 6C	3.14	NA40 DRA	2.37
NA7 DRA	2.55	NA41 DR	-
NA8 DRA	3.81	NA42 DR	5.59
NA9 DRA	4.65	NAT1 B#35	5.91
NA10 DRB	5.35	NAT2 B#35	4.66
NA11 DRB	4.12	NAT3 B#35	5.04
NA12 DRB	1.66	NAT4 B#35	4.75
NA14 DRA	3.53	39-4	3.79
NA15 DR1	4.6	41-5	2.69
NA16 DRA	4.22	42-7	1.78
NA17 DRA	4.32	G	4.03
NA18 DRB	4.11	70-10	4.21
NA19 DRA	4.25	43-12	1.21
NA20 DR	4.74	71-15	3.6
NA21 DRC	5.34	50-18	4.06
NA22 DRB	5.14	64-19	3.71
NA23 DR	4.86	62-21	2.43
NA24 DRB	3.73	47-28	2.94
NA25 DRB	4.02	48-30	4.77
NA26 DRC	4.98	59-31	3.09
NA27 DRC	5.38	54-33	3.98
NA28 DRB	3.28	10B-35	4.52
NA29 DRA	2.86	9C-36	5.97
NA30 DRA	3.14	8A-37	4.12
NA31 DRB	2.53	7C-38	4.37
NA32 DRB	2.91	56A-46	3.12
NA33 DRB	3.03	6B-42	3.78
NA34 DRA	3.33	5B-44	3.06

Tabla 9.23. Geoquímica, concentración **Ga** [ppm].

Ga [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	13.4	NA35 DRA	14.25
NA2 DR	13.6	NA36 DRA	15.45
NA3 DRA	13.3	NA37 DRB	7.64
NA4 DRB	13.65	NA38 DRB	6.12
NA#5 5A	12.25	NA39 DRA	11.5
NA#6 6C	14.4	NA40 DRA	12.5
NA7 DRA	14.05	NA41 DR	-
NA8 DRA	14.6	NA42 DR	13.65
NA9 DRA	17.2	NAT1 B#35	17.25
NA10 DRB	15	NAT2 B#35	17
NA11 DRB	14.65	NAT3 B#35	17.95
NA12 DRB	13.3	NAT4 B#35	12.45
NA14 DRA	9.82	39-4	20.47
NA15 DR1	13.75	41-5	11.09
NA16 DRA	16.05	42-7	7.73
NA17 DRA	22.8	G	15.72
NA18 DRB	17.5	70-10	16.86
NA19 DRA	20.6	43-12	5.77
NA20 DR	17	71-15	17.1
NA21 DRC	21.5	50-18	12.94
NA22 DRB	23.4	64-19	12.16
NA23 DR	14.45	62-21	10.13
NA24 DRB	16.15	47-28	7.61
NA25 DRB	16.85	48-30	14.1
NA26 DRC	20.5	59-31	16.12
NA27 DRC	23.7	54-33	13.88
NA28 DRB	13.55	10B-35	14.77
NA29 DRA	12.35	9C-36	12.59
NA30 DRA	12.95	8A-37	15.91
NA31 DRB	11.45	7C-38	14.43
NA32 DRB	14.1	56A-46	12.79
NA33 DRB	14.55	6B-42	14.8
NA34 DRA	15.3	5B-44	12.36

Tabla 9.24. Geoquímica, concentración **Ge** [ppm].

Ge [ppm], ME-MS61L			
NA1 DRA	0.22	NA35 DRA	0.21
NA2 DR	0.2	NA36 DRA	0.26
NA3 DRA	0.22	NA37 DRB	0.15
NA4 DRB	0.24	NA38 DRB	0.12
NA#5 5A	0.19	NA39 DRA	0.22
NA#6 6C	0.25	NA40 DRA	0.14
NA7 DRA	0.22	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.24	NA42 DR	0.25
NA9 DRA	0.28	NAT1 B#35	0.23
NA10 DRB	0.16	NAT2 B#35	0.22
NA11 DRB	0.17	NAT3 B#35	0.24
NA12 DRB	0.13	NAT4 B#35	0.17
NA14 DRA	0.14	39-4	-
NA15 DR1	0.16	41-5	-
NA16 DRA	0.2	42-7	-
NA17 DRA	0.26	G	-
NA18 DRB	0.27	70-10	-
NA19 DRA	0.27	43-12	-
NA20 DR	0.22	71-15	-
NA21 DRC	0.29	50-18	-
NA22 DRB	0.31	64-19	-
NA23 DR	0.18	62-21	-
NA24 DRB	0.24	47-28	-
NA25 DRB	0.24	48-30	-
NA26 DRC	0.28	59-31	-
NA27 DRC	0.3	54-33	-
NA28 DRB	0.25	10B-35	-
NA29 DRA	0.19	9C-36	-
NA30 DRA	0.19	8A-37	-
NA31 DRB	0.18	7C-38	-
NA32 DRB	0.23	56A-46	-
NA33 DRB	0.24	6B-42	-
NA34 DRA	0.23	5B-44	-

Tabla 9.25. Geoquímica, concentración Hf [ppm].

Hf [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	1.575	NA35 DRA	1.835
NA2 DR	1.625	NA36 DRA	2.12
NA3 DRA	1.585	NA37 DRB	0.794
NA4 DRB	1.605	NA38 DRB	0.753
NA#5 5A	1.46	NA39 DRA	1.6
NA#6 6C	2.05	NA40 DRA	1.31
NA7 DRA	1.22	NA41 DR	-
NA8 DRA	1.835	NA42 DR	1.6
NA9 DRA	1.645	NAT1 B#35	2.16
NA10 DRB	1.875	NAT2 B#35	2.28
NA11 DRB	1.375	NAT3 B#35	2.09
NA12 DRB	0.388	NAT4 B#35	2.29
NA14 DRA	0.748	39-4	0.2
NA15 DR1	1.56	41-5	0.8
NA16 DRA	1.49	42-7	0.46
NA17 DRA	2.37	G	1.17
NA18 DRB	1.885	70-10	1.13
NA19 DRA	0.834	43-12	0.42
NA20 DR	1.94	71-15	1.31
NA21 DRC	0.903	50-18	1.92
NA22 DRB	0.72	64-19	1.64
NA23 DR	2.07	62-21	0.88
NA24 DRB	2.43	47-28	0.38
NA25 DRB	2.28	48-30	0.71
NA26 DRC	1.85	59-31	1.96
NA27 DRC	1.405	54-33	0.92
NA28 DRB	1.87	10B-35	0.68
NA29 DRA	1.34	9C-36	1.4
NA30 DRA	1.485	8A-37	1.22
NA31 DRB	1.325	7C-38	1.16
NA32 DRB	2	56A-46	1.37
NA33 DRB	1.975	6B-42	1.66
NA34 DRA	1.955	5B-44	1.42

Tabla 9.26. Geoquímica, concentración **In** [ppm].

In [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.039	NA35 DRA	0.05
NA2 DR	0.045	NA36 DRA	0.063
NA3 DRA	0.059	NA37 DRB	0.028
NA4 DRB	0.054	NA38 DRB	0.026
NA#5 5A	0.034	NA39 DRA	0.042
NA#6 6C	0.042	NA40 DRA	0.038
NA7 DRA	0.028	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.046	NA42 DR	0.053
NA9 DRA	0.072	NAT1 B#35	0.063
NA10 DRB	0.065	NAT2 B#35	0.059
NA11 DRB	0.066	NAT3 B#35	0.055
NA12 DRB	0.04	NAT4 B#35	0.063
NA14 DRA	0.04	39-4	0.08
NA15 DR1	0.067	41-5	0.03
NA16 DRA	0.068	42-7	0.03
NA17 DRA	0.097	G	0.06
NA18 DRB	0.068	70-10	0.05
NA19 DRA	0.084	43-12	0.02
NA20 DR	0.07	71-15	0.04
NA21 DRC	0.078	50-18	0.04
NA22 DRB	0.083	64-19	0.04
NA23 DR	0.052	62-21	0.03
NA24 DRB	0.061	47-28	0.03
NA25 DRB	0.058	48-30	0.07
NA26 DRC	0.067	59-31	0.03
NA27 DRC	0.081	54-33	0.05
NA28 DRB	0.052	10B-35	0.07
NA29 DRA	0.041	9C-36	0.06
NA30 DRA	0.039	8A-37	0.03
NA31 DRB	0.032	7C-38	0.06
NA32 DRB	0.039	56A-46	0.05
NA33 DRB	0.048	6B-42	0.06
NA34 DRA	0.057	5B-44	0.06

Tabla 9.27. Geoquímica, concentración K [%].

K [%], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	1.45	NA35 DRA	1.59
NA2 DR	1.44	NA36 DRA	1.66
NA3 DRA	1.51	NA37 DRB	0.91
NA4 DRB	1.58	NA38 DRB	0.66
NA#5 5A	1.29	NA39 DRA	1.22
NA#6 6C	1.44	NA40 DRA	1.33
NA7 DRA	1.32	NA41 DR	-
NA8 DRA	1.25	NA42 DR	1.04
NA9 DRA	1.72	NAT1 B#35	1.3
NA10 DRB	1.7	NAT2 B#35	1.32
NA11 DRB	1.67	NAT3 B#35	1.39
NA12 DRB	0.62	NAT4 B#35	1.26
NA14 DRA	1.06	39-4	2.81
NA15 DR1	1.43	41-5	1.44
NA16 DRA	1.64	42-7	0.97
NA17 DRA	3.21	G	1.81
NA18 DRB	1.9	70-10	1.83
NA19 DRA	2.72	43-12	0.64
NA20 DR	1.87	71-15	1.64
NA21 DRC	2.53	50-18	1.18
NA22 DRB	2.41	64-19	1.02
NA23 DR	2.05	62-21	1.17
NA24 DRB	1.68	47-28	0.91
NA25 DRB	1.86	48-30	1.19
NA26 DRC	2.44	59-31	0.79
NA27 DRC	2.79	54-33	1.67
NA28 DRB	1.51	10B-35	1.44
NA29 DRA	1.44	9C-36	1.37
NA30 DRA	1.51	8A-37	1.65
NA31 DRB	1.44	7C-38	1.44
NA32 DRB	1.57	56A-46	1.53
NA33 DRB	1.6	6B-42	1.54
NA34 DRA	1.63	5B-44	1.33

Tabla 9.28. Geoquímica, concentración **La** [ppm].

La [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	13.25	NA35 DRA	18.45
NA2 DR	13.3	NA36 DRA	19.55
NA3 DRA	13.35	NA37 DRB	10.2
NA4 DRB	13.55	NA38 DRB	12.8
NA#5 5A	13.55	NA39 DRA	16.9
NA#6 6C	20.1	NA40 DRA	15.1
NA7 DRA	11.8	NA41 DR	-
NA8 DRA	13.2	NA42 DR	29.4
NA9 DRA	20.5	NAT1 B#35	20.2
NA10 DRB	16.75	NAT2 B#35	13.95
NA11 DRB	18.85	NAT3 B#35	18.25
NA12 DRB	12	NAT4 B#35	15.85
NA14 DRA	13.95	39-4	23.3
NA15 DR1	15.9	41-5	18
NA16 DRA	19.65	42-7	15
NA17 DRA	35.5	G	20.5
NA18 DRB	31.2	70-10	17.3
NA19 DRA	25.3	43-12	15
NA20 DR	30.6	71-15	15.7
NA21 DRC	23.7	50-18	13.4
NA22 DRB	32	64-19	13
NA23 DR	20.6	62-21	16.1
NA24 DRB	22.4	47-28	14.3
NA25 DRB	22	48-30	13.3
NA26 DRC	23.5	59-31	8.4
NA27 DRC	27.2	54-33	10.7
NA28 DRB	22.9	10B-35	15.4
NA29 DRA	19.7	9C-36	17.8
NA30 DRA	21.2	8A-37	15.8
NA31 DRB	19.4	7C-38	16.1
NA32 DRB	19.15	56A-46	17.6
NA33 DRB	18.8	6B-42	18.2
NA34 DRA	19.8	5B-44	15.9

Tabla 9.29. Geoquímica, concentración **Li** [ppm].

Li [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	40.6	NA35 DRA	40.3
NA2 DR	41.3	NA36 DRA	47.4
NA3 DRA	38.3	NA37 DRB	18
NA4 DRB	40.1	NA38 DRB	15
NA#5 5A	25.6	NA39 DRA	28.3
NA#6 6C	34.6	NA40 DRA	23.3
NA7 DRA	22	NA41 DR	-
NA8 DRA	64.4	NA42 DR	22
NA9 DRA	45.4	NAT1 B#35	65.2
NA10 DRB	52.7	NAT2 B#35	76.2
NA11 DRB	38.2	NAT3 B#35	68.5
NA12 DRB	3.7	NAT4 B#35	68
NA14 DRA	18.2	39-4	57.2
NA15 DR1	40	41-5	32.1
NA16 DRA	41.7	42-7	21.6
NA17 DRA	48.3	G	32.5
NA18 DRB	55.1	70-10	32
NA19 DRA	39.9	43-12	13.2
NA20 DR	60.8	71-15	25.2
NA21 DRC	41.7	50-18	27.5
NA22 DRB	34.9	64-19	24.4
NA23 DR	48.4	62-21	22.1
NA24 DRB	55.8	47-28	17
NA25 DRB	56.8	48-30	18.9
NA26 DRC	59	59-31	14.6
NA27 DRC	53.3	54-33	38.9
NA28 DRB	37.2	10B-35	17.4
NA29 DRA	32.2	9C-36	17.2
NA30 DRA	32.3	8A-37	38.7
NA31 DRB	31.2	7C-38	38
NA32 DRB	48.4	56A-46	33.6
NA33 DRB	50.1	6B-42	41.5
NA34 DRA	46.8	5B-44	26.6

Tabla 9.30. Geoquímica, concentración Mg [%].

Mg [%], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.87	NA35 DRA	1.06
NA2 DR	0.88	NA36 DRA	1.27
NA3 DRA	0.94	NA37 DRB	0.66
NA4 DRB	0.96	NA38 DRB	0.54
NA#5 5A	0.86	NA39 DRA	0.86
NA#6 6C	0.98	NA40 DRA	0.73
NA7 DRA	0.75	NA41 DR	-
NA8 DRA	1.16	NA42 DR	1.28
NA9 DRA	1.69	NAT1 B#35	1.76
NA10 DRB	1.48	NAT2 B#35	1.43
NA11 DRB	1.75	NAT3 B#35	1.57
NA12 DRB	0.62	NAT4 B#35	1.45
NA14 DRA	0.99	39-4	1.17
NA15 DR1	1.35	41-5	1.26
NA16 DRA	1.68	42-7	1.18
NA17 DRA	1.42	G	1.96
NA18 DRB	1.09	70-10	2.08
NA19 DRA	1.33	43-12	0.96
NA20 DR	0.93	71-15	1.54
NA21 DRC	2.14	50-18	2.38
NA22 DRB	1.68	64-19	2.18
NA23 DR	1.31	62-21	1.35
NA24 DRB	1.14	47-28	1.08
NA25 DRB	1.26	48-30	1.68
NA26 DRC	1.66	59-31	1.36
NA27 DRC	1.83	54-33	1.45
NA28 DRB	0.84	10B-35	1.45
NA29 DRA	0.75	9C-36	1.63
NA30 DRA	0.75	8A-37	1.65
NA31 DRB	0.67	7C-38	1.42
NA32 DRB	0.88	56A-46	0.84
NA33 DRB	0.92	6B-42	1.22
NA34 DRA	1.03	5B-44	0.88

Tabla 9.31. Geoquímica, concentración Mn [ppm].

Mn [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	409	NA35 DRA	569
NA2 DR	447	NA36 DRA	670
NA3 DRA	492	NA37 DRB	429
NA4 DRB	467	NA38 DRB	386
NA#5 5A	454	NA39 DRA	549
NA#6 6C	581	NA40 DRA	562
NA7 DRA	365	NA41 DR	-
NA8 DRA	534	NA42 DR	1110
NA9 DRA	1095	NAT1 B#35	1135
NA10 DRB	775	NAT2 B#35	816
NA11 DRB	805	NAT3 B#35	975
NA12 DRB	444	NAT4 B#35	771
NA14 DRA	1125	39-4	1190
NA15 DR1	775	41-5	645
NA16 DRA	951	42-7	371
NA17 DRA	882	G	1524
NA18 DRB	603	70-10	1236
NA19 DRA	919	43-12	223
NA20 DR	624	71-15	1061
NA21 DRC	1165	50-18	2467
NA22 DRB	962	64-19	862
NA23 DR	3080	62-21	527
NA24 DRB	517	47-28	640
NA25 DRB	677	48-30	1070
NA26 DRC	1225	59-31	571
NA27 DRC	1175	54-33	3336
NA28 DRB	663	10B-35	921
NA29 DRA	528	9C-36	1100
NA30 DRA	567	8A-37	858
NA31 DRB	455	7C-38	835
NA32 DRB	420	56A-46	591
NA33 DRB	413	6B-42	743
NA34 DRA	482	5B-44	678

Tabla 9.32. Geoquímica, concentración **Mo** [ppm].

Mo [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.4	NA35 DRA	0.61
NA2 DR	0.29	NA36 DRA	1.2
NA3 DRA	0.4	NA37 DRB	0.37
NA4 DRB	0.32	NA38 DRB	0.22
NA#5 5A	0.26	NA39 DRA	0.64
NA#6 6C	0.59	NA40 DRA	0.24
NA7 DRA	0.24	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.24	NA42 DR	0.46
NA9 DRA	1.04	NAT1 B#35	0.82
NA10 DRB	0.22	NAT2 B#35	0.57
NA11 DRB	1.25	NAT3 B#35	0.72
NA12 DRB	0.09	NAT4 B#35	0.71
NA14 DRA	1.07	39-4	0.89
NA15 DR1	0.47	41-5	1.61
NA16 DRA	2.45	42-7	3.24
NA17 DRA	1	G	1.5
NA18 DRB	0.51	70-10	1.13
NA19 DRA	1.05	43-12	2.99
NA20 DR	0.21	71-15	1.21
NA21 DRC	0.95	50-18	1.08
NA22 DRB	1.09	64-19	0.69
NA23 DR	1.95	62-21	1.49
NA24 DRB	0.87	47-28	1.22
NA25 DRB	0.76	48-30	1.42
NA26 DRC	0.88	59-31	0.73
NA27 DRC	1.53	54-33	1.92
NA28 DRB	0.61	10B-35	0.93
NA29 DRA	0.3	9C-36	0.83
NA30 DRA	0.29	8A-37	2.07
NA31 DRB	0.31	7C-38	1.49
NA32 DRB	0.49	56A-46	1.21
NA33 DRB	1.13	6B-42	1.13
NA34 DRA	1.66	5B-44	0.88

Tabla 9.33. Geoquímica, concentración Na [%].

Na [%], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	2.49	NA35 DRA	2.17
NA2 DR	2.47	NA36 DRA	2.07
NA3 DRA	2.19	NA37 DRB	1.52
NA4 DRB	2.38	NA38 DRB	1.2
NA#5 5A	2.17	NA39 DRA	1.95
NA#6 6C	2.24	NA40 DRA	2.21
NA7 DRA	2.29	NA41 DR	-
NA8 DRA	2.4	NA42 DR	2.52
NA9 DRA	1.545	NAT1 B#35	2.2
NA10 DRB	2.08	NAT2 B#35	2.09
NA11 DRB	2.5	NAT3 B#35	1.93
NA12 DRB	2.78	NAT4 B#35	2.21
NA14 DRA	1.76	39-4	2.305
NA15 DR1	2.37	41-5	3.057
NA16 DRA	2.33	42-7	3.018
NA17 DRA	1.375	G	3.853
NA18 DRB	2.2	70-10	3.595
NA19 DRA	2.3	43-12	2.122
NA20 DR	1.655	71-15	3.238
NA21 DRC	2.12	50-18	4.246
NA22 DRB	2.32	64-19	4.105
NA23 DR	2.12	62-21	3.977
NA24 DRB	2.14	47-28	2.158
NA25 DRB	2.09	48-30	2.862
NA26 DRC	2.15	59-31	3.818
NA27 DRC	1.995	54-33	3.088
NA28 DRB	2.01	10B-35	2.582
NA29 DRA	2.03	9C-36	1.99
NA30 DRA	2	8A-37	3.553
NA31 DRB	2.03	7C-38	2.687
NA32 DRB	2.04	56A-46	2.122
NA33 DRB	2.08	6B-42	2.66
NA34 DRA	2.16	5B-44	2.492

Tabla 9.34. Geoquímica, concentración Nb [ppm].

Nb [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	4.08	NA35 DRA	6.4
NA2 DR	4.2	NA36 DRA	7.2
NA3 DRA	4.15	NA37 DRB	3.13
NA4 DRB	4.24	NA38 DRB	2.69
NA#5 5A	4.56	NA39 DRA	5.46
NA#6 6C	6.79	NA40 DRA	4.33
NA7 DRA	3.32	NA41 DR	-
NA8 DRA	3.79	NA42 DR	8.37
NA9 DRA	7.06	NAT1 B#35	6.71
NA10 DRB	5.17	NAT2 B#35	5.08
NA11 DRB	6.44	NAT3 B#35	5.9
NA12 DRB	3.53	NAT4 B#35	5.69
NA14 DRA	3.72	39-4	13.26
NA15 DR1	4.51	41-5	5.24
NA16 DRA	6.58	42-7	3.94
NA17 DRA	12.4	G	7.51
NA18 DRB	9.73	70-10	7.97
NA19 DRA	11.7	43-12	2.99
NA20 DR	9.07	71-15	8.13
NA21 DRC	9.64	50-18	3.67
NA22 DRB	12.5	64-19	3.05
NA23 DR	6.32	62-21	4.5
NA24 DRB	8.64	47-28	3.53
NA25 DRB	8.31	48-30	3.69
NA26 DRC	9.55	59-31	3.18
NA27 DRC	10.75	54-33	4.3
NA28 DRB	7.17	10B-35	4.64
NA29 DRA	5.94	9C-36	4.12
NA30 DRA	7.24	8A-37	5.3
NA31 DRB	6.22	7C-38	4.63
NA32 DRB	7.11	56A-46	5.76
NA33 DRB	6.86	6B-42	5.69
NA34 DRA	6.91	5B-44	4.63

Tabla 9.35. Geoquímica, concentración Ni [ppm].

Ni [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	14.8	NA35 DRA	19.65
NA2 DR	15.6	NA36 DRA	24.4
NA3 DRA	17.25	NA37 DRB	8.68
NA4 DRB	16.45	NA38 DRB	8.9
NA#5 5A	14.9	NA39 DRA	14.65
NA#6 6C	18	NA40 DRA	13.15
NA7 DRA	11.75	NA41 DR	-
NA8 DRA	17.65	NA42 DR	21.8
NA9 DRA	41.8	NAT1 B#35	26.3
NA10 DRB	24.8	NAT2 B#35	21.6
NA11 DRB	37.9	NAT3 B#35	23.4
NA12 DRB	9.01	NAT4 B#35	22.2
NA14 DRA	19.5	39-4	26.4
NA15 DR1	20.9	41-5	30.8
NA16 DRA	37.8	42-7	26.8
NA17 DRA	32.1	G	52.7
NA18 DRB	21.1	70-10	43.2
NA19 DRA	21.6	43-12	17.4
NA20 DR	25.8	71-15	29
NA21 DRC	24.7	50-18	79.5
NA22 DRB	23.9	64-19	57.8
NA23 DR	23	62-21	41.3
NA24 DRB	23.6	47-28	27.1
NA25 DRB	25.3	48-30	37.2
NA26 DRC	31.8	59-31	21.7
NA27 DRC	30	54-33	32.7
NA28 DRB	17.15	10B-35	33.2
NA29 DRA	12.45	9C-36	28.6
NA30 DRA	14.4	8A-37	39
NA31 DRB	12.05	7C-38	29.8
NA32 DRB	15.05	56A-46	17.3
NA33 DRB	15.85	6B-42	23.4
NA34 DRA	16.95	5B-44	15.8

Tabla 9.36. Geoquímica, concentración P [%].

P [%], ME-MS61L			
NA1 DRA	0.062	NA35 DRA	0.075
NA2 DR	0.057	NA36 DRA	0.082
NA3 DRA	0.067	NA37 DRB	0.051
NA4 DRB	0.071	NA38 DRB	0.049
NA#5 5A	0.059	NA39 DRA	0.067
NA#6 6C	0.075	NA40 DRA	0.053
NA7 DRA	0.05	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.051	NA42 DR	0.077
NA9 DRA	0.118	NAT1 B#35	0.09
NA10 DRB	0.075	NAT2 B#35	0.066
NA11 DRB	0.099	NAT3 B#35	0.084
NA12 DRB	0.045	NAT4 B#35	0.064
NA14 DRA	0.079	39-4	0.065
NA15 DR1	0.082	41-5	0.081
NA16 DRA	0.106	42-7	0.085
NA17 DRA	0.077	G	0.099
NA18 DRB	0.08	70-10	0.097
NA19 DRA	0.078	43-12	0.071
NA20 DR	0.079	71-15	0.081
NA21 DRC	0.119	50-18	0.094
NA22 DRB	0.125	64-19	0.1
NA23 DR	0.122	62-21	0.095
NA24 DRB	0.076	47-28	0.067
NA25 DRB	0.073	48-30	0.077
NA26 DRC	0.086	59-31	0.066
NA27 DRC	0.096	54-33	0.074
NA28 DRB	0.081	10B-35	0.076
NA29 DRA	0.116	9C-36	0.087
NA30 DRA	0.07	8A-37	0.083
NA31 DRB	0.08	7C-38	0.071
NA32 DRB	0.073	56A-46	0.055
NA33 DRB	0.069	6B-42	0.073
NA34 DRA	0.078	5B-44	0.063

Tabla 9.37. Geoquímica, concentración Pb [ppm].

Pb [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	14	NA35 DRA	12.2
NA2 DR	10.95	NA36 DRA	13.65
NA3 DRA	13.35	NA37 DRB	6.01
NA4 DRB	13.8	NA38 DRB	7.13
NA#5 5A	11.2	NA39 DRA	9.36
NA#6 6C	11.75	NA40 DRA	8.92
NA7 DRA	10.75	NA41 DR	-
NA8 DRA	8.59	NA42 DR	8.58
NA9 DRA	21.7	NAT1 B#35	11.8
NA10 DRB	13.2	NAT2 B#35	13.55
NA11 DRB	19.55	NAT3 B#35	12.45
NA12 DRB	8.26	NAT4 B#35	12.55
NA14 DRA	10.2	39-4	25.87
NA15 DR1	10.95	41-5	16.58
NA16 DRA	18.8	42-7	10.64
NA17 DRA	30.2	G	23.23
NA18 DRB	12.65	70-10	21.25
NA19 DRA	28.2	43-12	5.77
NA20 DR	9.19	71-15	19.26
NA21 DRC	19.25	50-18	15.83
NA22 DRB	20.4	64-19	13.34
NA23 DR	13.9	62-21	15.19
NA24 DRB	15.5	47-28	8.26
NA25 DRB	16.75	48-30	16.07
NA26 DRC	24.1	59-31	7.41
NA27 DRC	24.1	54-33	21.91
NA28 DRB	11.6	10B-35	16.56
NA29 DRA	11.3	9C-36	16.3
NA30 DRA	10.4	8A-37	20.58
NA31 DRB	11.95	7C-38	15.52
NA32 DRB	10.85	56A-46	8.77
NA33 DRB	10.7	6B-42	14.79
NA34 DRA	11.8	5B-44	10.03

Tabla 9.38. Geoquímica, concentración Rb [ppm].

Rb [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	48.7	NA35 DRA	63.3
NA2 DR	49.6	NA36 DRA	72.4
NA3 DRA	51.5	NA37 DRB	32.8
NA4 DRB	53.7	NA38 DRB	23.9
NA#5 5A	43.3	NA39 DRA	46.4
NA#6 6C	57.1	NA40 DRA	44.6
NA7 DRA	41.6	NA41 DR	-
NA8 DRA	41.8	NA42 DR	38.9
NA9 DRA	78.6	NAT1 B#35	47.3
NA10 DRB	60.8	NAT2 B#35	50.1
NA11 DRB	70.5	NAT3 B#35	50.6
NA12 DRB	18.5	NAT4 B#35	48.7
NA14 DRA	41	39-4	144.4
NA15 DR1	49.2	41-5	68.6
NA16 DRA	71.6	42-7	46.6
NA17 DRA	174	G	69.3
NA18 DRB	92.5	70-10	59.5
NA19 DRA	142.5	43-12	29.1
NA20 DR	94.6	71-15	42.2
NA21 DRC	124	50-18	34.2
NA22 DRB	120.5	64-19	27.6
NA23 DR	74.2	62-21	45.5
NA24 DRB	79	47-28	36.7
NA25 DRB	87.1	48-30	38.9
NA26 DRC	124.5	59-31	9.9
NA27 DRC	148.5	54-33	51.1
NA28 DRB	65.9	10B-35	53.4
NA29 DRA	52.9	9C-36	54.4
NA30 DRA	62.3	8A-37	63.9
NA31 DRB	56.4	7C-38	53.1
NA32 DRB	65.6	56A-46	58.8
NA33 DRB	66.8	6B-42	62.2
NA34 DRA	66.9	5B-44	44.4

Tabla 9.39. Geoquímica, concentración *Re* [ppm].

Re [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.0009	NA35 DRA	0.0033
NA2 DR	0.0012	NA36 DRA	0.0025
NA3 DRA	0.0008	NA37 DRB	0.0017
NA4 DRB	0.0007	NA38 DRB	0.0025
NA#5 5A	0.0007	NA39 DRA	0.003
NA#6 6C	0.0015	NA40 DRA	0.0005
NA7 DRA	0.0004	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.0005	NA42 DR	0.0005
NA9 DRA	0.0053	NAT1 B#35	0.0004
NA10 DRB	0.001	NAT2 B#35	0.0009
NA11 DRB	0.009	NAT3 B#35	0.0006
NA12 DRB	0.0006	NAT4 B#35	0.0006
NA14 DRA	0.0021	39-4	<0.002
NA15 DR1	0.0017	41-5	0.004
NA16 DRA	0.004	42-7	0.016
NA17 DRA	0.0033	G	0.01
NA18 DRB	0.0018	70-10	0.009
NA19 DRA	0.0012	43-12	0.019
NA20 DR	0.0007	71-15	<0.002
NA21 DRC	0.0009	50-18	0.006
NA22 DRB	0.0009	64-19	0.013
NA23 DR	0.0012	62-21	0.017
NA24 DRB	0.0041	47-28	0.007
NA25 DRB	0.0051	48-30	0.015
NA26 DRC	0.0059	59-31	<0.002
NA27 DRC	0.0027	54-33	0.015
NA28 DRB	0.0019	10B-35	0.004
NA29 DRA	0.0012	9C-36	0.004
NA30 DRA	0.0006	8A-37	0.007
NA31 DRB	0.0009	7C-38	0.007
NA32 DRB	0.0013	56A-46	0.004
NA33 DRB	0.0024	6B-42	0.004
NA34 DRA	0.0031	5B-44	<0.002

Tabla 9.40. Geoquímica, concentración S [%].

S [%], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.06	NA35 DRA	0.16
NA2 DR	0.04	NA36 DRA	0.25
NA3 DRA	0.05	NA37 DRB	0.15
NA4 DRB	0.03	NA38 DRB	0.25
NA#5 5A	0.07	NA39 DRA	0.24
NA#6 6C	0.16	NA40 DRA	0.05
NA7 DRA	0.04	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.03	NA42 DR	0.09
NA9 DRA	0.43	NAT1 B#35	0.06
NA10 DRB	0.02	NAT2 B#35	0.02
NA11 DRB	0.45	NAT3 B#35	0.03
NA12 DRB	0.03	NAT4 B#35	0.02
NA14 DRA	0.14	39-4	0.04
NA15 DR1	0.07	41-5	0.52
NA16 DRA	0.42	42-7	0.49
NA17 DRA	0.11	G	0.29
NA18 DRB	0.08	70-10	0.18
NA19 DRA	0.1	43-12	0.38
NA20 DR	0.02	71-15	0.08
NA21 DRC	0.08	50-18	0.28
NA22 DRB	0.08	64-19	0.3
NA23 DR	0.06	62-21	0.49
NA24 DRB	0.22	47-28	0.26
NA25 DRB	0.24	48-30	0.1
NA26 DRC	0.19	59-31	0.11
NA27 DRC	0.16	54-33	0.36
NA28 DRB	0.08	10B-35	0.07
NA29 DRA	0.07	9C-36	0.06
NA30 DRA	0.04	8A-37	0.53
NA31 DRB	0.06	7C-38	0.38
NA32 DRB	0.13	56A-46	0.18
NA33 DRB	0.36	6B-42	0.19
NA34 DRA	0.51	5B-44	0.13

Tabla 9.41. Geoquímica, concentración Sb [ppm].

Sb [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.43	NA35 DRA	0.51
NA2 DR	0.36	NA36 DRA	0.51
NA3 DRA	0.54	NA37 DRB	0.29
NA4 DRB	0.52	NA38 DRB	0.22
NA#5 5A	0.32	NA39 DRA	0.35
NA#6 6C	0.39	NA40 DRA	0.29
NA7 DRA	0.29	NA41 DR	
NA8 DRA	0.23	NA42 DR	0.35
NA9 DRA	0.71	NAT1 B#35	0.36
NA10 DRB	0.6	NAT2 B#35	0.28
NA11 DRB	0.72	NAT3 B#35	0.3
NA12 DRB	0.09	NAT4 B#35	0.27
NA14 DRA	0.49	39-4	0.6
NA15 DR1	0.45	41-5	0.67
NA16 DRA	0.75	42-7	0.62
NA17 DRA	2.14	G	1.08
NA18 DRB	0.68	70-10	0.92
NA19 DRA	0.67	43-12	0.38
NA20 DR	0.51	71-15	0.55
NA21 DRC	0.45	50-18	1.43
NA22 DRB	0.24	64-19	0.89
NA23 DR	0.81	62-21	0.91
NA24 DRB	0.56	47-28	0.55
NA25 DRB	0.73	48-30	1.01
NA26 DRC	1.27	59-31	0.24
NA27 DRC	1.26	54-33	2.28
NA28 DRB	0.51	10B-35	0.75
NA29 DRA	0.43	9C-36	0.63
NA30 DRA	0.5	8A-37	0.74
NA31 DRB	0.47	7C-38	0.58
NA32 DRB	0.37	56A-46	0.52
NA33 DRB	0.34	6B-42	0.55
NA34 DRA	0.39	5B-44	0.35

Tabla 9.42. Geoquímica, concentración Sc [ppm].

Sc [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	11.5	NA35 DRA	13.7
NA2 DR	11.45	NA36 DRA	16.25
NA3 DRA	12.4	NA37 DRB	5.99
NA4 DRB	11.9	NA38 DRB	5.37
NA#5 5A	9.77	NA39 DRA	11.25
NA#6 6C	14.35	NA40 DRA	9
NA7 DRA	8.92	NA41 DR	-
NA8 DRA	15.3	NA42 DR	18.25
NA9 DRA	19.2	NAT1 B#35	22.4
NA10 DRB	16.25	NAT2 B#35	19.55
NA11 DRB	16.3	NAT3 B#35	20.6
NA12 DRB	8.84	NAT4 B#35	15.05
NA14 DRA	9.4	39-4	13
NA15 DR1	15.55	41-5	10.1
NA16 DRA	17.6	42-7	7.1
NA17 DRA	18.65	G	12.4
NA18 DRB	15.15	70-10	13.2
NA19 DRA	14.8	43-12	5.1
NA20 DR	13.15	71-15	10.9
NA21 DRC	22.3	50-18	12.1
NA22 DRB	21.3	64-19	11
NA23 DR	12.85	62-21	8.5
NA24 DRB	15.4	47-28	8.1
NA25 DRB	16.3	48-30	15
NA26 DRC	19.85	59-31	8.3
NA27 DRC	22.7	54-33	11.9
NA28 DRB	11.75	10B-35	13.6
NA29 DRA	9	9C-36	14.9
NA30 DRA	9.38	8A-37	15.1
NA31 DRB	8.17	7C-38	14.5
NA32 DRB	12.3	56A-46	10.3
NA33 DRB	13.1	6B-42	14
NA34 DRA	13.55	5B-44	10.4

Tabla 9.43. Geoquímica, concentración Se [ppm].

Se [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.354	NA35 DRA	0.497
NA2 DR	0.274	NA36 DRA	0.828
NA3 DRA	0.281	NA37 DRB	0.215
NA4 DRB	0.234	NA38 DRB	0.304
NA#5 5A	0.188	NA39 DRA	0.344
NA#6 6C	0.427	NA40 DRA	0.097
NA7 DRA	0.127	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.152	NA42 DR	0.104
NA9 DRA	2	NAT1 B#35	0.136
NA10 DRB	0.183	NAT2 B#35	0.209
NA11 DRB	1.74	NAT3 B#35	0.13
NA12 DRB	0.093	NAT4 B#35	0.201
NA14 DRA	0.679	39-4	<0.3
NA15 DR1	0.403	41-5	1.4
NA16 DRA	1.815	42-7	1.5
NA17 DRA	0.687	G	0.7
NA18 DRB	0.306	70-10	0.5
NA19 DRA	0.377	43-12	1.5
NA20 DR	0.115	71-15	<0.3
NA21 DRC	0.301	50-18	1.2
NA22 DRB	0.296	64-19	1.3
NA23 DR	0.696	62-21	2.1
NA24 DRB	0.868	47-28	0.9
NA25 DRB	0.849	48-30	0.6
NA26 DRC	0.869	59-31	0.3
NA27 DRC	0.793	54-33	1.5
NA28 DRB	0.376	10B-35	0.6
NA29 DRA	0.204	9C-36	<0.3
NA30 DRA	0.144	8A-37	1.8
NA31 DRB	0.225	7C-38	1.1
NA32 DRB	0.252	56A-46	0.5
NA33 DRB	0.396	6B-42	0.5
NA34 DRA	0.519	5B-44	<0.3

Tabla 9.44. Geoquímica, concentración Sn [ppm].

Sn [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	1.18	NA35 DRA	1.53
NA2 DR	1.32	NA36 DRA	1.88
NA3 DRA	1.28	NA37 DRB	1.05
NA4 DRB	1.2	NA38 DRB	1.7
NA#5 5A	1.4	NA39 DRA	1.33
NA#6 6C	1.6	NA40 DRA	1.55
NA7 DRA	1.53	NA41 DR	-
NA8 DRA	1.04	NA42 DR	1.63
NA9 DRA	2.34	NAT1 B#35	1.84
NA10 DRB	1.39	NAT2 B#35	2.77
NA11 DRB	1.92	NAT3 B#35	1.43
NA12 DRB	1.22	NAT4 B#35	1.35
NA14 DRA	1.2	39-4	4.3
NA15 DR1	1.35	41-5	1.4
NA16 DRA	2.05	42-7	1.1
NA17 DRA	4.12	G	1.6
NA18 DRB	2.66	70-10	1.5
NA19 DRA	4.39	43-12	0.7
NA20 DR	3.19	71-15	1.4
NA21 DRC	2.94	50-18	0.7
NA22 DRB	4	64-19	0.8
NA23 DR	2.22	62-21	1.1
NA24 DRB	2.11	47-28	0.8
NA25 DRB	2.14	48-30	0.9
NA26 DRC	2.91	59-31	0.5
NA27 DRC	3.47	54-33	1.5
NA28 DRB	1.63	10B-35	1.4
NA29 DRA	1.97	9C-36	1.3
NA30 DRA	1.96	8A-37	1.8
NA31 DRB	1.38	7C-38	1.6
NA32 DRB	1.64	56A-46	1.4
NA33 DRB	1.6	6B-42	1.6
NA34 DRA	1.51	5B-44	1.1

Tabla 9.45. Geoquímica, concentración Sr [ppm].

Sr [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	341	NA35 DRA	279
NA2 DR	339	NA36 DRA	207
NA3 DRA	306	NA37 DRB	1030
NA4 DRB	334	NA38 DRB	1435
NA#5 5A	403	NA39 DRA	548
NA#6 6C	278	NA40 DRA	382
NA7 DRA	476	NA41 DR	-
NA8 DRA	305	NA42 DR	409
NA9 DRA	364	NAT1 B#35	371
NA10 DRB	322	NAT2 B#35	320
NA11 DRB	258	NAT3 B#35	369
NA12 DRB	620	NAT4 B#35	306
NA14 DRA	747	39-4	112
NA15 DR1	354	41-5	906
NA16 DRA	323	42-7	1344
NA17 DRA	134	G	291
NA18 DRB	237	70-10	267
NA19 DRA	325	43-12	1672
NA20 DR	181	71-15	325
NA21 DRC	505	50-18	273
NA22 DRB	448	64-19	310
NA23 DR	437	62-21	638
NA24 DRB	182.5	47-28	1057
NA25 DRB	194.5	48-30	360
NA26 DRC	255	59-31	454
NA27 DRC	291	54-33	142
NA28 DRB	251	10B-35	305
NA29 DRA	314	9C-36	331
NA30 DRA	272	8A-37	237
NA31 DRB	274	7C-38	245
NA32 DRB	227	56A-46	271
NA33 DRB	222	6B-42	203
NA34 DRA	255	5B-44	331

Tabla 9.46. Geoquímica, concentración *Ta* [ppm].

Ta [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.3	NA35 DRA	0.46
NA2 DR	0.29	NA36 DRA	0.53
NA3 DRA	0.28	NA37 DRB	0.26
NA4 DRB	0.31	NA38 DRB	0.19
NA#5 5A	0.32	NA39 DRA	0.39
NA#6 6C	0.48	NA40 DRA	0.31
NA7 DRA	0.26	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.27	NA42 DR	0.52
NA9 DRA	0.5	NAT1 B#35	0.51
NA10 DRB	0.37	NAT2 B#35	0.36
NA11 DRB	0.47	NAT3 B#35	0.42
NA12 DRB	0.29	NAT4 B#35	0.4
NA14 DRA	0.27	39-4	1.1
NA15 DR1	0.32	41-5	0.4
NA16 DRA	0.47	42-7	0.3
NA17 DRA	0.94	G	0.6
NA18 DRB	0.7	70-10	0.6
NA19 DRA	0.92	43-12	0.2
NA20 DR	0.65	71-15	0.7
NA21 DRC	0.72	50-18	0.3
NA22 DRB	0.91	64-19	0.2
NA23 DR	0.44	62-21	0.4
NA24 DRB	0.6	47-28	0.3
NA25 DRB	0.59	48-30	0.3
NA26 DRC	0.67	59-31	0.2
NA27 DRC	0.76	54-33	0.3
NA28 DRB	0.54	10B-35	0.4
NA29 DRA	0.46	9C-36	0.3
NA30 DRA	0.56	8A-37	0.4
NA31 DRB	0.43	7C-38	0.3
NA32 DRB	0.52	56A-46	0.4
NA33 DRB	0.51	6B-42	0.4
NA34 DRA	0.5	5B-44	0.3

Tabla 9.47. Geoquímica, concentración Te [ppm].

Te [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.029	NA35 DRA	0.019
NA2 DR	0.018	NA36 DRA	0.028
NA3 DRA	0.024	NA37 DRB	<0.005
NA4 DRB	0.017	NA38 DRB	0.008
NA#5 5A	0.014	NA39 DRA	0.012
NA#6 6C	0.019	NA40 DRA	0.005
NA7 DRA	0.007	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.013	NA42 DR	0.009
NA9 DRA	0.06	NAT1 B#35	0.019
NA10 DRB	0.016	NAT2 B#35	0.026
NA11 DRB	0.063	NAT3 B#35	0.024
NA12 DRB	<0.005	NAT4 B#35	0.025
NA14 DRA	0.018	39-4	<0.05
NA15 DR1	0.017	41-5	1.54
NA16 DRA	0.061	42-7	1.69
NA17 DRA	0.046	G	0.53
NA18 DRB	0.014	70-10	0.17
NA19 DRA	0.024	43-12	2.84
NA20 DR	0.008	71-15	0.28
NA21 DRC	0.023	50-18	0.51
NA22 DRB	0.022	64-19	0.68
NA23 DR	0.03	62-21	1.76
NA24 DRB	0.037	47-28	1.9
NA25 DRB	0.047	48-30	0.56
NA26 DRC	0.063	59-31	0.23
NA27 DRC	0.046	54-33	0.2
NA28 DRB	0.014	10B-35	0.49
NA29 DRA	0.006	9C-36	0.58
NA30 DRA	<0.005	8A-37	0.33
NA31 DRB	0.007	7C-38	0.22
NA32 DRB	0.011	56A-46	0.23
NA33 DRB	0.014	6B-42	0.17
NA34 DRA	0.017	5B-44	0.19

Tabla 9.48. Geoquímica, concentración **Th** [ppm].

Th [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	4.32	NA35 DRA	5.88
NA2 DR	4.26	NA36 DRA	6.89
NA3 DRA	4.3	NA37 DRB	2.77
NA4 DRB	4.47	NA38 DRB	3.29
NA#5 5A	3.7	NA39 DRA	4.76
NA#6 6C	5.86	NA40 DRA	3.88
NA7 DRA	3.21	NA41 DR	-
NA8 DRA	3.98	NA42 DR	7.13
NA9 DRA	8.39	NAT1 B#35	6.17
NA10 DRB	5.08	NAT2 B#35	4.94
NA11 DRB	7.32	NAT3 B#35	6.23
NA12 DRB	3.25	NAT4 B#35	5.06
NA14 DRA	4.31	39-4	12.5
NA15 DR1	4.8	41-5	7.2
NA16 DRA	7.21	42-7	5.3
NA17 DRA	14.7	G	7.6
NA18 DRB	10.55	70-10	6.8
NA19 DRA	13	43-12	4.1
NA20 DR	8.51	71-15	5.5
NA21 DRC	11.05	50-18	4
NA22 DRB	13.5	64-19	3.4
NA23 DR	7.32	62-21	6.7
NA24 DRB	8.12	47-28	4.3
NA25 DRB	8.4	48-30	4.1
NA26 DRC	10	59-31	1.4
NA27 DRC	11.7	54-33	3.8
NA28 DRB	6.62	10B-35	5.9
NA29 DRA	5.07	9C-36	5.1
NA30 DRA	6.61	8A-37	6.6
NA31 DRB	5.63	7C-38	5.8
NA32 DRB	6.5	56A-46	5.7
NA33 DRB	6.3	6B-42	6
NA34 DRA	6.39	5B-44	4.5

Tabla 9.49. Geoquímica, concentración **Ti** [%].

Ti [%], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.286	NA35 DRA	0.349
NA2 DR	0.298	NA36 DRA	0.386
NA3 DRA	0.292	NA37 DRB	0.157
NA4 DRB	0.288	NA38 DRB	0.148
NA#5 5A	0.302	NA39 DRA	0.313
NA#6 6C	0.379	NA40 DRA	0.25
NA7 DRA	0.23	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.376	NA42 DR	0.82
NA9 DRA	0.405	NAT1 B#35	0.527
NA10 DRB	0.372	NAT2 B#35	0.423
NA11 DRB	0.365	NAT3 B#35	0.446
NA12 DRB	0.178	NAT4 B#35	0.446
NA14 DRA	0.21	39-4	0.352
NA15 DR1	0.348	41-5	0.248
NA16 DRA	0.372	42-7	0.18
NA17 DRA	0.401	G	0.309
NA18 DRB	0.391	70-10	0.33
NA19 DRA	0.349	43-12	0.143
NA20 DR	0.354	71-15	0.306
NA21 DRC	0.445	50-18	0.264
NA22 DRB	0.523	64-19	0.253
NA23 DR	0.372	62-21	0.21
NA24 DRB	0.408	47-28	0.215
NA25 DRB	0.41	48-30	0.357
NA26 DRC	0.427	59-31	0.267
NA27 DRC	0.452	54-33	0.238
NA28 DRB	0.327	10B-35	0.355
NA29 DRA	0.277	9C-36	0.389
NA30 DRA	0.287	8A-37	0.366
NA31 DRB	0.266	7C-38	0.357
NA32 DRB	0.352	56A-46	0.293
NA33 DRB	0.357	6B-42	0.388
NA34 DRA	0.353	5B-44	0.325

Tabla 9.50. Geoquímica, concentración *Tl* [ppm].

Tl [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.249	NA35 DRA	0.375
NA2 DR	0.274	NA36 DRA	0.38
NA3 DRA	0.244	NA37 DRB	0.273
NA4 DRB	0.269	NA38 DRB	0.199
NA#5 5A	0.305	NA39 DRA	0.27
NA#6 6C	0.317	NA40 DRA	0.313
NA7 DRA	0.218	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.226	NA42 DR	0.214
NA9 DRA	0.423	NAT1 B#35	0.22
NA10 DRB	0.308	NAT2 B#35	0.232
NA11 DRB	0.449	NAT3 B#35	0.24
NA12 DRB	0.127	NAT4 B#35	0.225
NA14 DRA	0.241	39-4	0.95
NA15 DR1	0.244	41-5	0.45
NA16 DRA	0.397	42-7	0.3
NA17 DRA	1.015	G	0.58
NA18 DRB	0.482	70-10	0.49
NA19 DRA	0.765	43-12	0.25
NA20 DR	0.431	71-15	0.37
NA21 DRC	0.647	50-18	0.41
NA22 DRB	0.617	64-19	0.22
NA23 DR	0.427	62-21	0.4
NA24 DRB	0.424	47-28	0.31
NA25 DRB	0.494	48-30	0.39
NA26 DRC	0.703	59-31	0.09
NA27 DRC	0.821	54-33	0.51
NA28 DRB	0.385	10B-35	0.39
NA29 DRA	0.364	9C-36	0.29
NA30 DRA	0.359	8A-37	0.47
NA31 DRB	0.336	7C-38	0.43
NA32 DRB	0.357	56A-46	0.44
NA33 DRB	0.371	6B-42	0.37
NA34 DRA	0.374	5B-44	0.3

Tabla 9.51. Geoquímica, concentración U [ppm].

U [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	1.45	NA35 DRA	1.98
NA2 DR	1.44	NA36 DRA	2.33
NA3 DRA	1.33	NA37 DRB	0.91
NA4 DRB	1.28	NA38 DRB	1.17
NA#5 5A	1.21	NA39 DRA	1.66
NA#6 6C	1.95	NA40 DRA	0.96
NA7 DRA	0.93	NA41 DR	-
NA8 DRA	1.29	NA42 DR	1.19
NA9 DRA	2.62	NAT1 B#35	1.65
NA10 DRB	1.48	NAT2 B#35	1.58
NA11 DRB	3.09	NAT3 B#35	1.7
NA12 DRB	0.81	NAT4 B#35	1.77
NA14 DRA	1.18	39-4	1.7
NA15 DR1	1.45	41-5	2.8
NA16 DRA	2.42	42-7	3.5
NA17 DRA	3.81	G	1.9
NA18 DRB	2.3	70-10	1.6
NA19 DRA	2.87	43-12	2.6
NA20 DR	1.63	71-15	1.2
NA21 DRC	2.52	50-18	1.5
NA22 DRB	2.81	64-19	2.3
NA23 DR	1.74	62-21	4.4
NA24 DRB	2.84	47-28	1.8
NA25 DRB	3	48-30	2
NA26 DRC	3	59-31	0.7
NA27 DRC	3.16	54-33	3.9
NA28 DRB	1.71	10B-35	1.1
NA29 DRA	1.44	9C-36	1.4
NA30 DRA	1.4	8A-37	2.3
NA31 DRB	1.31	7C-38	1.7
NA32 DRB	2.02	56A-46	1.4
NA33 DRB	2.13	6B-42	2.1
NA34 DRA	1.97	5B-44	1

Tabla 9.52. Geoquímica, concentración V [ppm].

V [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	104.5	NA35 DRA	112
NA2 DR	105	NA36 DRA	134.5
NA3 DRA	113	NA37 DRB	48.5
NA4 DRB	109	NA38 DRB	46.7
NA#5 5A	89.3	NA39 DRA	92.7
NA#6 6C	115	NA40 DRA	75
NA7 DRA	72.5	NA41 DR	-
NA8 DRA	127.5	NA42 DR	219
NA9 DRA	154.5	NAT1 B#35	212
NA10 DRB	148	NAT2 B#35	161.5
NA11 DRB	134.5	NAT3 B#35	173
NA12 DRB	61.7	NAT4 B#35	168
NA14 DRA	75.6	39-4	107
NA15 DR1	132	41-5	67
NA16 DRA	144	42-7	45
NA17 DRA	159.5	G	103
NA18 DRB	116	70-10	111
NA19 DRA	122	43-12	30
NA20 DR	110.5	71-15	86
NA21 DRC	179	50-18	98
NA22 DRB	176	64-19	82
NA23 DR	150.5	62-21	60
NA24 DRB	136	47-28	59
NA25 DRB	143.5	48-30	137
NA26 DRC	175	59-31	71
NA27 DRC	193.5	54-33	139
NA28 DRB	99.7	10B-35	127
NA29 DRA	74.8	9C-36	132
NA30 DRA	83	8A-37	126
NA31 DRB	70.4	7C-38	120
NA32 DRB	102	56A-46	82
NA33 DRB	104.5	6B-42	130
NA34 DRA	106.5	5B-44	92

Tabla 9.53. Geoquímica, concentración W [ppm].

W [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	0.554	NA35 DRA	0.872
NA2 DR	0.611	NA36 DRA	1.11
NA3 DRA	0.578	NA37 DRB	0.558
NA4 DRB	0.6	NA38 DRB	0.363
NA#5 5A	0.56	NA39 DRA	0.771
NA#6 6C	0.922	NA40 DRA	0.647
NA7 DRA	0.394	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.499	NA42 DR	0.712
NA9 DRA	1.15	NAT1 B#35	0.707
NA10 DRB	0.724	NAT2 B#35	0.643
NA11 DRB	1.135	NAT3 B#35	0.66
NA12 DRB	0.164	NAT4 B#35	0.63
NA14 DRA	0.511	39-4	2.2
NA15 DR1	0.557	41-5	0.8
NA16 DRA	1.145	42-7	0.4
NA17 DRA	2.5	G	1.2
NA18 DRB	1.165	70-10	1
NA19 DRA	1.845	43-12	0.4
NA20 DR	1.215	71-15	0.8
NA21 DRC	1.38	50-18	0.6
NA22 DRB	1.905	64-19	0.4
NA23 DR	1.025	62-21	0.9
NA24 DRB	1.225	47-28	0.4
NA25 DRB	1.28	48-30	0.7
NA26 DRC	1.555	59-31	0.2
NA27 DRC	2.1	54-33	0.8
NA28 DRB	1.245	10B-35	0.8
NA29 DRA	0.824	9C-36	0.6
NA30 DRA	0.971	8A-37	0.9
NA31 DRB	0.834	7C-38	0.8
NA32 DRB	0.981	56A-46	0.9
NA33 DRB	0.978	6B-42	0.9
NA34 DRA	0.939	5B-44	0.6

Tabla 9.54. Geoquímica, concentración Y [ppm].

Y [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	13.3	NA35 DRA	17.3
NA2 DR	13.05	NA36 DRA	18.7
NA3 DRA	13.35	NA37 DRB	10.9
NA4 DRB	13.6	NA38 DRB	13.55
NA#5 5A	13.45	NA39 DRA	16.4
NA#6 6C	18.75	NA40 DRA	14.1
NA7 DRA	10.95	NA41 DR	-
NA8 DRA	14.1	NA42 DR	21.6
NA9 DRA	22.8	NAT1 B#35	20
NA10 DRB	17.5	NAT2 B#35	16.2
NA11 DRB	20.3	NAT3 B#35	18
NA12 DRB	16	NAT4 B#35	18.25
NA14 DRA	14.15	39-4	14.9
NA15 DR1	17.4	41-5	16.7
NA16 DRA	21.1	42-7	12.4
NA17 DRA	23.1	G	14.2
NA18 DRB	25.3	70-10	13.6
NA19 DRA	29.5	43-12	11.2
NA20 DR	22.2	71-15	11.1
NA21 DRC	24.1	50-18	14.5
NA22 DRB	28.5	64-19	14.2
NA23 DR	18.05	62-21	14.1
NA24 DRB	19.5	47-28	12.9
NA25 DRB	19.45	48-30	17.1
NA26 DRC	22	59-31	8.6
NA27 DRC	23.5	54-33	12.9
NA28 DRB	20.1	10B-35	17.1
NA29 DRA	19.6	9C-36	18.9
NA30 DRA	19.75	8A-37	16.8
NA31 DRB	17.35	7C-38	16.3
NA32 DRB	17	56A-46	15
NA33 DRB	16.65	6B-42	16.2
NA34 DRA	17.75	5B-44	14

Tabla 9.55. Geoquímica, concentración Zn [ppm].

Zn [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	76.7	NA35 DRA	75
NA2 DR	75.6	NA36 DRA	93.2
NA3 DRA	82.4	NA37 DRB	30.6
NA4 DRB	80.4	NA38 DRB	30.5
NA#5 5A	53.7	NA39 DRA	54.5
NA#6 6C	69.5	NA40 DRA	46.8
NA7 DRA	50.2	NA41 DR	-
NA8 DRA	77.8	NA42 DR	76.5
NA9 DRA	123.5	NAT1 B#35	110.5
NA10 DRB	101	NAT2 B#35	95.6
NA11 DRB	104	NAT3 B#35	103.5
NA12 DRB	24	NAT4 B#35	97.2
NA14 DRA	64.8	39-4	88.5
NA15 DR1	80.9	41-5	59.8
NA16 DRA	99.4	42-7	38.8
NA17 DRA	130	G	105.7
NA18 DRB	98.4	70-10	97.5
NA19 DRA	116.5	43-12	25.5
NA20 DR	113.5	71-15	82
NA21 DRC	121	50-18	111.3
NA22 DRB	108	64-19	103.8
NA23 DR	119.5	62-21	64.4
NA24 DRB	94	47-28	45.7
NA25 DRB	99.5	48-30	74.7
NA26 DRC	126.5	59-31	58.9
NA27 DRC	140.5	54-33	129.3
NA28 DRB	67.3	10B-35	66.7
NA29 DRA	58.8	9C-36	78.5
NA30 DRA	59.9	8A-37	96.5
NA31 DRB	55.6	7C-38	81.4
NA32 DRB	70.7	56A-46	56.1
NA33 DRB	72.7	6B-42	82.8
NA34 DRA	75.4	5B-44	53.9

Tabla 9.56. Geoquímica, concentración Zr [ppm].

Zr [ppm], ME-MS61L y MA250			
NA1 DRA	51.8	NA35 DRA	62.4
NA2 DR	53.1	NA36 DRA	70.4
NA3 DRA	51.4	NA37 DRB	26.8
NA4 DRB	52.6	NA38 DRB	26.4
NA#5 5A	47	NA39 DRA	53.3
NA#6 6C	66.6	NA40 DRA	45
NA7 DRA	38.6	NA41 DR	-
NA8 DRA	61.3	NA42 DR	52.1
NA9 DRA	52.6	NAT1 B#35	67.2
NA10 DRB	61.6	NAT2 B#35	72.6
NA11 DRB	44.3	NAT3 B#35	67.4
NA12 DRB	9.3	NAT4 B#35	75.3
NA14 DRA	24.6	39-4	4.4
NA15 DR1	50.1	41-5	20.8
NA16 DRA	49.1	42-7	13.8
NA17 DRA	74.2	G	33.7
NA18 DRB	61.3	70-10	39.1
NA19 DRA	21.4	43-12	11.5
NA20 DR	66.6	71-15	39.3
NA21 DRC	23	50-18	69.9
NA22 DRB	18.2	64-19	51.7
NA23 DR	73.3	62-21	27.9
NA24 DRB	83.6	47-28	11.2
NA25 DRB	75.2	48-30	24.4
NA26 DRC	61.3	59-31	63.7
NA27 DRC	44.8	54-33	27.3
NA28 DRB	58.8	10B-35	22.3
NA29 DRA	41.9	9C-36	37.3
NA30 DRA	47.6	8A-37	36.4
NA31 DRB	43	7C-38	38.3
NA32 DRB	65.4	56A-46	38.3
NA33 DRB	64.3	6B-42	51.4
NA34 DRA	63.9	5B-44	40.6

Tabla 9.57. Geoquímica, concentración Dy [ppm].

Dy [ppm], MS61L-REE y MA250			
NA1 DRA	2.43	NA35 DRA	3.19
NA2 DR	2.39	NA36 DRA	3.45
NA3 DRA	2.52	NA37 DRB	1.965
NA4 DRB	2.61	NA38 DRB	2.52
NA#5 5A	2.45	NA39 DRA	3.04
NA#6 6C	3.55	NA40 DRA	2.69
NA7 DRA	2.02	NA41 DR	-
NA8 DRA	2.61	NA42 DR	3.82
NA9 DRA	4.18	NAT1 B#35	3.64
NA10 DRB	3.29	NAT2 B#35	3
NA11 DRB	3.59	NAT3 B#35	3.34
NA12 DRB	2.8	NAT4 B#35	3.23
NA14 DRA	2.47	39-4	3.5
NA15 DR1	3.1	41-5	2.8
NA16 DRA	3.66	42-7	2.2
NA17 DRA	4.52	G	2.5
NA18 DRB	4.96	70-10	2.7
NA19 DRA	5.17	43-12	1.9
NA20 DR	4.41	71-15	2.4
NA21 DRC	4.47	50-18	2.7
NA22 DRB	5.37	64-19	2.6
NA23 DR	3.38	62-21	2.3
NA24 DRB	3.58	47-28	2.4
NA25 DRB	4.05	48-30	2.9
NA26 DRC	4.06	59-31	1.7
NA27 DRC	4.41	54-33	2.4
NA28 DRB	3.67	10B-35	2.7
NA29 DRA	3.53	9C-36	3.2
NA30 DRA	3.79	8A-37	3.1
NA31 DRB	3.33	7C-38	2.9
NA32 DRB	3.25	56A-46	3.1
NA33 DRB	3.12	6B-42	2.9
NA34 DRA	3.4	5B-44	2.6

Tabla 9.58. Geoquímica, concentración Er [ppm].

Er [ppm], MS61L-REE y MA250			
NA1 DRA	1.465	NA35 DRA	1.805
NA2 DR	1.33	NA36 DRA	1.995
NA3 DRA	1.445	NA37 DRB	1.13
NA4 DRB	1.445	NA38 DRB	1.375
NA#5 5A	1.415	NA39 DRA	1.71
NA#6 6C	2.01	NA40 DRA	1.525
NA7 DRA	1.15	NA41 DR	-
NA8 DRA	1.58	NA42 DR	2.15
NA9 DRA	2.38	NAT1 B#35	2.05
NA10 DRB	1.95	NAT2 B#35	1.875
NA11 DRB	2.04	NAT3 B#35	1.94
NA12 DRB	1.665	NAT4 B#35	2.02
NA14 DRA	1.405	39-4	1.8
NA15 DR1	1.75	41-5	1.9
NA16 DRA	2.12	42-7	1.2
NA17 DRA	2.47	G	1.7
NA18 DRB	2.51	70-10	1.5
NA19 DRA	3.03	43-12	1.1
NA20 DR	2.27	71-15	1.2
NA21 DRC	2.45	50-18	1.5
NA22 DRB	2.82	64-19	1.9
NA23 DR	1.895	62-21	1.5
NA24 DRB	2.08	47-28	1.2
NA25 DRB	2.07	48-30	1.8
NA26 DRC	2.32	59-31	1.1
NA27 DRC	2.37	54-33	1.3
NA28 DRB	2.03	10B-35	1.8
NA29 DRA	2.11	9C-36	2.1
NA30 DRA	2.15	8A-37	1.9
NA31 DRB	1.84	7C-38	2
NA32 DRB	1.795	56A-46	1.6
NA33 DRB	1.815	6B-42	1.8
NA34 DRA	1.89	5B-44	1.6

Tabla 9.59. Geoquímica, concentración *Eu* [ppm].

Eu [ppm], MS61L-REE y MA250			
NA1 DRA	0.786	NA35 DRA	0.908
NA2 DR	0.759	NA36 DRA	0.94
NA3 DRA	0.783	NA37 DRB	0.535
NA4 DRB	0.789	NA38 DRB	0.69
NA#5 5A	0.806	NA39 DRA	0.841
NA#6 6C	0.962	NA40 DRA	0.836
NA7 DRA	0.734	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.747	NA42 DR	1.02
NA9 DRA	0.978	NAT1 B#35	1.07
NA10 DRB	0.963	NAT2 B#35	0.827
NA11 DRB	0.988	NAT3 B#35	0.917
NA12 DRB	0.68	NAT4 B#35	0.907
NA14 DRA	0.721	39-4	0.9
NA15 DR1	0.932	41-5	0.7
NA16 DRA	1.02	42-7	0.6
NA17 DRA	1.28	G	0.8
NA18 DRB	1.25	70-10	0.8
NA19 DRA	0.992	43-12	0.5
NA20 DR	1.235	71-15	0.9
NA21 DRC	1.19	50-18	0.7
NA22 DRB	1.425	64-19	0.8
NA23 DR	0.95	62-21	0.7
NA24 DRB	0.987	47-28	0.6
NA25 DRB	0.958	48-30	1
NA26 DRC	1.02	59-31	0.6
NA27 DRC	1.195	54-33	0.6
NA28 DRB	1.015	10B-35	0.9
NA29 DRA	1.005	9C-36	0.9
NA30 DRA	0.977	8A-37	0.9
NA31 DRB	0.868	7C-38	0.9
NA32 DRB	0.849	56A-46	0.8
NA33 DRB	0.834	6B-42	0.9
NA34 DRA	0.896	5B-44	0.9

Tabla 9.60. Geoquímica, concentración **Gd** [ppm].

Gd [ppm], MS61L-REE y MA250			
NA1 DRA	2.67	NA35 DRA	3.54
NA2 DR	2.56	NA36 DRA	3.82
NA3 DRA	2.7	NA37 DRB	2.2
NA4 DRB	2.79	NA38 DRB	2.88
NA#5 5A	2.74	NA39 DRA	3.43
NA#6 6C	3.93	NA40 DRA	3.06
NA7 DRA	2.35	NA41 DR	-
NA8 DRA	2.59	NA42 DR	4.32
NA9 DRA	4.57	NAT1 B#35	3.9
NA10 DRB	3.66	NAT2 B#35	2.94
NA11 DRB	3.95	NAT3 B#35	3.35
NA12 DRB	2.9	NAT4 B#35	3.2
NA14 DRA	2.71	39-4	4.2
NA15 DR1	3.33	41-5	3.2
NA16 DRA	3.93	42-7	2.3
NA17 DRA	5.84	G	2.8
NA18 DRB	5.65	70-10	3
NA19 DRA	5.4	43-12	2.1
NA20 DR	5.38	71-15	2.5
NA21 DRC	5.02	50-18	3.2
NA22 DRB	6.48	64-19	2.9
NA23 DR	3.76	62-21	2.6
NA24 DRB	3.92	47-28	2.8
NA25 DRB	3.93	48-30	3.1
NA26 DRC	4.64	59-31	1.9
NA27 DRC	5.25	54-33	2.7
NA28 DRB	4.18	10B-35	3.1
NA29 DRA	4.11	9C-36	3.5
NA30 DRA	4.27	8A-37	3.3
NA31 DRB	3.78	7C-38	2.9
NA32 DRB	3.49	56A-46	3.1
NA33 DRB	3.39	6B-42	3.3
NA34 DRA	3.78	5B-44	3

Tabla 9.61. Geoquímica, concentración Ho [ppm].

Ho [ppm], MS61L-REE y MA250			
NA1 DRA	0.526	NA35 DRA	0.686
NA2 DR	0.511	NA36 DRA	0.754
NA3 DRA	0.533	NA37 DRB	0.402
NA4 DRB	0.542	NA38 DRB	0.511
NA#5 5A	0.541	NA39 DRA	0.655
NA#6 6C	0.741	NA40 DRA	0.567
NA7 DRA	0.433	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.594	NA42 DR	0.796
NA9 DRA	0.909	NAT1 B#35	0.781
NA10 DRB	0.682	NAT2 B#35	0.67
NA11 DRB	0.772	NAT3 B#35	0.708
NA12 DRB	0.592	NAT4 B#35	0.702
NA14 DRA	0.528	39-4	0.7
NA15 DR1	0.659	41-5	0.5
NA16 DRA	0.811	42-7	0.5
NA17 DRA	0.956	G	0.6
NA18 DRB	1.005	70-10	0.6
NA19 DRA	1.115	43-12	0.4
NA20 DR	0.864	71-15	0.5
NA21 DRC	0.931	50-18	0.6
NA22 DRB	1.105	64-19	0.6
NA23 DR	0.674	62-21	0.4
NA24 DRB	0.78	47-28	0.5
NA25 DRB	0.773	48-30	0.6
NA26 DRC	0.879	59-31	0.4
NA27 DRC	0.931	54-33	0.5
NA28 DRB	0.787	10B-35	0.8
NA29 DRA	0.728	9C-36	0.7
NA30 DRA	0.781	8A-37	0.6
NA31 DRB	0.679	7C-38	0.6
NA32 DRB	0.658	56A-46	0.5
NA33 DRB	0.67	6B-42	0.7
NA34 DRA	0.712	5B-44	0.6

Tabla 9.62. Geoquímica, concentración **Lu** [ppm].

Lu [ppm], MS61L-REE y MA250			
NA1 DRA	0.207	NA35 DRA	0.249
NA2 DR	0.194	NA36 DRA	0.271
NA3 DRA	0.193	NA37 DRB	0.153
NA4 DRB	0.196	NA38 DRB	0.17
NA#5 5A	0.195	NA39 DRA	0.228
NA#6 6C	0.278	NA40 DRA	0.201
NA7 DRA	0.152	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.238	NA42 DR	0.296
NA9 DRA	0.319	NAT1 B#35	0.3
NA10 DRB	0.281	NAT2 B#35	0.274
NA11 DRB	0.267	NAT3 B#35	0.294
NA12 DRB	0.212	NAT4 B#35	0.304
NA14 DRA	0.177	39-4	0.2
NA15 DR1	0.248	41-5	0.2
NA16 DRA	0.277	42-7	0.2
NA17 DRA	0.37	G	0.2
NA18 DRB	0.298	70-10	0.2
NA19 DRA	0.412	43-12	0.2
NA20 DR	0.267	71-15	0.2
NA21 DRC	0.338	50-18	0.2
NA22 DRB	0.354	64-19	0.2
NA23 DR	0.262	62-21	0.2
NA24 DRB	0.302	47-28	0.2
NA25 DRB	0.287	48-30	0.3
NA26 DRC	0.323	59-31	0.2
NA27 DRC	0.325	54-33	0.2
NA28 DRB	0.271	10B-35	0.2
NA29 DRA	0.269	9C-36	0.3
NA30 DRA	0.296	8A-37	0.3
NA31 DRB	0.241	7C-38	0.2
NA32 DRB	0.25	56A-46	0.2
NA33 DRB	0.251	6B-42	0.2
NA34 DRA	0.257	5B-44	0.2

Tabla 9.63. Geoquímica, concentración Nd [ppm].

Nd [ppm], MS61L-REE y MA250			
NA1 DRA	12.9	NA35 DRA	18.1
NA2 DR	12.75	NA36 DRA	19.3
NA3 DRA	13.15	NA37 DRB	10.5
NA4 DRB	13.1	NA38 DRB	13.55
NA#5 5A	13.55	NA39 DRA	16.85
NA#6 6C	19.6	NA40 DRA	15.05
NA7 DRA	11.6	NA41 DR	-
NA8 DRA	12.35	NA42 DR	26
NA9 DRA	20.4	NAT1 B#35	19.45
NA10 DRB	17.15	NAT2 B#35	13.9
NA11 DRB	19.65	NAT3 B#35	16.1
NA12 DRB	12.35	NAT4 B#35	15.7
NA14 DRA	14.3	39-4	25
NA15 DR1	16.4	41-5	16.3
NA16 DRA	20	42-7	13.6
NA17 DRA	33.9	G	17.8
NA18 DRB	30.7	70-10	15.2
NA19 DRA	24.8	43-12	11.8
NA20 DR	30.1	71-15	14.6
NA21 DRC	25.6	50-18	13.1
NA22 DRB	32.4	64-19	12.3
NA23 DR	19.45	62-21	14.2
NA24 DRB	21.2	47-28	12.4
NA25 DRB	21.2	48-30	13.8
NA26 DRC	23.5	59-31	8.8
NA27 DRC	27	54-33	12.8
NA28 DRB	21.9	10B-35	15.4
NA29 DRA	20	9C-36	17.2
NA30 DRA	21.2	8A-37	16.9
NA31 DRB	18.8	7C-38	16
NA32 DRB	18.65	56A-46	16.7
NA33 DRB	18.15	6B-42	18.8
NA34 DRA	19.2	5B-44	15.8

Tabla 9.64. Geoquímica, concentración Pr [ppm].

Pr [ppm], MS61L-REE y MA250			
NA1 DRA	3.25	NA35 DRA	4.58
NA2 DR	3.21	NA36 DRA	4.83
NA3 DRA	3.37	NA37 DRB	2.68
NA4 DRB	3.39	NA38 DRB	3.52
NA#5 5A	3.4	NA39 DRA	4.19
NA#6 6C	4.94	NA40 DRA	3.91
NA7 DRA	2.89	NA41 DR	-
NA8 DRA	3.11	NA42 DR	6.76
NA9 DRA	5.22	NAT1 B#35	4.79
NA10 DRB	4.49	NAT2 B#35	3.49
NA11 DRB	4.81	NAT3 B#35	4.21
NA12 DRB	3.18	NAT4 B#35	3.96
NA14 DRA	3.51	39-4	6.6
NA15 DR1	4.09	41-5	4.3
NA16 DRA	5.04	42-7	3.6
NA17 DRA	8.65	G	4.9
NA18 DRB	7.87	70-10	4.4
NA19 DRA	6.33	43-12	3.2
NA20 DR	8.19	71-15	4
NA21 DRC	6.26	50-18	3.6
NA22 DRB	8.17	64-19	3.2
NA23 DR	5.14	62-21	3.8
NA24 DRB	5.47	47-28	3.6
NA25 DRB	5.42	48-30	3.5
NA26 DRC	5.92	59-31	2.2
NA27 DRC	6.79	54-33	3.2
NA28 DRB	5.59	10B-35	3.8
NA29 DRA	5.38	9C-36	4.4
NA30 DRA	5.64	8A-37	4
NA31 DRB	5.19	7C-38	4.2
NA32 DRB	4.74	56A-46	4.4
NA33 DRB	4.54	6B-42	5
NA34 DRA	4.87	5B-44	4.1

Tabla 9.65. Geoquímica, concentración Sm [ppm].

Sm [ppm], MS61L-REE y MA250			
NA1 DRA	3.03	NA35 DRA	4.19
NA2 DR	3.01	NA36 DRA	4.39
NA3 DRA	3.13	NA37 DRB	2.42
NA4 DRB	3.15	NA38 DRB	3.25
NA#5 5A	3.19	NA39 DRA	3.8
NA#6 6C	4.62	NA40 DRA	3.38
NA7 DRA	2.78	NA41 DR	-
NA8 DRA	2.84	NA42 DR	5.56
NA9 DRA	5.09	NAT1 B#35	4.33
NA10 DRB	3.98	NAT2 B#35	3.24
NA11 DRB	4.79	NAT3 B#35	3.89
NA12 DRB	3.15	NAT4 B#35	3.65
NA14 DRA	3.45	39-4	5.1
NA15 DR1	4.02	41-5	3.2
NA16 DRA	4.79	42-7	2.6
NA17 DRA	7.85	G	3.7
NA18 DRB	7.25	70-10	3.3
NA19 DRA	6.18	43-12	2.4
NA20 DR	6.7	71-15	3
NA21 DRC	6.02	50-18	2.8
NA22 DRB	7.96	64-19	2.8
NA23 DR	4.33	62-21	2.7
NA24 DRB	4.9	47-28	2.5
NA25 DRB	4.75	48-30	3.4
NA26 DRC	5.48	59-31	1.8
NA27 DRC	6.43	54-33	2.9
NA28 DRB	5.06	10B-35	3.3
NA29 DRA	4.74	9C-36	4
NA30 DRA	4.78	8A-37	3.8
NA31 DRB	4.32	7C-38	3.4
NA32 DRB	4.41	56A-46	3.4
NA33 DRB	3.98	6B-42	3.7
NA34 DRA	4.47	5B-44	3.5

Tabla 9.66. Geoquímica, concentración **Tb** [ppm].

Tb [ppm], MS61L-REE y MA250			
NA1 DRA	0.419	NA35 DRA	0.521
NA2 DR	0.388	NA36 DRA	0.566
NA3 DRA	0.409	NA37 DRB	0.33
NA4 DRB	0.437	NA38 DRB	0.429
NA#5 5A	0.4	NA39 DRA	0.503
NA#6 6C	0.588	NA40 DRA	0.442
NA7 DRA	0.335	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.413	NA42 DR	0.628
NA9 DRA	0.685	NAT1 B#35	0.574
NA10 DRB	0.546	NAT2 B#35	0.468
NA11 DRB	0.588	NAT3 B#35	0.53
NA12 DRB	0.442	NAT4 B#35	0.493
NA14 DRA	0.397	39-4	0.7
NA15 DR1	0.496	41-5	0.5
NA16 DRA	0.591	42-7	0.3
NA17 DRA	0.809	G	0.5
NA18 DRB	0.84	70-10	0.4
NA19 DRA	0.835	43-12	0.3
NA20 DR	0.751	71-15	0.4
NA21 DRC	0.758	50-18	0.5
NA22 DRB	0.941	64-19	0.4
NA23 DR	0.555	62-21	0.4
NA24 DRB	0.585	47-28	0.3
NA25 DRB	0.598	48-30	0.5
NA26 DRC	0.68	59-31	0.3
NA27 DRC	0.762	54-33	0.4
NA28 DRB	0.618	10B-35	0.5
NA29 DRA	0.601	9C-36	0.5
NA30 DRA	0.62	8A-37	0.5
NA31 DRB	0.549	7C-38	0.5
NA32 DRB	0.538	56A-46	0.5
NA33 DRB	0.513	6B-42	0.5
NA34 DRA	0.562	5B-44	0.4

Tabla 9.67. Geoquímica, concentración *Tm* [ppm].

Tm [ppm], MS61L-REE y MA250			
NA1 DRA	0.217	NA35 DRA	0.281
NA2 DR	0.22	NA36 DRA	0.299
NA3 DRA	0.215	NA37 DRB	0.163
NA4 DRB	0.23	NA38 DRB	0.187
NA#5 5A	0.214	NA39 DRA	0.257
NA#6 6C	0.299	NA40 DRA	0.211
NA7 DRA	0.179	NA41 DR	-
NA8 DRA	0.251	NA42 DR	0.324
NA9 DRA	0.36	NAT1 B#35	0.327
NA10 DRB	0.276	NAT2 B#35	0.294
NA11 DRB	0.313	NAT3 B#35	0.305
NA12 DRB	0.229	NAT4 B#35	0.309
NA14 DRA	0.202	39-4	0.3
NA15 DR1	0.269	41-5	0.2
NA16 DRA	0.324	42-7	0.2
NA17 DRA	0.385	G	0.2
NA18 DRB	0.385	70-10	0.2
NA19 DRA	0.478	43-12	0.2
NA20 DR	0.301	71-15	0.2
NA21 DRC	0.37	50-18	0.3
NA22 DRB	0.404	64-19	0.2
NA23 DR	0.27	62-21	0.2
NA24 DRB	0.324	47-28	0.2
NA25 DRB	0.323	48-30	0.3
NA26 DRC	0.353	59-31	0.1
NA27 DRC	0.358	54-33	0.2
NA28 DRB	0.309	10B-35	0.3
NA29 DRA	0.286	9C-36	0.3
NA30 DRA	0.309	8A-37	0.3
NA31 DRB	0.257	7C-38	0.2
NA32 DRB	0.279	56A-46	0.3
NA33 DRB	0.277	6B-42	0.2
NA34 DRA	0.299	5B-44	0.2

Tabla 9.68. Geoquímica, concentración **Yb** [ppm].

Yb [ppm], MS61L-REE y MA250			
NA1 DRA	1.38	NA35 DRA	1.78
NA2 DR	1.38	NA36 DRA	1.89
NA3 DRA	1.365	NA37 DRB	1.04
NA4 DRB	1.435	NA38 DRB	1.21
NA#5 5A	1.33	NA39 DRA	1.66
NA#6 6C	1.93	NA40 DRA	1.38
NA7 DRA	1.13	NA41 DR	-
NA8 DRA	1.655	NA42 DR	2.05
NA9 DRA	2.26	NAT1 B#35	2.14
NA10 DRB	1.79	NAT2 B#35	1.91
NA11 DRB	1.955	NAT3 B#35	1.94
NA12 DRB	1.555	NAT4 B#35	2.05
NA14 DRA	1.355	39-4	1.5
NA15 DR1	1.83	41-5	1.4
NA16 DRA	2.02	42-7	1
NA17 DRA	2.54	G	1.5
NA18 DRB	2.33	70-10	1.3
NA19 DRA	2.93	43-12	0.9
NA20 DR	1.915	71-15	1.3
NA21 DRC	2.35	50-18	1.7
NA22 DRB	2.53	64-19	1.3
NA23 DR	1.785	62-21	1.2
NA24 DRB	2.12	47-28	1
NA25 DRB	2.04	48-30	1.7
NA26 DRC	2.23	59-31	1.1
NA27 DRC	2.24	54-33	1.3
NA28 DRB	1.98	10B-35	1.8
NA29 DRA	1.85	9C-36	1.7
NA30 DRA	2.04	8A-37	1.9
NA31 DRB	1.66	7C-38	1.6
NA32 DRB	1.815	56A-46	1.6
NA33 DRB	1.74	6B-42	1.8
NA34 DRA	1.81	5B-44	1.4

C.3 Resultados Ensayo a Fuego Au, Pt y Pd

Tabla 9.69. Geoquímica, concentración Au [ppb].

Au [ppb]			
Au-ICP21 (ALS)		FA350 (BV)	
NA1 DRA	<1	39-4	4
NA2 DR	<1	41-5	8
NA3 DRA	<1	42-7	8
NA4 DRB	1	G	6
NA#5 5A	<1	70-10	8
NA#6 6C	3	43-12	5
NA7 DRA	<1	71-15	7
NA8 DRA	<1	50-18	3
NA9 DRA	<1	64-19	5
NA10 DRB	<1	62-21	5
NA11 DRB	<1	47-28	3
NA12 DRB	<1	48-30	7
NA14 DRA	<1	59-31	3
NA15 DR1	<1	54-33	6
NA16 DRA	<1	10B-35	3
NA17 DRA	1	9C-36	5
NA18 DRB	<1	8A-37	8
NA19 DRA	<1	7C-38	4
NA20 DR	<1	56A-46	<2
NA21 DRC	1	6B-42	7
NA22 DRB	1	5B-44	2
NA23 DR	<1		
NA24 DRB	1		
NA25 DRB	<1		
NA26 DRC	1		
NA27 DRC	1		
NA28 DRB	<1		
NA29 DRA	<1		
NA30 DRA	<1		
NA31 DRB	<1		
NA32 DRB	<1		
NA33 DRB	<1		
NA34 DRA	<1		
NA35 DRA	<1		
NA36 DRA	<1		
NA37 DRB	<1		
NA38 DRB	1		
NA39 DRA	<1		
NA40 DRA	<1		
NA41 DR	-		
NA42 DR	<1		
NAT1 B#35	216		
NAT2 B#35	<1		
NAT3 B#35	<1		
NAT4 B#35	<1		

Tabla 9.70. Geoquímica, concentración **Pt** y **Pd** [ppb].

Muestras	FA350 (BV)	
	Pt [ppb]	Pd [ppb]
39-4	<3	<2
41-5	<3	4
42-7	5	6
G	<3	2
70-10	<3	3
43-12	3	3
71-15	<3	8
50-18	<3	4
64-19	4	5
62-21	<3	4
47-28	<3	3
48-30	<3	<2
59-31	<3	2
54-33	<3	<2
10B-35	<3	3
9C-36	<3	4
8A-37	<3	<2
7C-38	<3	3
56A-46	<3	3
6B-42	<3	2
5B-44	<3	<2

C.4 Estadígrafos básicos de estadística univariada

Tabla 9.71. Estadígrafos de estadística univariada, de datos sin transformación.

Elemento	Unidad	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Mín.	Q1	Mediana	Q3	Máx.
Ag	[ppm]	65	0.04626	0.02521	0.00313	0.00500	0.02950	0.04500	0.05800	0.16100
Al	[%]	65	6.972	1.350	0.167	2.880	6.480	7.120	7.820	9.150
As	[ppm]	65	9.302	3.252	0.403	1.310	7.125	8.590	11.625	17.450
Ba	[ppm]	65	416.5	121.3	15.0	160.0	348.0	420.0	470.0	820.0
Be	[ppm]	65	1.1971	0.5682	0.0705	0.2500	0.9850	1.1400	1.4350	2.8200
Bi	[ppm]	65	0.1707	0.1160	0.0144	0.0100	0.0780	0.1260	0.2375	0.4900
Ca	[%]	65	3.867	4.349	0.539	0.620	1.590	2.340	3.760	20.490
Cd	[ppm]	65	0.1071	0.1175	0.0146	0.0070	0.0440	0.0690	0.1210	0.7800
Ce	[ppm]	65	39.52	12.44	1.54	18.31	29.10	37.14	44.65	74.90
Co	[ppm]	65	13.457	5.233	0.649	3.900	9.300	12.700	17.675	27.700
Cr	[ppm]	65	49.09	16.13	2.00	19.40	36.70	47.50	59.20	92.00
Cs	[ppm]	65	2.998	1.700	0.211	0.370	1.935	2.530	3.775	8.520
Cu	[ppm]	65	18.34	9.84	1.22	3.76	10.02	16.35	25.30	50.70
Fe	[%]	65	3.752	1.085	0.135	1.210	3.045	3.790	4.560	5.970
Ga	[ppm]	65	14.505	3.699	0.459	5.770	12.545	14.250	16.500	23.700
Ge	[ppm]	44	0.21818	0.04697	0.00708	0.12000	0.18250	0.22000	0.25000	0.31000
Hf	[ppm]	65	1.4510	0.5582	0.0692	0.2000	1.0250	1.4900	1.9025	2.4300
In	[ppm]	65	0.05234	0.01690	0.00210	0.02000	0.03950	0.05200	0.06400	0.09700
K	[%]	65	1.5435	0.5124	0.0636	0.6200	1.2750	1.4500	1.6750	3.2100
La	[ppm]	65	18.248	5.482	0.680	8.400	13.950	17.600	20.500	35.500
Li	[ppm]	65	37.56	15.75	1.95	3.70	24.80	38.20	48.35	76.20
Mg	[%]	65	1.2603	0.4196	0.0520	0.5400	0.9000	1.2600	1.5550	2.3800
Mn	[ppm]	65	838.4	552.1	68.5	223.0	522.0	677.0	1018.0	3336.0
Mo	[ppm]	65	0.9406	0.6487	0.0805	0.0900	0.4300	0.8700	1.2100	3.2400
Na	[%]	65	2.4063	0.6389	0.0792	1.2000	2.0750	2.2000	2.5510	4.2460
Nb	[ppm]	65	6.137	2.516	0.312	2.690	4.175	5.690	7.220	13.260
Ni	[ppm]	65	24.93	12.22	1.52	8.68	16.70	23.00	29.90	79.50
P	[%]	65	0.07834	0.01801	0.00223	0.04500	0.06700	0.07700	0.08550	0.12500
Pb	[ppm]	65	14.296	5.444	0.675	5.770	10.670	13.200	16.665	30.200
Rb	[ppm]	65	62.90	31.88	3.95	9.90	44.50	53.70	69.90	174.00
Re	[ppm]	65	0.003832	0.004542	0.000563	0.000400	0.000750	0.001900	0.004600	0.019000
S	[%]	65	0.1749	0.1506	0.0187	0.0200	0.0600	0.1100	0.2550	0.5300
Sb	[ppm]	65	0.6031	0.3922	0.0487	0.0900	0.3550	0.5100	0.7150	2.2800
Se	[ppm]	65	13.313	4.202	0.521	5.100	10.200	13.100	15.475	22.700
Se	[ppm]	65	0.5937	0.5386	0.0668	0.0750	0.2025	0.3770	0.8385	2.1000
Sn	[ppm]	65	1.760	0.859	0.107	0.500	1.290	1.530	1.965	4.390
Sr	[ppm]	65	407.8	301.9	37.4	112.0	256.5	320.0	406.0	1672.0
Ta	[ppm]	65	0.4518	0.1936	0.0240	0.1900	0.3000	0.4000	0.5350	1.1000

Te	[ppm]	65	0.2476	0.5365	0.0665	0.0013	0.0140	0.0250	0.2100	2.8400
Th	[ppm]	65	6.273	2.703	0.335	1.400	4.305	5.860	7.205	14.700
Ti	[%]	65	0.3363	0.1040	0.0129	0.1430	0.2720	0.3490	0.3870	0.8200
Tl	[ppm]	65	0.3848	0.1763	0.0219	0.0900	0.2595	0.3700	0.4355	1.0150
U	[ppm]	65	1.9291	0.8013	0.0994	0.7000	1.3650	1.7000	2.3750	4.4000
V	[ppm]	65	114.39	40.95	5.08	30.00	82.50	111.00	138.00	219.00
W	[ppm]	65	0.8930	0.4598	0.0570	0.1640	0.6000	0.8000	1.1225	2.5000
Y	[ppm]	65	17.091	4.174	0.518	8.600	14.050	16.800	19.550	29.500
Zn	[ppm]	65	81.65	27.46	3.41	24.00	59.85	80.40	102.25	140.50
Zr	[ppm]	65	46.52	19.37	2.40	4.40	30.80	49.10	63.05	83.60
Dy	[ppm]	65	3.1619	0.7898	0.0980	1.7000	2.5600	3.1000	3.5850	5.3700
Er	[ppm]	65	1.8175	0.4136	0.0513	1.1000	1.5000	1.8150	2.0600	3.0300
Eu	[ppm]	65	0.8841	0.1788	0.0222	0.5000	0.7845	0.9000	0.9825	1.4250
Gd	[ppm]	65	3.504	0.956	0.119	1.900	2.800	3.300	3.930	6.480
Ho	[ppm]	65	0.6698	0.1643	0.0204	0.4000	0.5370	0.6700	0.7765	1.1150
Lu	[ppm]	65	0.24688	0.05580	0.00692	0.15200	0.20000	0.24800	0.29500	0.41200
Nd	[ppm]	65	17.846	5.382	0.668	8.800	13.575	16.850	20.000	33.900
Pr	[ppm]	65	4.600	1.381	0.171	2.200	3.515	4.400	5.205	8.650
Sm	[ppm]	65	4.062	1.309	0.162	1.800	3.150	3.800	4.765	7.960
Tb	[ppm]	65	0.5236	0.1400	0.0174	0.3000	0.4110	0.5000	0.5895	0.9410
Tm	[ppm]	65	0.26957	0.06807	0.00844	0.10000	0.20000	0.27900	0.30900	0.47800
Yb	[ppm]	65	1.7127	0.4146	0.0514	0.9000	1.3800	1.7400	1.9675	2.9300
Pd	[ppb]	21	2.929	1.951	0.426	0.500	1.250	3.000	4.000	8.000

Tabla 9.72. Estadígrafos de estadística univariada, de datos transformados a logaritmo natural.

Elem.	Unidad	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Mín.	Q1	Mediana	Q3	Máx.
Ag	[ppm]	65	-3.2339	0.6249	0.0775	-5.2983	-3.5235	-3.1011	-2.8473	-1.8264
Al	[%]	65	1.9186	0.2320	0.0288	1.0578	1.8687	1.9629	2.0567	2.2138
As	[ppm]	65	2.1576	0.4203	0.0521	0.2700	1.9636	2.1506	2.4532	2.8593
Ba	[ppm]	65	5.9879	0.3073	0.0381	5.0752	5.8519	6.0403	6.1527	6.7093
Be	[ppm]	65	0.0227	0.6401	0.0794	-1.3863	-0.0152	0.1310	0.3604	1.0367
Bi	[ppm]	65	-1.9984	0.7168	0.0889	-4.6052	-2.5510	-2.0715	-1.4381	-0.7133
Ca	[%]	65	0.9730	0.8036	0.0997	-0.4780	0.4637	0.8502	1.3244	3.0199
Cd	[ppm]	65	-2.5692	0.7785	0.0966	-4.9618	-3.1236	-2.6736	-2.1120	-0.2485
Ce	[ppm]	65	3.6315	0.3005	0.0373	2.9074	3.3707	3.6147	3.7988	4.3162
Co	[ppm]	65	2.5135	0.4390	0.0544	1.3610	2.2295	2.5416	2.8721	3.3214
Cr	[ppm]	65	3.8388	0.3405	0.0422	2.9653	3.6026	3.8607	4.0805	4.5218
Cs	[ppm]	65	0.9467	0.5761	0.0715	-0.9943	0.6601	0.9282	1.3281	2.1424
Cu	[ppm]	65	2.7714	0.5364	0.0665	1.3244	2.3041	2.7942	3.2306	3.9259
Fe	[%]	65	1.2727	0.3372	0.0418	0.1906	1.1135	1.3324	1.5173	1.7867
Ga	[ppm]	65	2.6391	0.2787	0.0346	1.7527	2.5293	2.6568	2.8031	3.1655
Ge	[ppm]	44	-1.5472	0.2312	0.0349	-2.1203	-1.7013	-1.5141	-1.3863	-1.1712
Hf	[ppm]	65	0.2687	0.5133	0.0637	-1.6094	0.0194	0.3988	0.6431	0.8879
In	[ppm]	65	-3.0052	0.3435	0.0426	-3.9120	-3.2315	-2.9565	-2.7490	-2.3330
K	[%]	65	0.3817	0.3297	0.0409	-0.4780	0.2429	0.3716	0.5158	1.1663
La	[ppm]	65	2.8629	0.2861	0.0355	2.1282	2.6355	2.8679	3.0204	3.5695
Li	[ppm]	65	3.5189	0.5122	0.0635	1.3083	3.2107	3.6428	3.8785	4.3334
Mg	[%]	65	0.1760	0.3391	0.0421	-0.6162	-0.1056	0.2311	0.4414	0.8671
Mn	[ppm]	65	6.5931	0.4958	0.0615	5.4072	6.2576	6.5177	6.9247	8.1125
Mo	[ppm]	65	-0.3029	0.7401	0.0918	-2.4079	-0.8464	-0.1393	0.1906	1.1756
Na	[%]	65	0.8467	0.2481	0.0308	0.1823	0.7300	0.7885	0.9364	1.4460
Nb	[ppm]	65	1.7375	0.3914	0.0485	0.9895	1.4291	1.7387	1.9769	2.5848
Ni	[ppm]	65	3.1167	0.4425	0.0549	2.1610	2.8153	3.1355	3.3979	4.3758
P	[%]	65	-2.5721	0.2271	0.0282	-3.1011	-2.7031	-2.5639	-2.4593	-2.0794
Pb	[ppm]	65	2.5922	0.3701	0.0459	1.7527	2.3674	2.5802	2.8133	3.4078
Rb	[ppm]	65	4.0294	0.4839	0.0600	2.2925	3.7955	3.9834	4.2470	5.1591
Re	[ppm]	65	-6.171	1.115	0.138	-7.824	-7.198	-6.266	-5.388	-3.963
S	[%]	65	-2.147	0.954	0.118	-3.912	-2.813	-2.207	-1.367	-0.635
Sb	[ppm]	65	-0.6615	0.5508	0.0683	-2.4079	-1.0357	-0.6733	-0.3355	0.8242
Sc	[ppm]	65	2.5364	0.3354	0.0416	1.6292	2.3223	2.5726	2.7392	3.1224
Se	[ppm]	65	-0.929	0.940	0.117	-2.590	-1.597	-0.976	-0.176	0.742
Sn	[ppm]	65	0.4672	0.4377	0.0543	-0.6931	0.2546	0.4253	0.6755	1.4793
Sr	[ppm]	65	5.8434	0.5323	0.0660	4.7185	5.5471	5.7683	6.0063	7.4218
Ta	[ppm]	65	-0.8759	0.4017	0.0498	-1.6607	-1.2040	-0.9163	-0.6255	0.0953
Te	[ppm]	65	-3.079	1.846	0.229	-6.685	-4.269	-3.689	-1.562	1.044
Th	[ppm]	65	1.7519	0.4162	0.0516	0.3365	1.4598	1.7681	1.9748	2.6878

Ti	[%]	65	-1.1353	0.3096	0.0384	-1.9449	-1.3021	-1.0527	-0.9493	-0.1985
Tl	[ppm]	65	-1.0459	0.4293	0.0533	-2.4079	-1.3497	-0.9943	-0.8313	0.0149
U	[ppm]	65	0.5769	0.4028	0.0500	-0.3567	0.3108	0.5306	0.8648	1.4816
V	[ppm]	65	4.6691	0.3961	0.0491	3.4012	4.4128	4.7095	4.9272	5.3891
W	[ppm]	65	-0.2348	0.5082	0.0630	-1.8079	-0.5108	-0.2231	0.1155	0.9163
Y	[ppm]	65	2.8099	0.2412	0.0299	2.1518	2.6426	2.8214	2.9730	3.3844
Zn	[ppm]	65	4.3354	0.3927	0.0487	3.1781	4.0918	4.3870	4.6273	4.9452
Zr	[ppm]	65	3.7133	0.5789	0.0718	1.4816	3.4231	3.8939	4.1439	4.4260
Dy	[ppm]	65	1.1215	0.2448	0.0304	0.5306	0.9399	1.1314	1.2768	1.6808
Er	[ppm]	65	0.5715	0.2320	0.0288	0.0953	0.4055	0.5961	0.7227	1.1086
Eu	[ppm]	65	-0.1436	0.2053	0.0255	-0.6931	-0.2427	-0.1054	-0.0177	0.3542
Gd	[ppm]	65	1.2202	0.2586	0.0321	0.6419	1.0296	1.1939	1.3686	1.8687
Ho	[ppm]	65	-0.4300	0.2436	0.0302	-0.9163	-0.6218	-0.4005	-0.2530	0.1089
Lu	[ppm]	65	-1.4234	0.2223	0.0276	-1.8839	-1.6094	-1.3943	-1.2208	-0.8867
Nd	[ppm]	65	2.8410	0.2835	0.0352	2.1748	2.6082	2.8244	2.9957	3.5234
Pr	[ppm]	65	1.4853	0.2834	0.0351	0.7885	1.2570	1.4816	1.6496	2.1576
Sm	[ppm]	65	1.3551	0.3032	0.0376	0.5878	1.1474	1.3350	1.5613	2.0744
Tb	[ppm]	65	-0.6810	0.2624	0.0325	-1.2040	-0.8892	-0.6931	-0.5285	-0.0608
Tm	[ppm]	65	-1.3440	0.2655	0.0329	-2.3026	-1.6094	-1.2765	-1.1744	-0.7381
Yb	[ppm]	65	0.5083	0.2494	0.0309	-0.1054	0.3221	0.5539	0.6767	1.0750
Pd	[ppb]	21	0.773	0.904	0.197	-0.693	0.000	1.099	1.386	2.079

C.5 Histogramas con ajuste a distribución normal para datos convertidos a Ln().

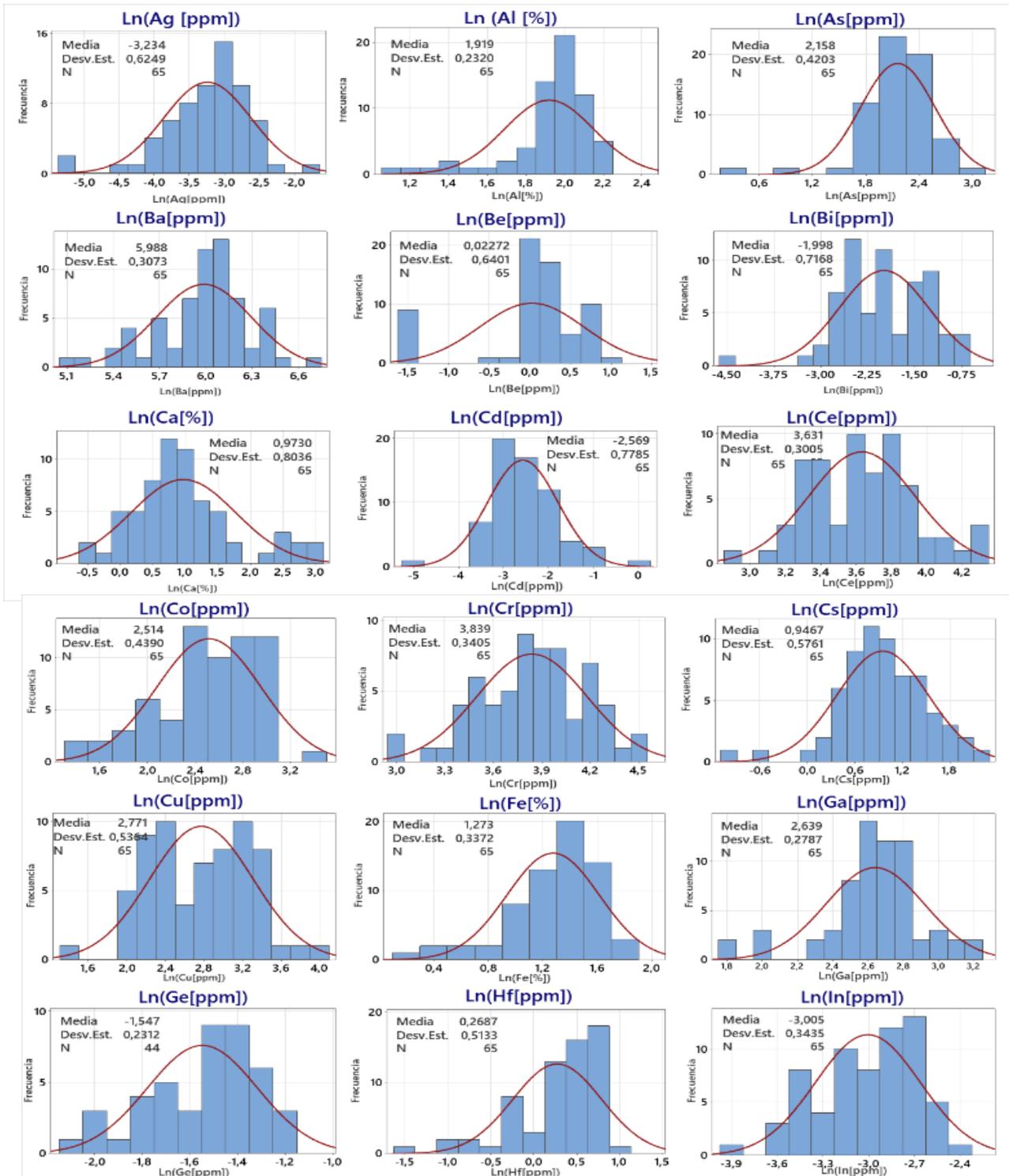


Figura 9.10. Histogramas de los elementos Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf y In con datos transformados al Ln() de las concentraciones, la línea roja es el ajuste a una distribución normal.

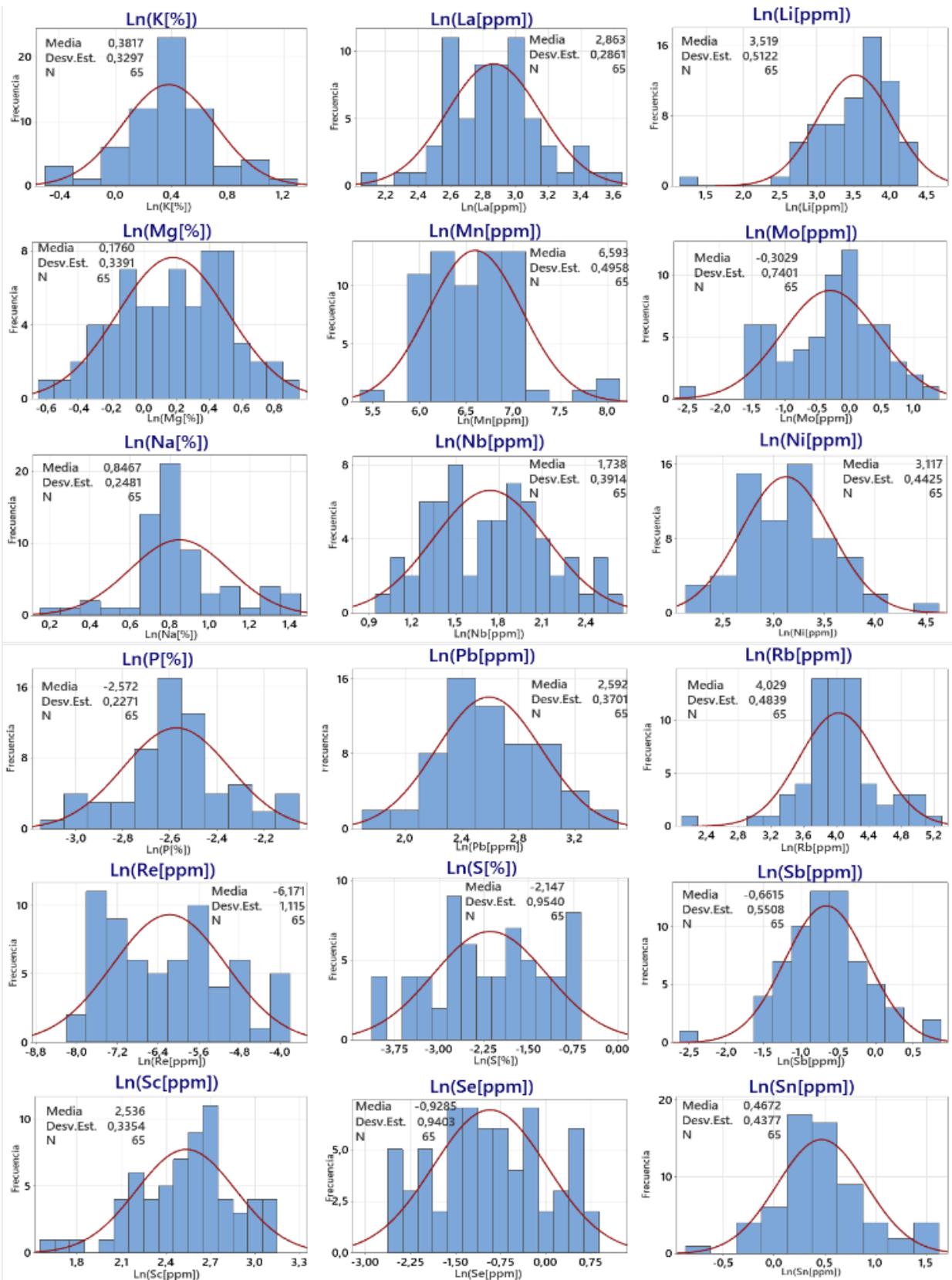


Figura 9.11. Histogramas de los elementos K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se y Sn con datos transformados al Ln() de las concentraciones, la línea roja es el ajuste a una distribución normal.

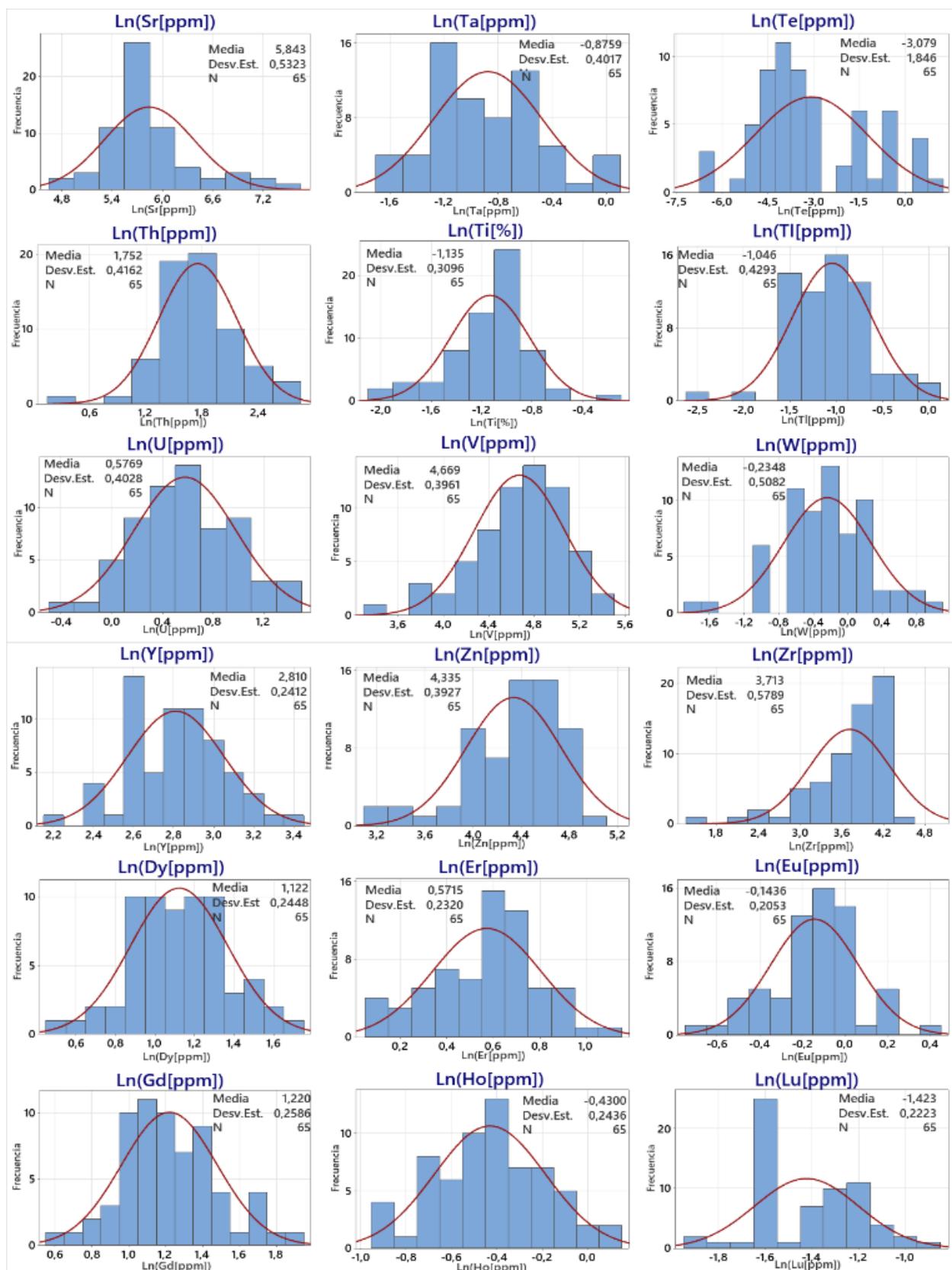


Figura 9.12. Histogramas de elementos Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, y Lu con datos transformados al Ln() de las concentraciones, la línea roja es el ajuste a una distribución normal.

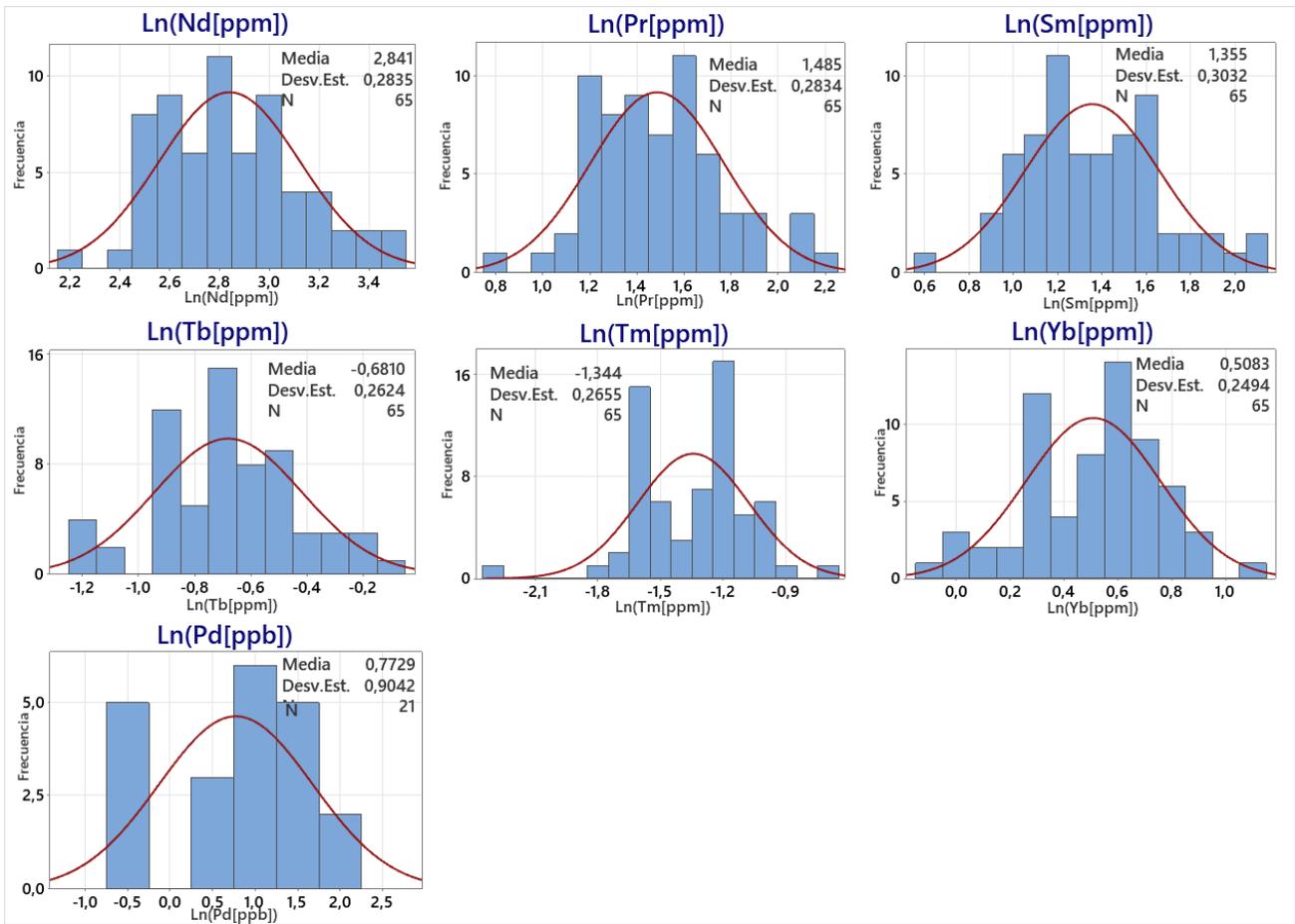


Figura 9.13. Histograma de elementos Nd, Pr, Sm, Tb, Tm, Yb y Pd con datos transformados al Ln() de las concentraciones, la línea roja es el ajuste a una distribución normal.

C.6 Histogramas con ajuste a distribución normal para datos brutos.

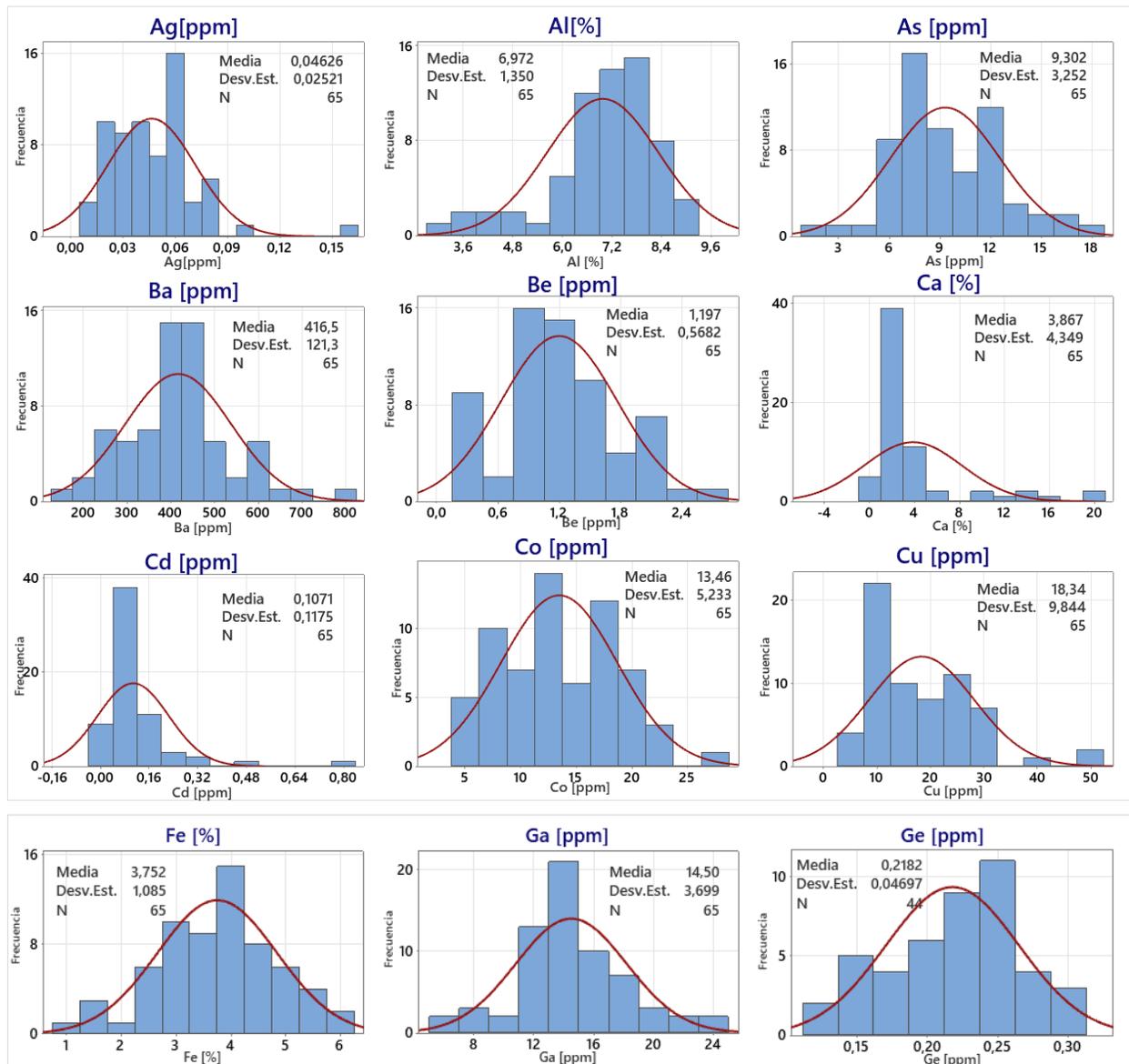


Figura 9.14. Histogramas de elementos Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cu, Fe, Ga y Ge, con concentraciones reales, la línea roja es el ajuste a una distribución normal.

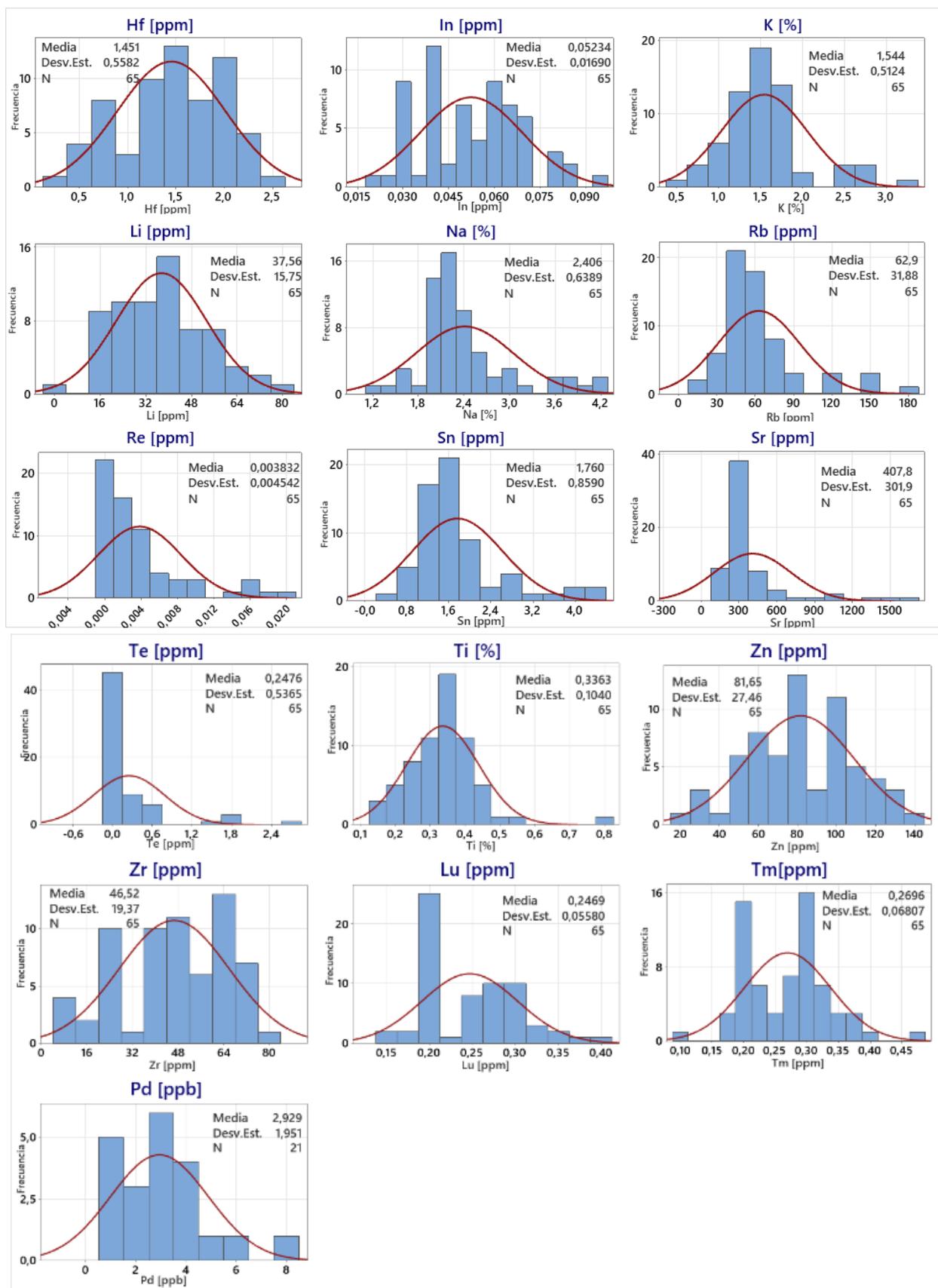


Figura 9.15. Histogramas de elementos Hf, In, K, Li, Na, Rb, Re, Sn, Sr, Te, Ti, Zn, Zr, Lu, Tm y Pd, la línea roja es el ajuste a una distribución normal.

C.7 Diagramas de cajas de todos los elementos.

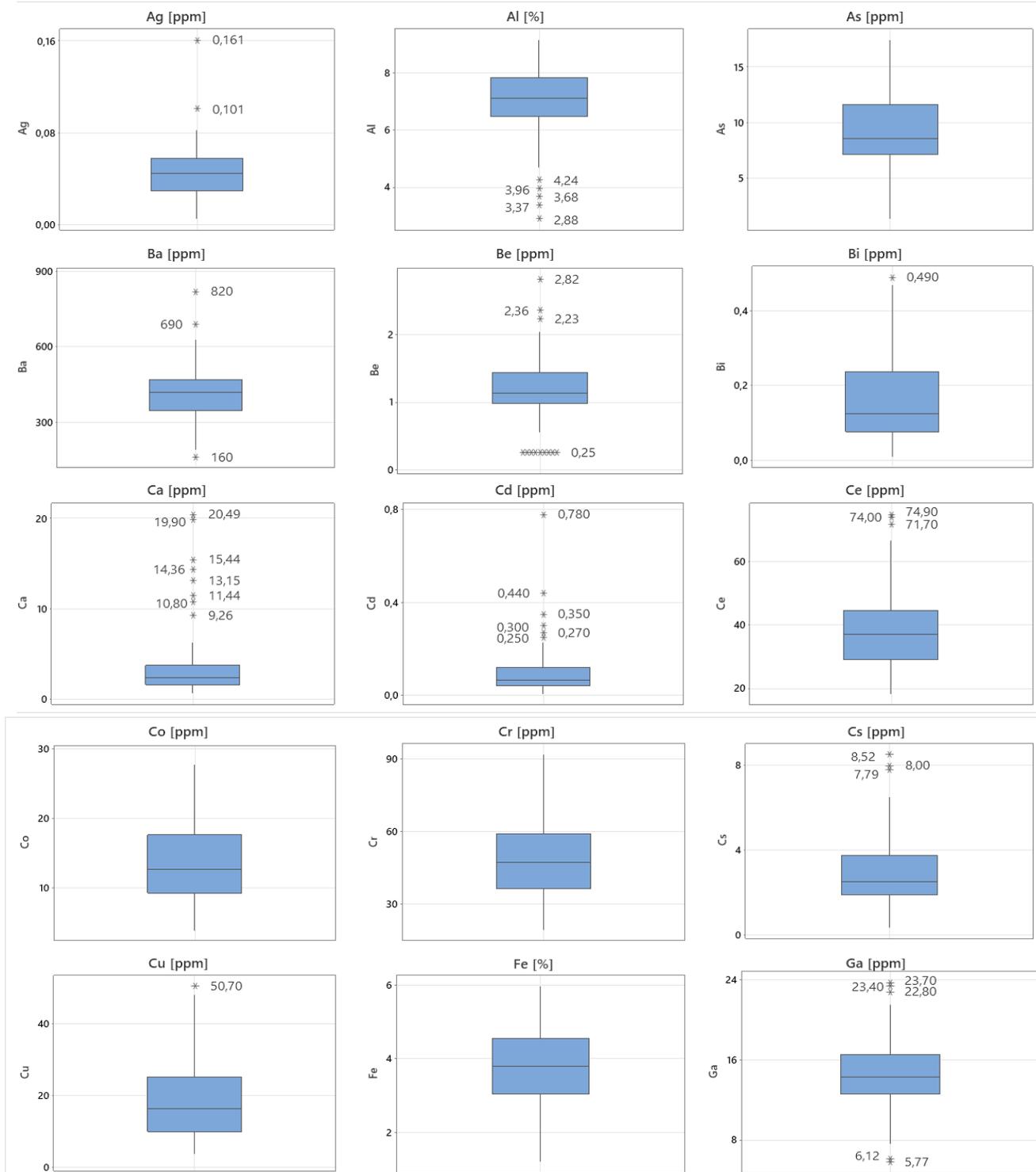


Figura 9.16. Diagrama de cajas para las concentraciones de los elementos Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe y Ga.

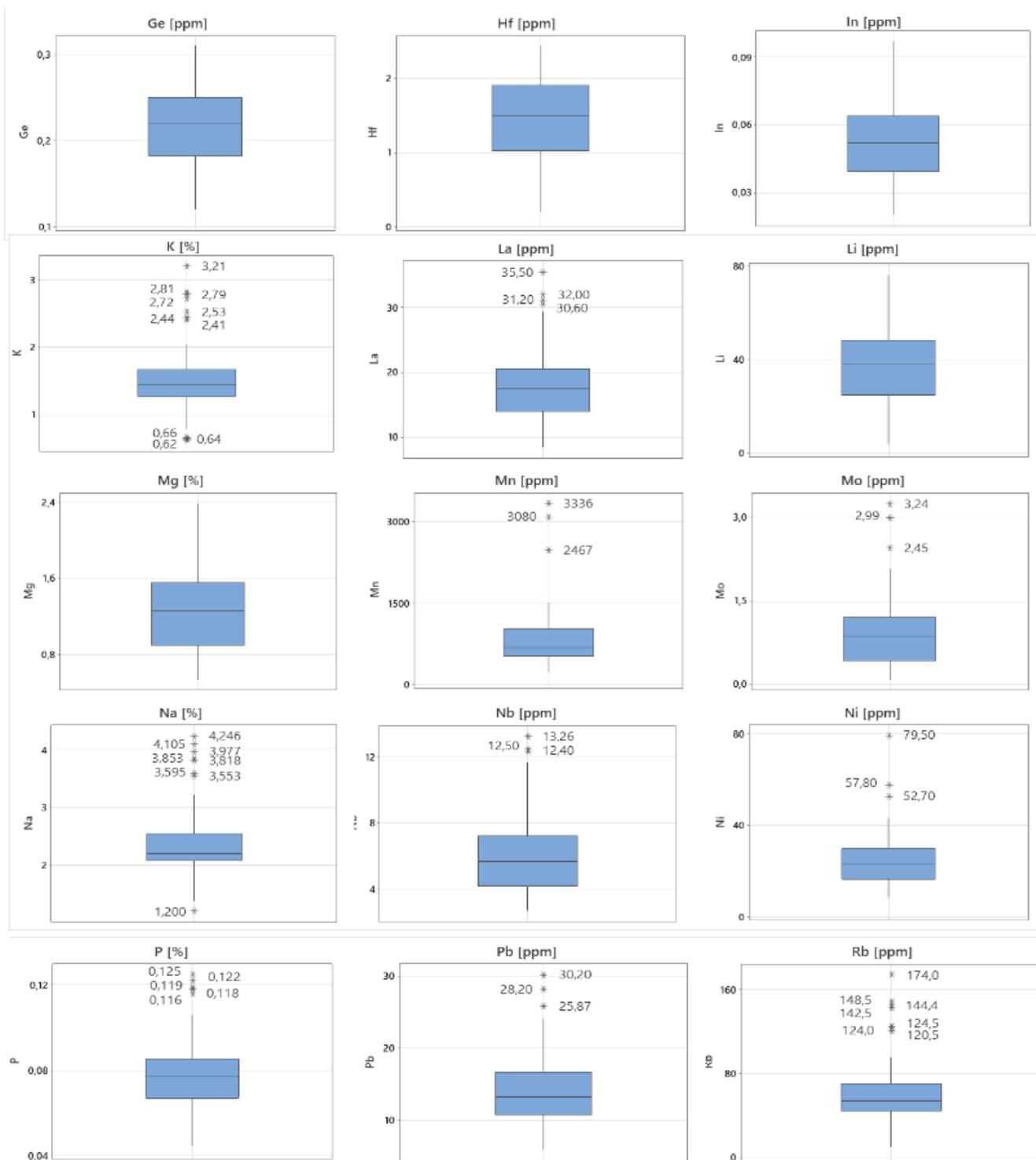


Figura 9.17. Diagrama de cajas para las concentraciones de los elementos Ge, Hf, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb y Rb.

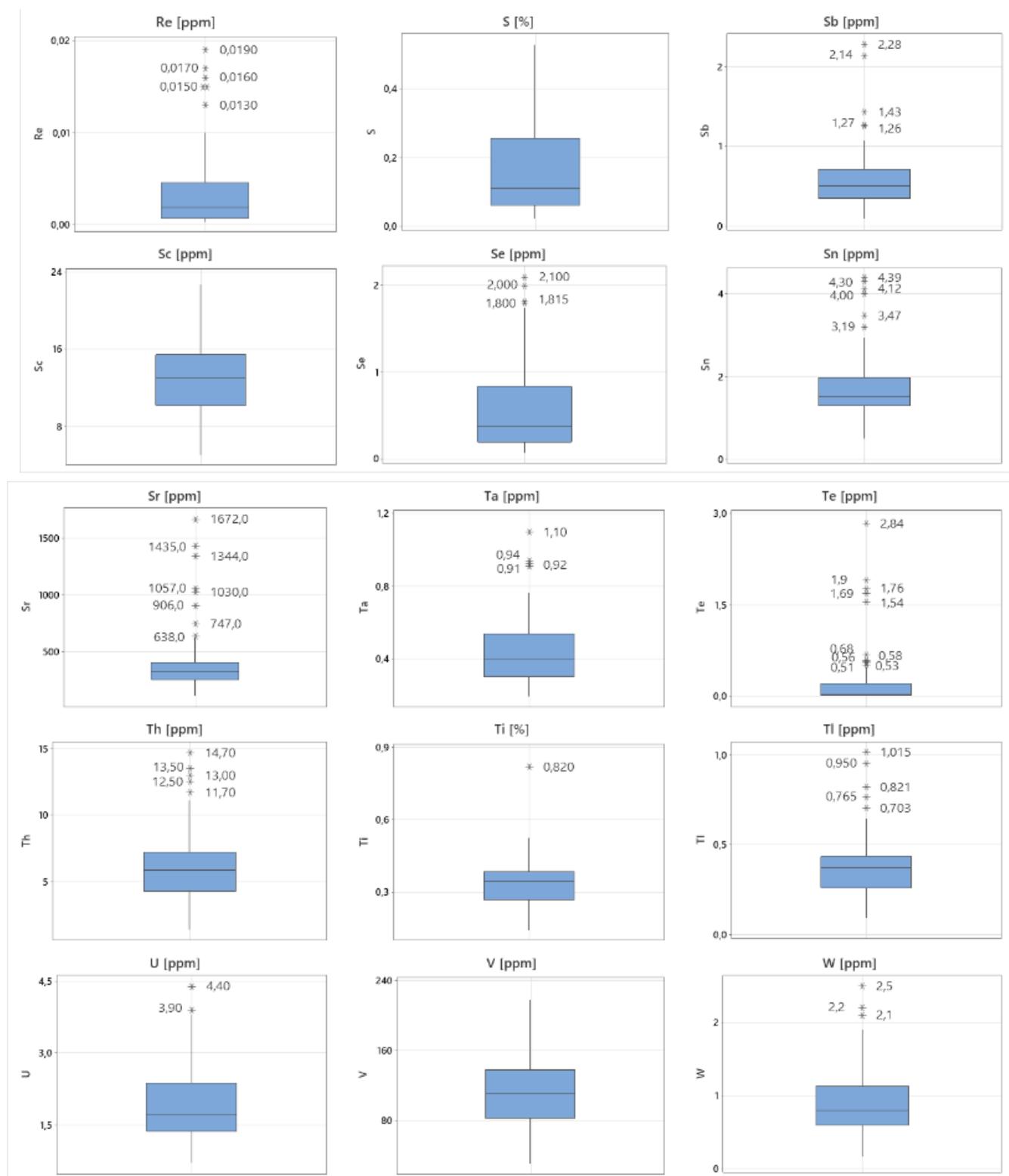


Figura 9.18. Diagrama de cajas para las concentraciones de los elementos Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V y W.

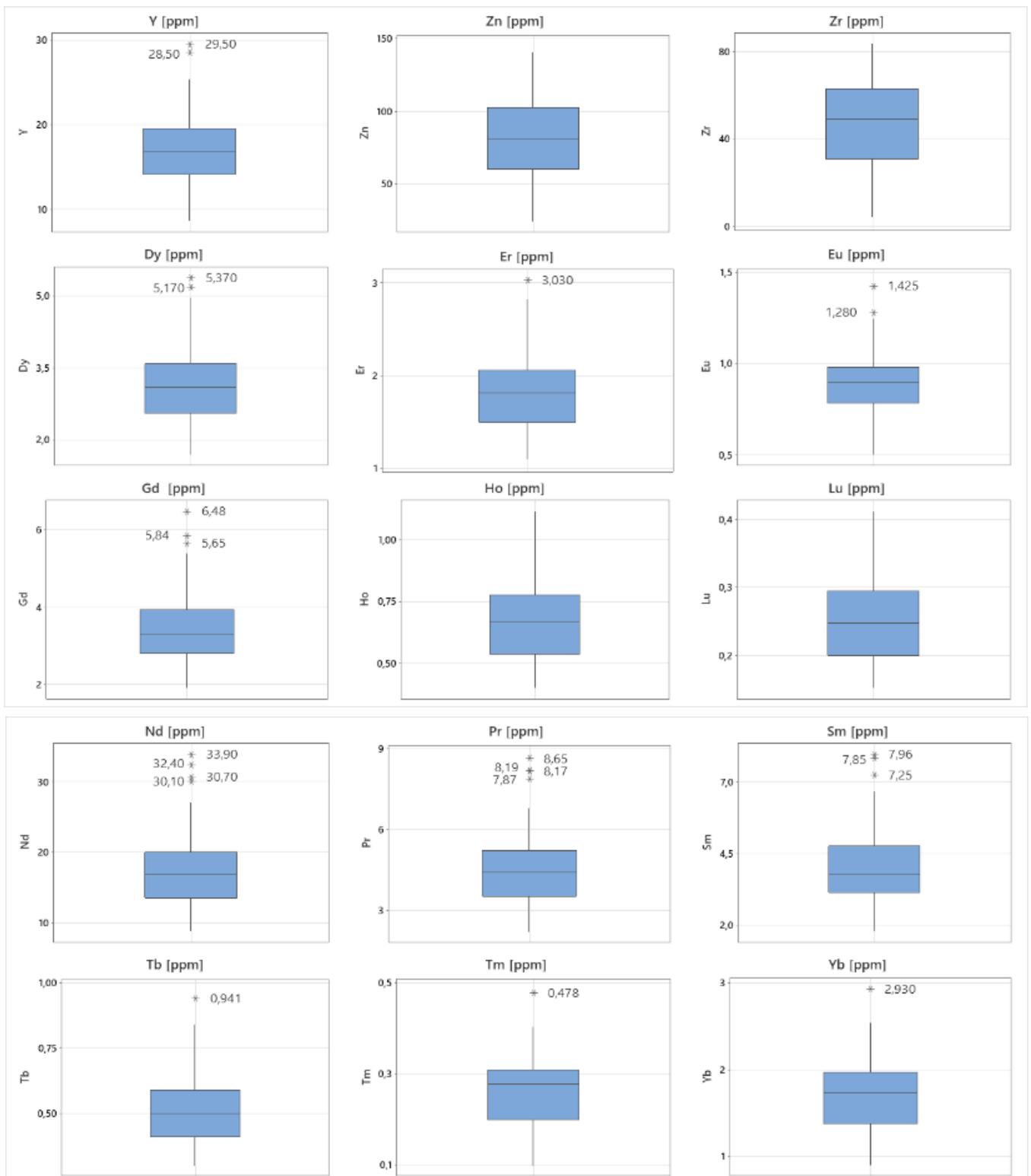


Figura 9.19. Diagrama de cajas para las concentraciones de los elementos Y, Zn, Zr, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, Lu, Nd, Pr, Sm, Tb, Tm y Yb.

C.8. Matriz de Correlación de Pearson.

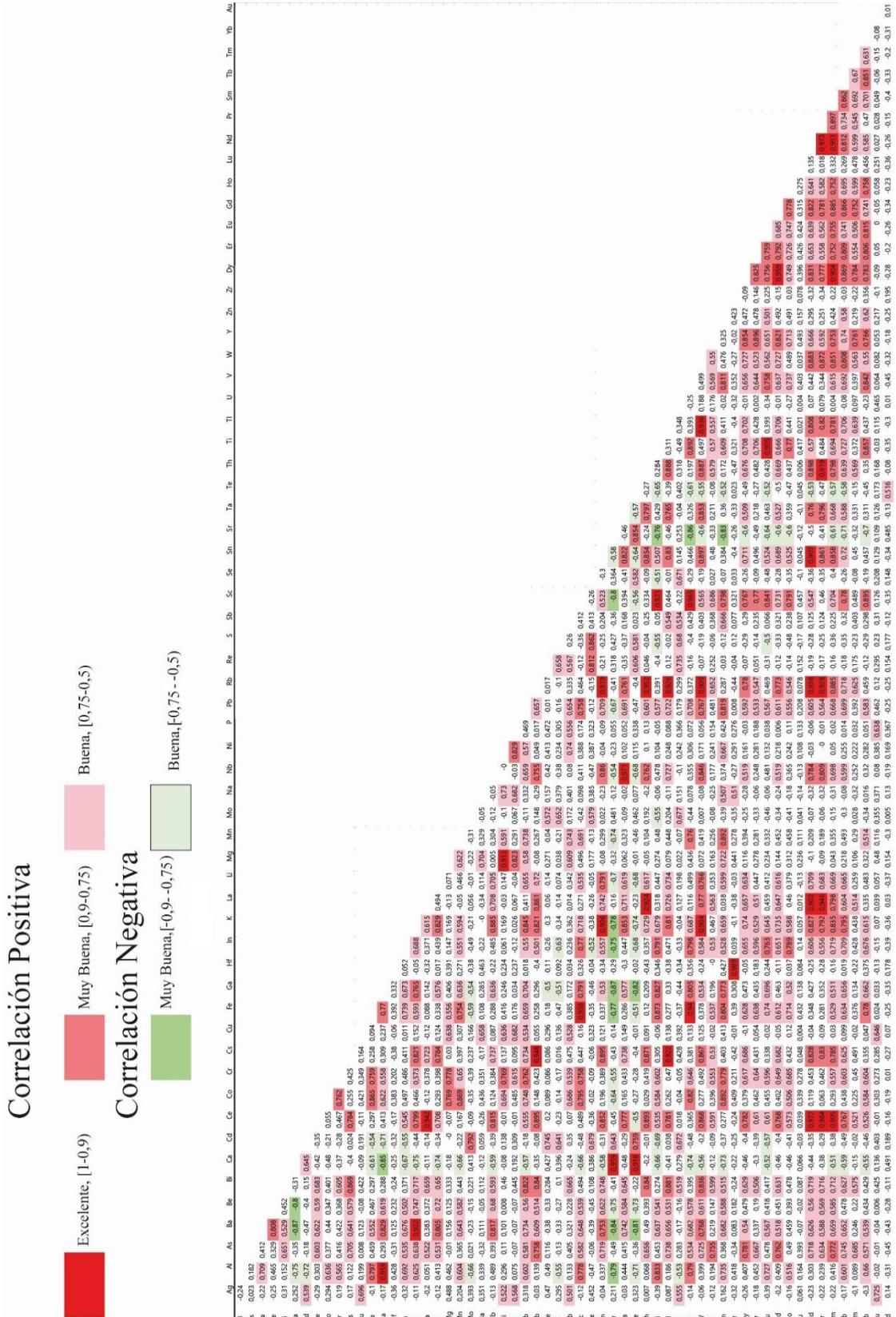


Figura 9.20. Correlación de Pearson de datos geoquímicos obtenidos por laboratorio BV

C.9 REE y algunos elementos trazas

Tabla 9.73. REE del muestreo, con promedio por sector geográfico.

Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
NA1 DRA	13.25	28.5	3.25	12.9	3.03	0.786	2.67	0.419	2.43	0.526	1.465	0.217	1.38	0.207
NA2 DR	13.3	28.4	3.21	12.75	3.01	0.759	2.56	0.388	2.39	0.511	1.33	0.22	1.38	0.194
NA3 DRA	13.35	29.1	3.37	13.15	3.13	0.783	2.7	0.409	2.52	0.533	1.445	0.215	1.365	0.193
NA4 DRB	13.55	29.5	3.39	13.1	3.15	0.789	2.79	0.437	2.61	0.542	1.445	0.23	1.435	0.196
NA8 DRA	13.2	28.9	3.11	12.35	2.84	0.747	2.59	0.413	2.61	0.594	1.58	0.251	1.655	0.238
NA11 DRB	18.85	41.5	4.81	19.65	4.79	0.988	3.95	0.588	3.59	0.772	2.04	0.313	1.955	0.267
NA37 DRB	10.2	21.8	2.68	10.5	2.42	0.535	2.2	0.33	1.965	0.402	1.13	0.163	1.04	0.153
7C-38	16.1	36.06	4.2	16	3.4	0.9	2.9	0.5	2.9	0.6	2	0.2	1.6	0.2
Paso del Hambre	13.975	30.470	3.503	13.800	3.221	0.786	2.795	0.436	2.627	0.560	1.554	0.226	1.476	0.206
Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
NA#5 5A	13.55	29.1	3.4	13.55	3.19	0.806	2.74	0.4	2.45	0.541	1.415	0.214	1.33	0.195
NA#6 6C	20.1	44.8	4.94	19.6	4.62	0.962	3.93	0.588	3.55	0.741	2.01	0.299	1.93	0.278
NA7 DRA	11.8	25	2.89	11.6	2.78	0.734	2.35	0.335	2.02	0.433	1.15	0.179	1.13	0.152
NA38 DRB	12.8	28.3	3.52	13.55	3.25	0.69	2.88	0.429	2.52	0.511	1.375	0.187	1.21	0.17
NA39 DRA	16.9	37	4.19	16.85	3.8	0.841	3.43	0.503	3.04	0.655	1.71	0.257	1.66	0.228
NA40 DRA	15.1	32.1	3.91	15.05	3.38	0.836	3.06	0.442	2.69	0.567	1.525	0.211	1.38	0.201
NA42 DR	29.4	60.7	6.76	26	5.56	1.02	4.32	0.628	3.82	0.796	2.15	0.324	2.05	0.296
6B-42	18.2	41.99	5	18.8	3.7	0.9	3.3	0.5	2.9	0.7	1.8	0.2	1.8	0.2
5B-44	15.9	35.09	4.1	15.8	3.5	0.9	3	0.4	2.6	0.6	1.6	0.2	1.4	0.2
Paso Ancho	17.083	37.120	4.301	16.756	3.753	0.854	3.223	0.469	2.843	0.616	1.637	0.230	1.543	0.213
Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
NA9 DRA	20.5	45.6	5.22	20.4	5.09	0.978	4.57	0.685	4.18	0.909	2.38	0.36	2.26	0.319
NA10 DRB	16.75	37.9	4.49	17.15	3.98	0.963	3.66	0.546	3.29	0.682	1.95	0.276	1.79	0.281
NA16 DRA	19.65	43	5.04	20	4.79	1.02	3.93	0.591	3.66	0.811	2.12	0.324	2.02	0.277
10B-35	15.4	30.84	3.8	15.4	3.3	0.9	3.1	0.5	2.7	0.8	1.8	0.3	1.8	0.2
9C-36	17.8	36.34	4.4	17.2	4	0.9	3.5	0.5	3.2	0.7	2.1	0.3	1.7	0.3
8A-37	15.8	35.71	4	16.9	3.8	0.9	3.3	0.5	3.1	0.6	1.9	0.3	1.9	0.3
Paso Froward	17.650	38.232	4.492	17.842	4.160	0.944	3.677	0.554	3.355	0.750	2.042	0.310	1.912	0.280
Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
NA12 DRB	12	24.7	3.18	12.35	3.15	0.68	2.9	0.442	2.8	0.592	1.665	0.229	1.555	0.212
NA14 DRA	13.95	28.8	3.51	14.3	3.45	0.721	2.71	0.397	2.47	0.528	1.405	0.202	1.355	0.177
NA15 DR1	15.9	35	4.09	16.4	4.02	0.932	3.33	0.496	3.1	0.659	1.75	0.269	1.83	0.248
Canal y seno Magdalena	13.950	29.500	3.593	14.350	3.540	0.778	2.980	0.445	2.790	0.593	1.607	0.233	1.580	0.212
Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]

NA17 DRA	35.5	74	8.65	33.9	7.85	1.28	5.84	0.809	4.52	0.956	2.47	0.385	2.54	0.37
NA18 DRB	31.2	71.7	7.87	30.7	7.25	1.25	5.65	0.84	4.96	1.005	2.51	0.385	2.33	0.298
NA19 DRA	25.3	53.2	6.33	24.8	6.18	0.992	5.4	0.835	5.17	1.115	3.03	0.478	2.93	0.412
NA20 DR	30.6	74.9	8.19	30.1	6.7	1.235	5.38	0.751	4.41	0.864	2.27	0.301	1.915	0.267
NA21 DRC	23.7	51.9	6.26	25.6	6.02	1.19	5.02	0.758	4.47	0.931	2.45	0.37	2.35	0.338
NA22 DRB	32	66.7	8.17	32.4	7.96	1.425	6.48	0.941	5.37	1.105	2.82	0.404	2.53	0.354
NA26 DRC	23.5	51.8	5.92	23.5	5.48	1.02	4.64	0.68	4.06	0.879	2.32	0.353	2.23	0.323
NA27 DRC	27.2	57.7	6.79	27	6.43	1.195	5.25	0.762	4.41	0.931	2.37	0.358	2.24	0.325
Seno Almirantazgo y fiordos	28.625	62.738	7.273	28.500	6.734	1.198	5.458	0.797	4.671	0.973	2.530	0.379	2.383	0.336

Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
NA23 DR	20.6	43.5	5.14	19.45	4.33	0.95	3.76	0.555	3.38	0.674	1.895	0.27	1.785	0.262
NA24 DRB	22.4	48.8	5.47	21.2	4.9	0.987	3.92	0.585	3.58	0.78	2.08	0.324	2.12	0.302
NA25 DRB	22	48.2	5.42	21.2	4.75	0.958	3.93	0.598	4.05	0.773	2.07	0.323	2.04	0.287
Canal Whiteside	21.667	46.833	5.343	20.617	4.660	0.965	3.870	0.579	3.670	0.742	2.015	0.306	1.982	0.284

Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
NA28 DRB	22.9	50	5.59	21.9	5.06	1.015	4.18	0.618	3.67	0.787	2.03	0.309	1.98	0.271
NA29 DRA	19.7	44.5	5.38	20	4.74	1.005	4.11	0.601	3.53	0.728	2.11	0.286	1.85	0.269
NA30 DRA	21.2	48.5	5.64	21.2	4.78	0.977	4.27	0.62	3.79	0.781	2.15	0.309	2.04	0.296
NA31 DRB	19.4	44	5.19	18.8	4.32	0.868	3.78	0.549	3.33	0.679	1.84	0.257	1.66	0.241
NA32 DRB	19.15	43.2	4.74	18.65	4.41	0.849	3.49	0.538	3.25	0.658	1.795	0.279	1.815	0.25
NA33 DRB	18.8	40.8	4.54	18.15	3.98	0.834	3.39	0.513	3.12	0.67	1.815	0.277	1.74	0.251
NA34 DRA	19.8	43.4	4.87	19.2	4.47	0.896	3.78	0.562	3.4	0.712	1.89	0.299	1.81	0.257
NA35 DRA	18.45	40.7	4.58	18.1	4.19	0.908	3.54	0.521	3.19	0.686	1.805	0.281	1.78	0.249
NA36 DRA	19.55	43.5	4.83	19.3	4.39	0.94	3.82	0.566	3.45	0.754	1.995	0.299	1.89	0.271
56A-46	17.6	38.64	4.4	16.7	3.4	0.8	3.1	0.5	3.1	0.5	1.6	0.3	1.6	0.2
Bahía Inútil	19.655	43.724	4.976	19.200	4.374	0.909	3.746	0.559	3.383	0.696	1.903	0.290	1.817	0.256

Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
NAT1 B#35	20.2	42.8	4.79	19.45	4.33	1.07	3.9	0.574	3.64	0.781	2.05	0.327	2.14	0.3
NAT2 B#35	13.95	32.6	3.49	13.9	3.24	0.827	2.94	0.468	3	0.67	1.875	0.294	1.91	0.274
NAT3 B#35	18.25	38.9	4.21	16.1	3.89	0.917	3.35	0.53	3.34	0.708	1.94	0.305	1.94	0.294
NAT4 B#35	15.85	35.7	3.96	15.7	3.65	0.907	3.2	0.493	3.23	0.702	2.02	0.309	2.05	0.304
Bahía Snug	17.063	37.500	4.113	16.288	3.778	0.930	3.348	0.516	3.303	0.715	1.971	0.309	2.010	0.293

Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
41-5	18	36.47	4.3	16.3	3.2	0.7	3.2	0.5	2.8	0.5	1.9	0.2	1.4	0.2
42-7	15	27.73	3.6	13.6	2.6	0.6	2.3	0.3	2.2	0.5	1.2	0.2	1	0.2
43-12	15	26.47	3.2	11.8	2.4	0.5	2.1	0.3	1.9	0.4	1.1	0.2	0.9	0.2
Canal Concepción	16.000	30.223	3.700	13.900	2.733	0.600	2.533	0.367	2.300	0.467	1.400	0.200	1.100	0.200

Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
39-4	23.3	55.04	6.6	25	5.1	0.9	4.2	0.7	3.5	0.7	1.8	0.3	1.5	0.2
Seno Europa	23.3	55.04	6.6	25	5.1	0.9	4.2	0.7	3.5	0.7	1.8	0.3	1.5	0.2
Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
G	20.5	42.43	4.9	17.8	3.7	0.8	2.8	0.5	2.5	0.6	1.7	0.2	1.5	0.2
71-15	15.7	33.24	4	14.6	3	0.9	2.5	0.4	2.4	0.5	1.2	0.2	1.3	0.2
70-10	17.3	37.14	4.4	15.2	3.3	0.8	3	0.4	2.7	0.6	1.5	0.2	1.3	0.2
Estero Peel	17.833	37.603	4.433	15.867	3.333	0.833	2.767	0.433	2.533	0.567	1.467	0.200	1.367	0.200
Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
50-18	13.4	29.29	3.6	13.1	2.8	0.7	3.2	0.5	2.7	0.6	1.5	0.3	1.7	0.2
64-19	13	27.04	3.2	12.3	2.8	0.8	2.9	0.4	2.6	0.6	1.9	0.2	1.3	0.2
62-21	16.1	30.79	3.8	14.2	2.7	0.7	2.6	0.4	2.3	0.4	1.5	0.2	1.2	0.2
Canal Smyth	14.167	29.040	3.533	13.200	2.767	0.733	2.900	0.433	2.533	0.533	1.633	0.233	1.400	0.200
Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
47-28	14.3	26.66	3.6	12.4	2.5	0.6	2.8	0.3	2.4	0.5	1.2	0.2	1	0.2
48-30	13.3	27.97	3.5	13.8	3.4	1	3.1	0.5	2.9	0.6	1.8	0.3	1.7	0.3
Estrecho Nelson	13.800	27.315	3.550	13.100	2.950	0.800	2.950	0.400	2.650	0.550	1.500	0.250	1.350	0.250
Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
54-33	10.7	24.75	3.2	12.8	2.9	0.6	2.7	0.4	2.4	0.5	1.3	0.2	1.3	0.2
Golfo Almirante Montt	10.7	24.75	3.2	12.8	2.9	0.6	2.7	0.4	2.4	0.5	1.3	0.2	1.3	0.2
Muestras	La [ppm]	Ce [ppm]	Pr [ppm]	Nd [ppm]	Sm [ppm]	Eu [ppm]	Gd [ppm]	Tb [ppm]	Dy [ppm]	Ho [ppm]	Er [ppm]	Tm [ppm]	Yb [ppm]	Lu [ppm]
59-31	10.7	24.75	3.2	12.8	2.9	0.6	2.7	0.4	2.4	0.5	1.3	0.2	1.3	0.2
Canal Unión	10.7	24.75	3.2	12.8	2.9	0.6	2.7	0.4	2.4	0.5	1.3	0.2	1.3	0.2

Tabla 9.74. REE normalizadas al condrito ($X_{MUESTREO}/X_{CONDrito}$), con promedio por sector geográfico.

Muestras	La _n	Ce _n	Pr _n	Nd _n	Sm _n	Eu _n	Gd _n	Tb _n	Dy _n	Ho _n	Er _n	Tm _n	Yb _n	Lu _n
NA1 DRA	53.6655	45.0878	33.8895	26.5760	19.4730	13.1219	12.7568	11.0847	9.4296	9.4946	8.7882	8.4766	8.1464	8.0859
NA2 DR	53.8680	44.9296	33.4724	26.2670	19.3445	12.6711	12.2312	10.2646	9.2744	9.2238	7.9784	8.5938	8.1464	7.5781
NA3 DRA	54.0705	46.0370	35.1408	27.0911	20.1157	13.0718	12.9001	10.8201	9.7788	9.6209	8.6683	8.3984	8.0579	7.5391
NA4 DRB	54.8805	46.6698	35.3493	26.9881	20.2442	13.1720	13.3301	11.5608	10.1281	9.7834	8.6683	8.9844	8.4711	7.6563
NA8 DRA	53.4629	45.7206	32.4296	25.4429	18.2519	12.4708	12.3746	10.9259	10.1281	10.7220	9.4781	9.8047	9.7698	9.2969
NA11 DRB	76.3467	65.6542	50.1564	40.4821	30.7841	16.4942	18.8724	15.5556	13.9309	13.9350	12.2376	12.2266	11.5407	10.4297
NA37 DRB	41.3123	34.4882	27.9458	21.6316	15.5527	8.9316	10.5112	8.7302	7.6251	7.2563	6.7786	6.3672	6.1393	5.9766

7C-38	65.2086	57.0479	43.7956	32.9625	21.8509	15.0250	13.8557	13.2275	11.2534	10.8303	11.9976	7.8125	9.4451	7.8125
Paso del Hambre	56.6019	48.2044	36.5224	28.4302	20.7021	13.1198	13.3540	11.5212	10.1935	10.1083	9.3244	8.8330	8.7146	8.0469
Muestras	La_n	Ce_n	Pr_n	Nd_n	Sm_n	Eu_n	Gd_n	Tb_n	Dy_n	Ho_n	Er_n	Tm_n	Yb_n	Lu_n
NA#5 5A	54.8805	46.0370	35.4536	27.9151	20.5013	13.4558	13.0913	10.5820	9.5072	9.7653	8.4883	8.3594	7.8512	7.6172
NA#6 6C	81.4095	70.8749	51.5120	40.3791	29.6915	16.0601	18.7769	15.5556	13.7757	13.3755	12.0576	11.6797	11.3932	10.8594
NA7 DRA	47.7926	39.5507	30.1356	23.8978	17.8663	12.2538	11.2279	8.8624	7.8386	7.8159	6.8986	6.9922	6.6706	5.9375
NA38 DRB	51.8429	44.7714	36.7049	27.9151	20.8869	11.5192	13.7602	11.3492	9.7788	9.2238	8.2484	7.3047	7.1429	6.6406
NA39 DRA	68.4488	58.5350	43.6913	34.7136	24.4216	14.0401	16.3880	13.3069	11.7967	11.8231	10.2579	10.0391	9.7993	8.9063
NA40 DRA	61.1584	50.7831	40.7716	31.0054	21.7224	13.9566	14.6202	11.6931	10.4385	10.2347	9.1482	8.2422	8.1464	7.8516
NA42 DR	119.0765	96.0291	70.4901	53.5641	35.7326	17.0284	20.6402	16.6138	14.8234	14.3682	12.8974	12.6563	12.1015	11.5625
6B-42	73.7141	66.4294	52.1376	38.7309	23.7789	15.0250	15.7668	13.2275	11.2534	12.6354	10.7978	7.8125	10.6257	7.8125
5B-44	64.3985	55.5134	42.7529	32.5505	22.4936	15.0250	14.3335	10.5820	10.0893	10.8303	9.5981	7.8125	8.2645	7.8125
Paso Ancho	69.1913	58.7249	44.8500	34.5191	24.1217	14.2627	15.4005	12.4192	11.0335	11.1191	9.8214	8.9887	9.1106	8.3333
Muestras	La_n	Ce_n	Pr_n	Nd_n	Sm_n	Eu_n	Gd_n	Tb_n	Dy_n	Ho_n	Er_n	Tm_n	Yb_n	Lu_n
NA9 DRA	83.0296	72.1405	54.4317	42.0272	32.7121	16.3272	21.8347	18.1217	16.2204	16.4079	14.2771	14.0625	13.3412	12.4609
NA10 DRB	67.8412	59.9589	46.8196	35.3317	25.5784	16.0768	17.4869	14.4444	12.7668	12.3105	11.6977	10.7813	10.5667	10.9766
NA16 DRA	79.5869	68.0272	52.5547	41.2031	30.7841	17.0284	18.7769	15.6349	14.2026	14.6390	12.7175	12.6563	11.9244	10.8203
10B-35	62.3734	48.7897	39.6246	31.7264	21.2082	15.0250	14.8113	13.2275	10.4773	14.4404	10.7978	11.7188	10.6257	7.8125
9C-36	72.0940	57.4909	45.8811	35.4347	25.7069	15.0250	16.7224	13.2275	12.4175	12.6354	12.5975	11.7188	10.0354	11.7188
8A-37	63.9935	56.4942	41.7101	34.8166	24.4216	15.0250	15.7668	13.2275	12.0295	10.8303	11.3977	11.7188	11.2161	11.7188
Paso Froward	71.4864	60.4836	46.8370	36.7566	26.7352	15.7513	17.5665	14.6473	13.0190	13.5439	12.2476	12.1094	11.2849	10.9180
Muestras	La_n	Ce_n	Pr_n	Nd_n	Sm_n	Eu_n	Gd_n	Tb_n	Dy_n	Ho_n	Er_n	Tm_n	Yb_n	Lu_n
NA12 DRB	48.6027	39.0761	33.1595	25.4429	20.2442	11.3523	13.8557	11.6931	10.8653	10.6859	9.9880	8.9453	9.1795	8.2813
NA14 DRA	56.5006	45.5624	36.6006	29.4602	22.1722	12.0367	12.9479	10.5026	9.5848	9.5307	8.4283	7.8906	7.9988	6.9141
NA15 DR1	64.3985	55.3710	42.6486	33.7866	25.8355	15.5593	15.9102	13.1217	12.0295	11.8953	10.4979	10.5078	10.8028	9.6875
Canal y seno Magdalena	56.5006	46.6698	37.4696	29.5632	22.7506	12.9827	14.2379	11.7725	10.8265	10.7040	9.6381	9.1146	9.3270	8.2943
Muestras	La_n	Ce_n	Pr_n	Nd_n	Sm_n	Eu_n	Gd_n	Tb_n	Dy_n	Ho_n	Er_n	Tm_n	Yb_n	Lu_n
NA17 DRA	143.7829	117.0701	90.1981	69.8393	50.4499	21.3689	27.9025	21.4021	17.5398	17.2563	14.8170	15.0391	14.9941	14.4531
NA18 DRB	126.3670	113.4314	82.0647	63.2468	46.5938	20.8681	26.9947	22.2222	19.2472	18.1408	15.0570	15.0391	13.7544	11.6406
NA19 DRA	102.4706	84.1639	66.0063	51.0919	39.7172	16.5609	25.8003	22.0899	20.0621	20.1264	18.1764	18.6719	17.2963	16.0938
NA20 DR	123.9368	118.4939	85.4015	62.0107	43.0591	20.6177	25.7047	19.8677	17.1129	15.5957	13.6173	11.7578	11.3046	10.4297
NA21 DRC	95.9903	82.1073	65.2763	52.7400	38.6889	19.8664	23.9847	20.0529	17.3458	16.8051	14.6971	14.4531	13.8725	13.2031
NA22 DRB	129.6071	105.5213	85.1929	66.7491	51.1568	23.7896	30.9603	24.8942	20.8382	19.9458	16.9166	15.7813	14.9351	13.8281
NA26 DRC	95.1802	81.9491	61.7310	48.4137	35.2185	17.0284	22.1691	17.9894	15.7548	15.8664	13.9172	13.7891	13.1641	12.6172
NA27 DRC	110.1661	91.2830	70.8029	55.6242	41.3239	19.9499	25.0836	20.1587	17.1129	16.8051	14.2172	13.9844	13.2231	12.6953
Seno Almirantazgo y fiordos	115.9376	99.2525	75.8342	58.7145	43.2760	20.0063	26.0750	21.0847	18.1267	17.5677	15.1770	14.8145	14.0680	13.1201
Muestras	La_n	Ce_n	Pr_n	Nd_n	Sm_n	Eu_n	Gd_n	Tb_n	Dy_n	Ho_n	Er_n	Tm_n	Yb_n	Lu_n
NA23 DR	83.4346	68.8182	53.5975	40.0700	27.8278	15.8598	17.9646	14.6825	13.1160	12.1661	11.3677	10.5469	10.5372	10.2344

NA24 DRB	90.7250	77.2030	57.0386	43.6753	31.4910	16.4775	18.7291	15.4762	13.8921	14.0794	12.4775	12.6563	12.5148	11.7969
NA25 DRB	89.1049	76.2538	56.5172	43.6753	30.5270	15.9933	18.7769	15.8201	15.7159	13.9531	12.4175	12.6172	12.0425	11.2109
Canal Whiteside	87.7548	74.0917	55.7178	42.4736	29.9486	16.1102	18.4902	15.3263	14.2414	13.3995	12.0876	11.9401	11.6982	11.0807

Muestras	La _n	Ce _n	Pr _n	Nd _n	Sm _n	Eu _n	Gd _n	Tb _n	Dy _n	Ho _n	Er _n	Tm _n	Yb _n	Lu _n
NA28 DRB	92.7501	79.1014	58.2899	45.1174	32.5193	16.9449	19.9713	16.3492	14.2414	14.2058	12.1776	12.0703	11.6883	10.5859
NA29 DRA	79.7894	70.4003	56.1001	41.2031	30.4627	16.7780	19.6369	15.8995	13.6981	13.1408	12.6575	11.1719	10.9209	10.5078
NA30 DRA	85.8647	76.7284	58.8113	43.6753	30.7198	16.3105	20.4013	16.4021	14.7070	14.0975	12.8974	12.0703	12.0425	11.5625
NA31 DRB	78.5743	69.6092	54.1189	38.7309	27.7635	14.4908	18.0602	14.5238	12.9220	12.2563	11.0378	10.0391	9.7993	9.4141
NA32 DRB	77.5618	68.3436	49.4265	38.4219	28.3419	14.1736	16.6746	14.2328	12.6116	11.8773	10.7678	10.8984	10.7143	9.7656
NA33 DRB	76.1442	64.5467	47.3410	37.3918	25.5784	13.9232	16.1968	13.5714	12.1071	12.0939	10.8878	10.8203	10.2715	9.8047
NA34 DRA	80.1944	68.6600	50.7821	39.5550	28.7275	14.9583	18.0602	14.8677	13.1936	12.8520	11.3377	11.6797	10.6848	10.0391
NA35 DRA	74.7266	64.3885	47.7581	37.2888	26.9280	15.1586	16.9135	13.7831	12.3787	12.3827	10.8278	10.9766	10.5077	9.7266
NA36 DRA	79.1819	68.8182	50.3650	39.7610	28.2134	15.6928	18.2513	14.9735	13.3877	13.6101	11.9676	11.6797	11.1570	10.5859
56A-46	71.2839	61.1296	45.8811	34.4046	21.8509	13.3556	14.8113	13.2275	12.0295	9.0253	9.5981	11.7188	9.4451	7.8125
Bahía Inútil	79.6071	69.1726	51.8874	39.5550	28.1105	15.1786	17.8978	14.7831	13.1277	12.5542	11.4157	11.3125	10.7231	9.9805

Muestras	La _n	Ce _n	Pr _n	Nd _n	Sm _n	Eu _n	Gd _n	Tb _n	Dy _n	Ho _n	Er _n	Tm _n	Yb _n	Lu _n
NAT1 B#35	81.8145	67.7108	49.9479	40.0700	27.8278	17.8631	18.6335	15.1852	14.1250	14.0975	12.2975	12.7734	12.6328	11.7188
NAT2 B#35	56.5006	51.5741	36.3921	28.6362	20.8226	13.8063	14.0468	12.3810	11.6414	12.0939	11.2478	11.4844	11.2751	10.7031
NAT3 B#35	73.9166	61.5409	43.8999	33.1685	25.0000	15.3088	16.0057	14.0212	12.9608	12.7798	11.6377	11.9141	11.4522	11.4844
NAT4 B#35	64.1960	56.4784	41.2930	32.3445	23.4576	15.1419	15.2891	13.0423	12.5340	12.6715	12.1176	12.0703	12.1015	11.8750
Bahía Snug	69.1069	59.3261	42.8832	33.5548	24.2770	15.5301	15.9938	13.6574	12.8153	12.9106	11.8251	12.0605	11.8654	11.4453

Muestras	La _n	Ce _n	Pr _n	Nd _n	Sm _n	Eu _n	Gd _n	Tb _n	Dy _n	Ho _n	Er _n	Tm _n	Yb _n	Lu _n
41-5	72.9040	57.6966	44.8384	33.5806	20.5656	11.6861	15.2891	13.2275	10.8653	9.0253	11.3977	7.8125	8.2645	7.8125
42-7	60.7533	43.8696	37.5391	28.0181	16.7095	10.0167	10.9890	7.9365	8.5371	9.0253	7.1986	7.8125	5.9032	7.8125
43-12	60.7533	41.8763	33.3681	24.3098	15.4242	8.3472	10.0334	7.9365	7.3729	7.2202	6.5987	7.8125	5.3129	7.8125
Canal Concepción	64.8036	47.8142	38.5819	28.6362	17.5664	10.0167	12.1038	9.7002	8.9251	8.4236	8.3983	7.8125	6.4935	7.8125

Muestras	La _n	Ce _n	Pr _n	Nd _n	Sm _n	Eu _n	Gd _n	Tb _n	Dy _n	Ho _n	Er _n	Tm _n	Yb _n	Lu _n
39-4	94.3702	87.0748	68.8217	51.5039	32.7763	15.0250	20.0669	18.5185	13.5817	12.6354	10.7978	11.7188	8.8548	7.8125
Seno Europa	94.3702	87.0748	68.8217	51.5039	32.7763	15.0250	20.0669	18.5185	13.5817	12.6354	10.7978	11.7188	8.8548	7.8125

Muestras	La _n	Ce _n	Pr _n	Nd _n	Sm _n	Eu _n	Gd _n	Tb _n	Dy _n	Ho _n	Er _n	Tm _n	Yb _n	Lu _n
G	83.0296	67.1255	51.0949	36.6708	23.7789	13.3556	13.3779	13.2275	9.7012	10.8303	10.1980	7.8125	8.8548	7.8125
71-15	63.5885	52.5866	41.7101	30.0783	19.2802	15.0250	11.9446	10.5820	9.3132	9.0253	7.1986	7.8125	7.6741	7.8125
70-10	70.0689	58.7565	45.8811	31.3144	21.2082	13.3556	14.3335	10.5820	10.4773	10.8303	8.9982	7.8125	7.6741	7.8125
Estero Peel	72.2290	59.4895	46.2287	32.6878	21.4225	13.9121	13.2187	11.4638	9.8306	10.2286	8.7982	7.8125	8.0677	7.8125

Muestras	La _n	Ce _n	Pr _n	Nd _n	Sm _n	Eu _n	Gd _n	Tb _n	Dy _n	Ho _n	Er _n	Tm _n	Yb _n	Lu _n
50-18	54.2730	46.3376	37.5391	26.9881	17.9949	11.6861	15.2891	13.2275	10.4773	10.8303	8.9982	11.7188	10.0354	7.8125
64-19	52.6529	42.7780	33.3681	25.3399	17.9949	13.3556	13.8557	10.5820	10.0893	10.8303	11.3977	7.8125	7.6741	7.8125

62-21	65.2086	48.7106	39.6246	29.2542	17.3522	11.6861	12.4224	10.5820	8.9251	7.2202	8.9982	7.8125	7.0838	7.8125
Canal Smyth	57.3782	45.9421	36.8439	27.1941	17.7806	12.2426	13.8557	11.4638	9.8306	9.6270	9.7980	9.1146	8.2645	7.8125
Muestras	La_n	Ce_n	Pr_n	Nd_n	Sm_n	Eu_n	Gd_n	Tb_n	Dy_n	Ho_n	Er_n	Tm_n	Yb_n	Lu_n
47-28	57.9182	42.1769	37.5391	25.5459	16.0668	10.0167	13.3779	7.9365	9.3132	9.0253	7.1986	7.8125	5.9032	7.8125
48-30	53.8680	44.2493	36.4964	28.4302	21.8509	16.6945	14.8113	13.2275	11.2534	10.8303	10.7978	11.7188	10.0354	11.7188
Estrecho Nelson	55.8931	43.2131	37.0177	26.9881	18.9589	13.3556	14.0946	10.5820	10.2833	9.9278	8.9982	9.7656	7.9693	9.7656
Muestras	La_n	Ce_n	Pr_n	Nd_n	Sm_n	Eu_n	Gd_n	Tb_n	Dy_n	Ho_n	Er_n	Tm_n	Yb_n	Lu_n
54-33	43.3374	39.1552	33.3681	26.3700	18.6375	10.0167	12.9001	10.5820	9.3132	9.0253	7.7984	7.8125	7.6741	7.8125
Golfo Almirante Montt	43.3374	39.1552	33.3681	26.3700	18.6375	10.0167	12.9001	10.5820	9.3132	9.0253	7.7984	7.8125	7.6741	7.8125
Muestras	La_n	Ce_n	Pr_n	Nd_n	Sm_n	Eu_n	Gd_n	Tb_n	Dy_n	Ho_n	Er_n	Tm_n	Yb_n	Lu_n
59-31	34.0219	28.9669	22.9406	18.1294	11.5681	10.0167	9.0779	7.9365	6.5968	7.2202	6.5987	3.9063	6.4935	7.8125
Canal Unión	34.0219	28.9669	22.9406	18.1294	11.5681	10.0167	9.0779	7.9365	6.5968	7.2202	6.5987	3.9063	6.4935	7.8125

Tabla 9.75. La-Th-Sc para diagrama ternario, Th/Sc y Eu/Eu para diagrama.*

Muestras	La [ppm]	Th [ppm]	Sc [ppm]	Th/Sc	Eu/Eu*
NA1 DRA	8.4	4.32	11.5	0.3757	0.9775
NA2 DR	10.2	4.26	11.45	0.3721	0.6985
NA3 DRA	10.7	4.3	12.4	0.3468	0.6460
NA4 DRB	11.8	4.47	11.9	0.3756	0.8652
NA#5 5A	12	3.7	9.77	0.3787	0.6778
NA#6 6C	12.8	5.86	14.35	0.4084	0.6795
NA7 DRA	13	3.21	8.92	0.3599	0.8458
NA8 DRA	13.2	3.98	15.3	0.2601	0.8298
NA9 DRA	13.25	8.39	19.2	0.4370	0.8325
NA10 DRB	13.3	5.08	16.25	0.3126	0.8238
NA11 DRB	13.3	7.32	16.3	0.4491	0.9280
NA12 DRB	13.35	3.25	8.84	0.3676	0.8115
NA14 DRA	13.4	4.31	9.4	0.4585	0.7045
NA15 DR1	13.55	4.8	15.55	0.3087	0.8018
NA16 DRA	13.55	7.21	17.6	0.4097	0.8213
NA17 DRA	13.95	14.7	18.65	0.7882	0.7104
NA18 DRB	13.95	10.55	15.15	0.6964	0.8073
NA19 DRA	14.3	13	14.8	0.8784	0.6832
NA20 DR	15	8.51	13.15	0.6471	0.7392
NA21 DRC	15	11.05	22.3	0.4955	0.6710
NA22 DRB	15.1	13.5	21.3	0.6338	0.7832
NA23 DR	15.4	7.32	12.85	0.5696	0.8477
NA24 DRB	15.7	8.12	15.4	0.5273	0.9901

NA25 DRB	15.8	8.4	16.3	0.5153	0.7657
NA26 DRC	15.85	10	19.85	0.5038	0.7996
NA27 DRC	15.9	11.7	22.7	0.5154	0.7674
NA28 DRB	15.9	6.62	11.75	0.5634	0.8368
NA29 DRA	16.1	5.07	9	0.5633	0.7960
NA30 DRA	16.1	6.61	9.38	0.7047	0.8635
NA31 DRB	16.75	5.63	8.17	0.6891	0.7602
NA32 DRB	16.9	6.5	12.3	0.5285	0.7018
NA33 DRB	17.3	6.3	13.1	0.4809	0.7660
NA34 DRA	17.6	6.39	13.55	0.4716	0.7424
NA35 DRA	17.8	5.88	13.7	0.4292	0.7247
NA36 DRA	18	6.89	16.25	0.4240	0.6590
NA37 DRB	18.2	2.77	5.99	0.4624	0.7760
NA38 DRB	18.25	3.29	5.37	0.6127	0.7653
NA39 DRA	18.45	4.76	11.25	0.4231	0.7103
NA40 DRA	18.8	3.88	9	0.4311	0.6840
NA42 DR	18.85	7.13	18.25	0.3907	0.6843
NAT1 B#35	19.15	6.17	22.4	0.2754	0.6520
NAT2 B#35	19.4	4.94	19.55	0.2527	0.6471
NAT3 B#35	19.55	6.23	20.6	0.3024	0.6916
NAT4 B#35	19.65	5.06	15.05	0.3362	0.7083
39-4	19.7	12.5	13	0.9615	0.6860
41-5	19.8	7.2	10.1	0.7129	0.6567
42-7	20.1	5.3	7.1	0.7465	0.6802
G	20.2	7.6	12.4	0.6129	0.7845
70-10	20.5	6.8	13.2	0.5152	0.6109
43-12	20.5	4.1	5.1	0.8039	0.7488
71-15	20.6	5.5	10.9	0.5046	0.7093
50-18	21.2	4	12.1	0.3306	0.6515
64-19	22	3.4	11	0.3091	0.6680
62-21	22.4	6.7	8.5	0.7882	0.6785
47-28	22.9	4.3	8.1	0.5309	0.6649
48-30	23.3	4.1	15	0.2733	0.5859
59-31	23.5	1.4	8.3	0.1687	0.6094
54-33	23.7	3.8	11.9	0.3193	0.6522
10B-35	25.3	5.9	13.6	0.4338	0.5173
9C-36	27.2	5.1	14.9	0.3423	0.6196
8A-37	29.4	6.6	15.1	0.4371	0.6270
7C-38	30.6	5.8	14.5	0.4000	0.6197
56A-46	31.2	5.7	10.3	0.5534	0.5884
6B-42	32	6	14	0.4286	0.5978
5B-44	35.5	4.5	10.4	0.4327	0.5695

C.10 REE bibliográficos por unidad geológica

Tabla 9.76. REE normalizadas al condrito por unidad geológica en la zona de estudio.

Unidad Geológica	Litología	N° de datos	La _n	Ce _n	Sm _n	Eu _n	Yb _n
Fm. Tobífera ¹	Félsica	4	118.90	91.37	33.31	15.31	12.27
CS ^{1, 2 y 3}	Basalto-gabrodiques máficos	15	32.31	27.36	18.28	15.34	11.42
CS ³	Plagiogranito (Tonalita)	2	85.48	77.29	55.64	28.84	41.00
CMAO ⁴	Lutita-Arenisca	19	98.30	81.68	28.91	15.06	12.26
CDY ⁴	Lutita-Arenisca	8	122.98	105.04	33.25	17.26	11.99
BSP ⁵	Granito	2	51.90	37.92	17.72	11.63	8.97
BSP ^{5 y 6}	Granodiorita	8	77.66	54.60	18.32	10.12	10.85
BSP ⁵	Tonalita	2	67.26	48.85	21.95	16.39	10.43
BSP ⁵	Diorita	2	46.65	36.32	18.49	13.74	10.69
BSP ⁵	Gabro	2	11.40	7.66	5.64	8.57	4.19
Fm. Zapata ¹	Lutita	9	40.41	36.60	15.16	9.69	8.86
Fm. Punta Barrosa ¹	Lutita	10	66.18	61.79	26.09	15.35	11.94
Fm. Cerro Toro ⁷	Lutita	9	83.39	71.12	28.05	16.51	12.95
CCA ⁸	Metabasita	8	37.50	34.31	26.97	22.89	21.05

Normalización realizada a Condrito (Boynton, 1984). Fm.: Formación, CS: Complejo Sarmiento, CMAO: Complejo Metamórfico Andino Oriental, CDY: Complejo Duque de York, BSP: Batolito Surpatagónico, CCA: Complejo Ofiolítico Capitán Aracena.

¹ Fildani & Hessler, (2005); ² Stern, (1979); ³ Saunders *et al.*, (1979); ⁴ Faundez *et al.*, (2002); ⁵ Hervé *et al.*, (2007); ⁶ Vera, (2017); ⁷ Crane, (2004)

⁸ Prades, (2008).

Tabla 9.77. Elementos trazas y relaciones de unidades litológicas.

Unidad Geológica	Litología	N° de datos	La [ppm]	Th [ppm]	Sc [ppm]	Th/Sc	Eu/Eu*
Fm. Tobífera ¹	Félsica	4	36.86	13.50	12.75	1.26	0.18
CS ^{1, 2 y 3}	Basalto-gabrodiques máficos	6	14.62	4.17	29.33	0.31	0.26
CMAO ⁴	Lutita-Arenisca	19	30.47	8.32	8.89	0.99	0.65
CDY ⁴	Lutita-Arenisca	8	38.13	11.63	12.13	1.06	0.68
BSP ⁵	Granito	1	16.02	10.12	3.94	2.57	0.51
BSP ^{5 y 6}	Granodiorita	6	26.02	12.50	9.68	1.29	0.64
BSP ⁵	Tonalita	2	20.85	6.08	20.61	0.34	0.91
BSP ⁵	Diorita	2	14.46	15.41	21.94	0.70	0.91
BSP ⁵	Gabro	2	3.54	0.68	31.78	0.02	1.60
Fm. Zapata ¹	Lutita	6	13.29	5.33	12.67	0.32	0.25
Fm. Punta Barrosa ¹	Lutita	9	20.92	9.33	18.33	0.90	0.24

Fm.: Formación, CS: Complejo Sarmiento, CMAO: Complejo Metamórfico Andino Oriental, CDY: Complejo Duque de York, BSP: Batolito Surpatagónico.

¹ Fildani & Hessler, (2005); ² Stern, (1979); ³ Saunders *et al.*, (1979); ⁴ Faundez *et al.*, (2002); ⁵ Hervé *et al.*, (2007); ⁶ Vera, (2017).

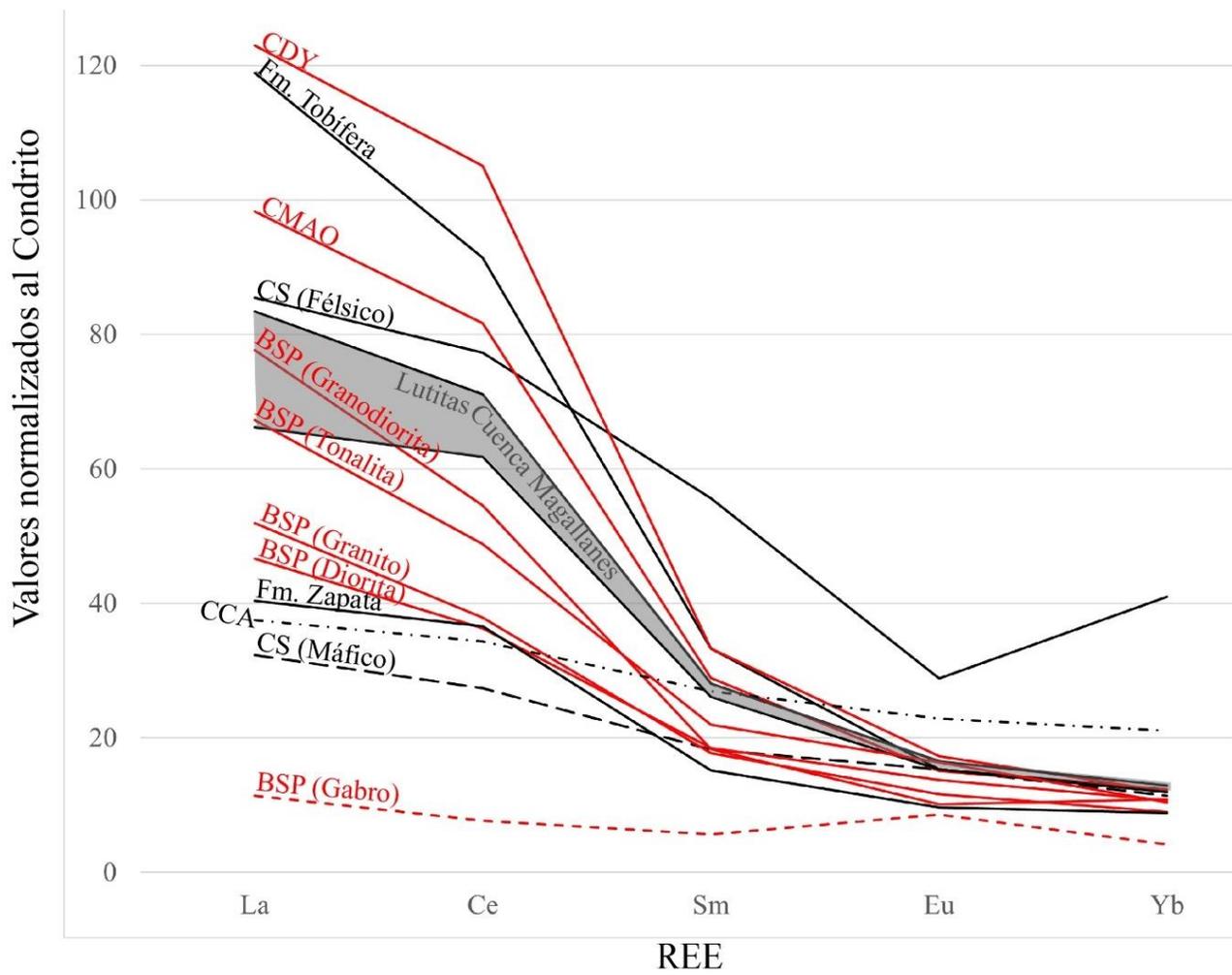


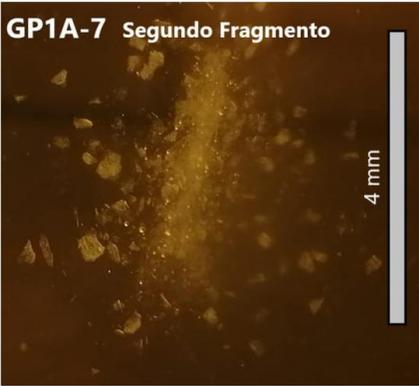
Figura 9.21. Diagrama de fraccionamiento **REE** de las unidades geológicas de la zona de estudio. Referencias son reportadas, Tabla 109.

9.4 Anexo D: *Mini-Stage*

Nombre de Muestra: GP 1A



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	NO	NO
2	NO	NO	NO
3	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO
7	NO	SI	NO
8	NO	NO	NO
9	NO	NO	NO
10	NO	NO	NO



GP1A-7 Segundo Fragmento

4 mm

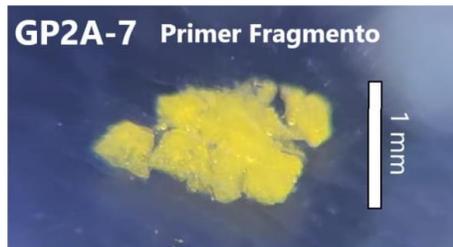
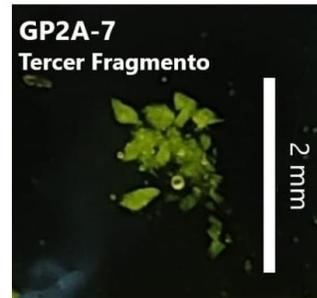
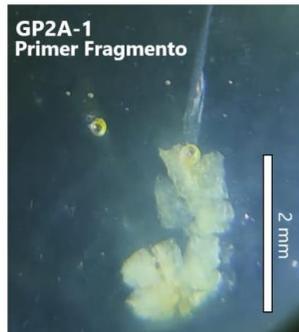
Observaciones:

Figura 9.22. *Mini-Stage*, GP-1A.

Nombre de Muestra: GP 2A



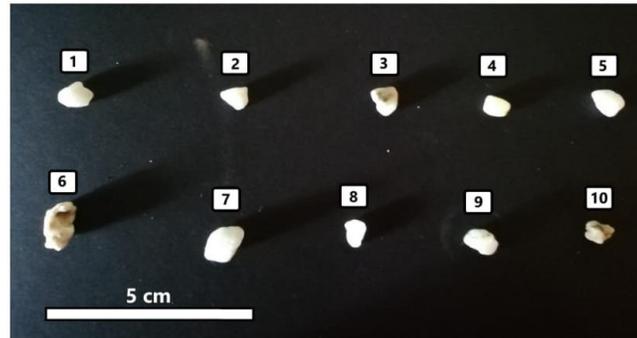
Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	SI	NO	NO
2	NO	NO	NO
3	NO	SI	NO
4	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO
7	SI	NO	SI
8	NO	NO	NO
9	NO	NO	NO
10	NO	NO	NO



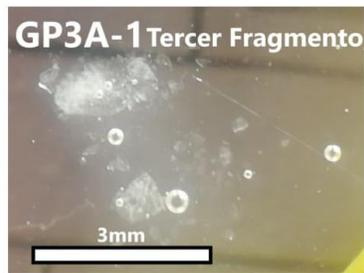
Observaciones:

Figura 9.23. Mini-Stage, GP-2A.

Nombre de Muestra: GP 3A



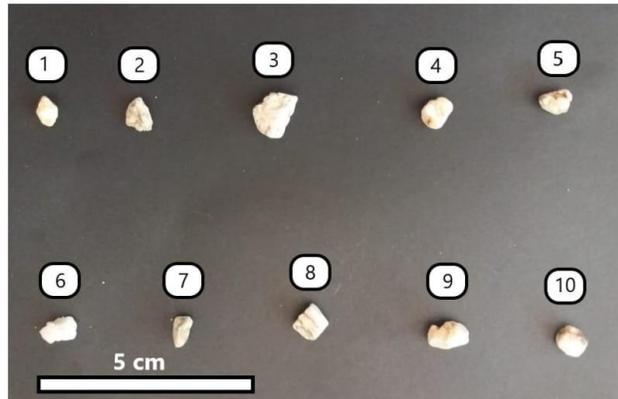
Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	NO	SI
2	NO	NO	NO
3	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	SI	SI	NO
7	NO	NO	NO
8	NO	NO	NO
9	NO	NO	NO
10	NO	NO	NO



Observaciones:

Figura 9.24. Mini-Stage, GP-3A.

Nombre de Muestra: GP 4A



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	NO	NO
2	NO	NO	NO
3	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	SI	NO	SI
7	NO	NO	NO
8	SI	SI	SI
9	NO	NO	NO
10	SI	NO	NO

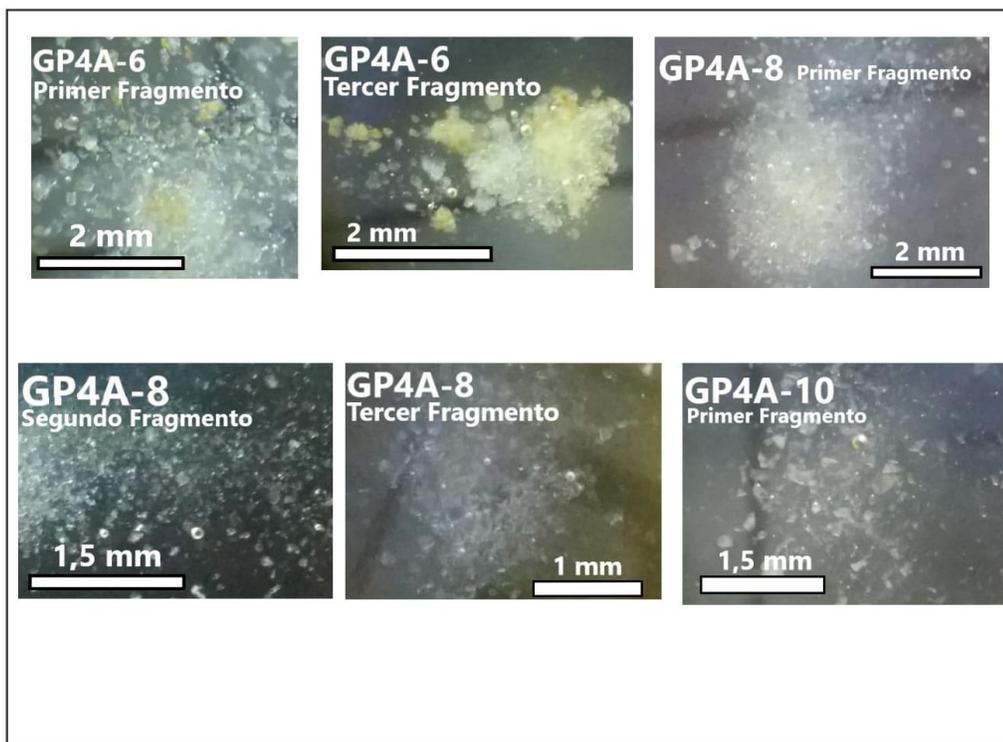
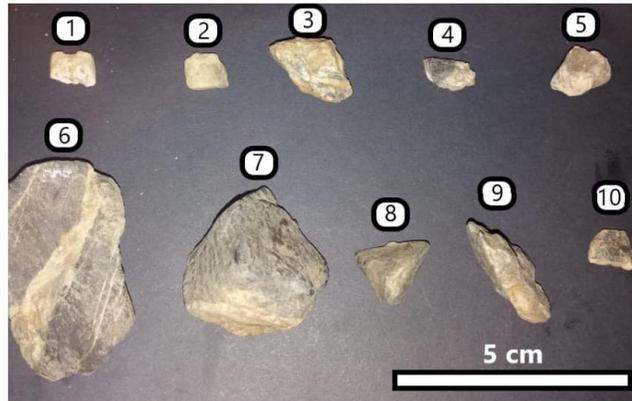
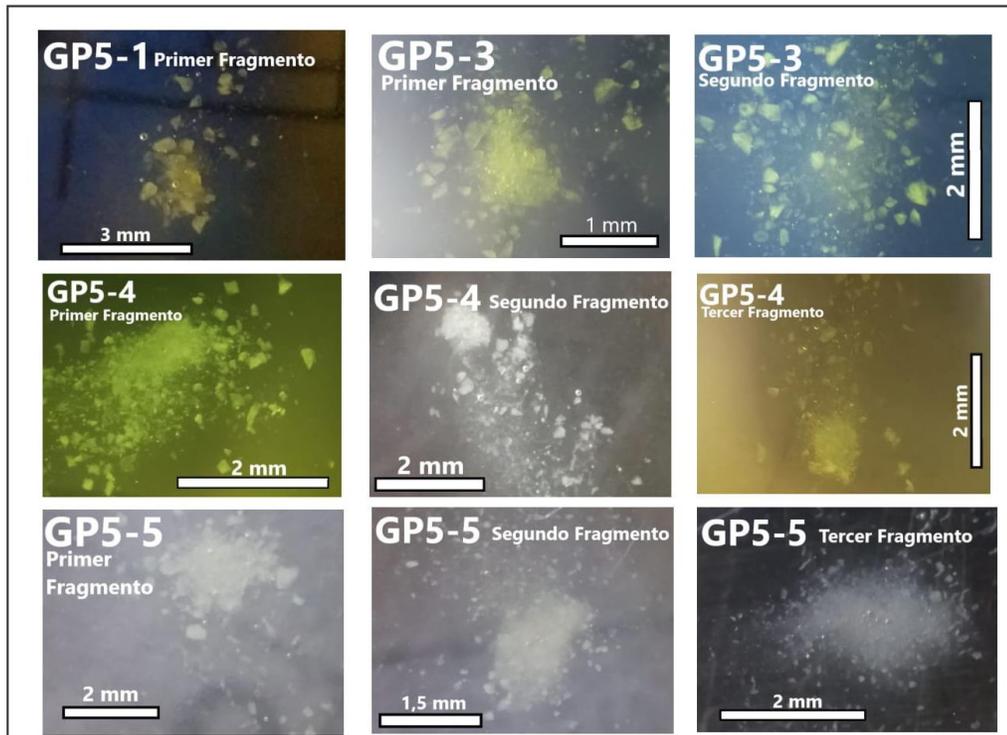


Figura 9.25. Mini-Stage, GP-4A.

Nombre de Muestra: GP 5



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	SI	NO	NO
2	NO	NO	NO
3	SI	SI	NO
4	SI	SI	SI
5	SI	SI	SI
6	SI	SI	SI
7	SI	SI	SI
8	SI	SI	SI
9	SI	SI	SI
10	NO	NO	SI



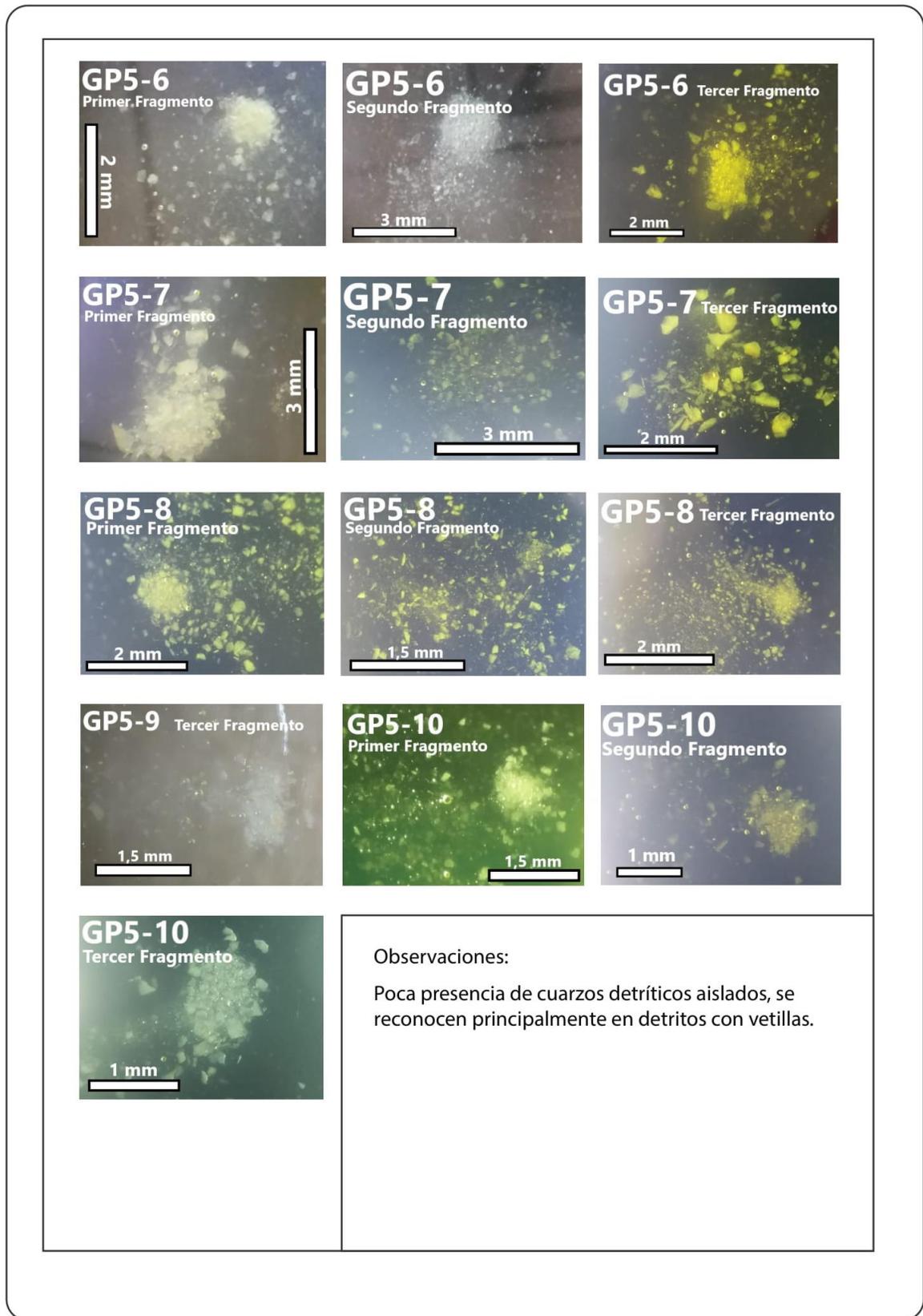
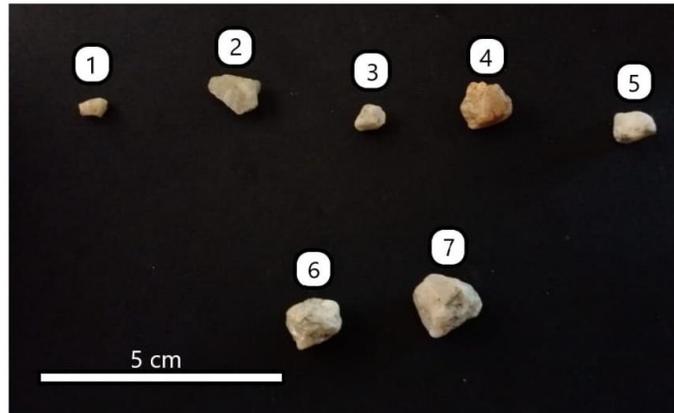


Figura 9.26. Mini-Stage, GP-5.

Nombre de Muestra: GP 6



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	NO	NO
2	NO	NO	NO
3	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO
7	NO	NO	NO
8	x	x	x
9	x	x	x
10	x	x	x

Observaciones:

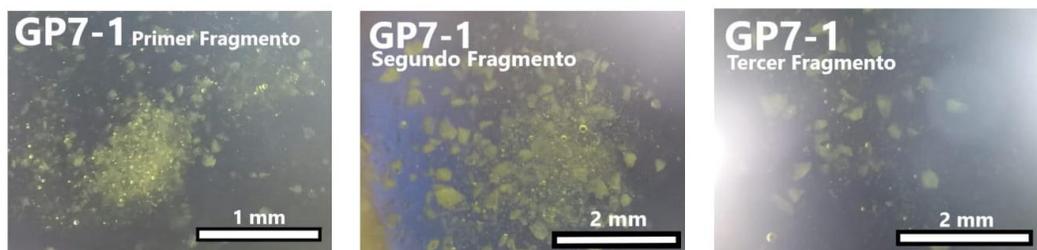
La muestra GP6 presenta en su mayoría cuarzo magmático asociado a minerales máficos, por lo tanto se encontraron pocos detritos de cuarzo para muestrear acá.

Figura 9.27. Mini-Stage, GP-6

Nombre de Muestra: GP 7



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	SI	SI	NO



Observaciones :

Se reconocen rocas metamórficas in situ con vetas de cuarzo asociadas.

Figura 9.28. Mini-Stage, GP-7.

Nombre de Muestra: GP 8B



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	SI	NO	NO
2	NO	NO	SI
3	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO
7	SI	SI	SI
8	NO	NO	NO
9	NO	NO	NO
10	NO	NO	NO

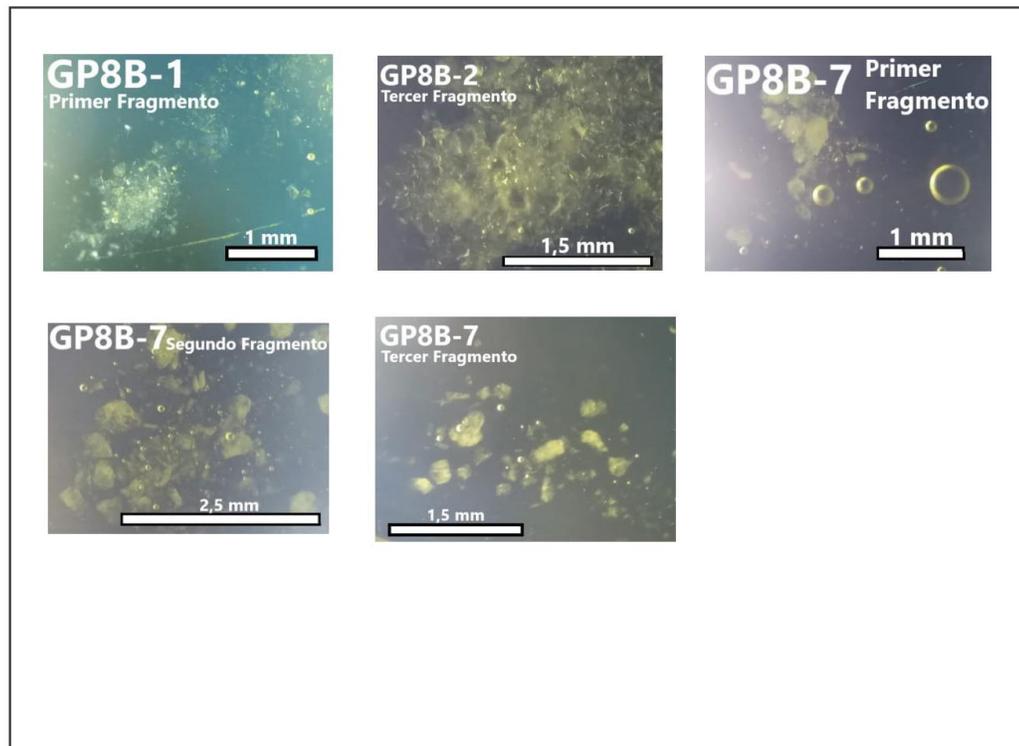


Figura 9.29. Mini-Stage, GP-8B.

Nombre de Muestra: GP 9



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	NO	NO
2	NO	NO	NO
3	SI	SI	SI
4	SI	NO	SI
5	NO	NO	NO
6	SI	SI	NO
7	SI	SI	SI
8	NO	SI	SI
9	SI	NO	SI
10	SI	NO	NO

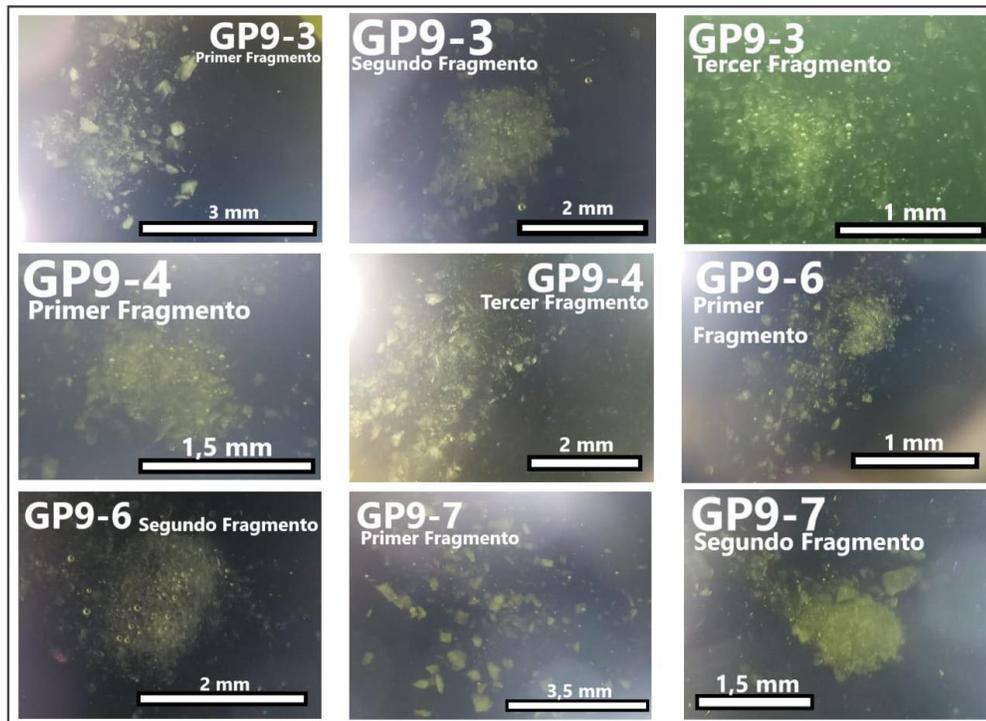
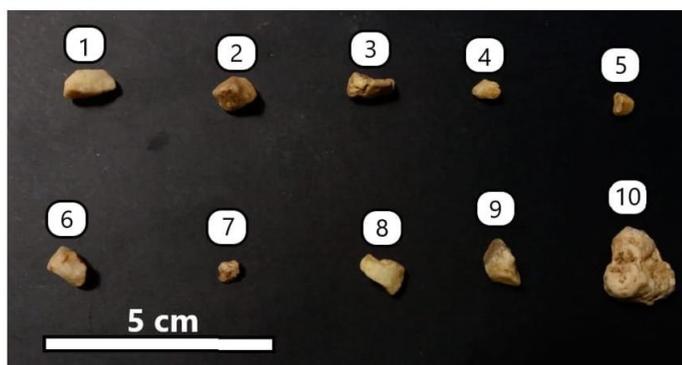




Figura 9.30. Mini-Stage, GP-9.

Nombre de Muestra: GP 10



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	SI	SI	NO
2	NO	NO	NO
3	NO	NO	NO
4	SI	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO
7	SI	SI	SI
8	NO	SI	NO
9	SI	SI	SI
10	SI	SI	SI

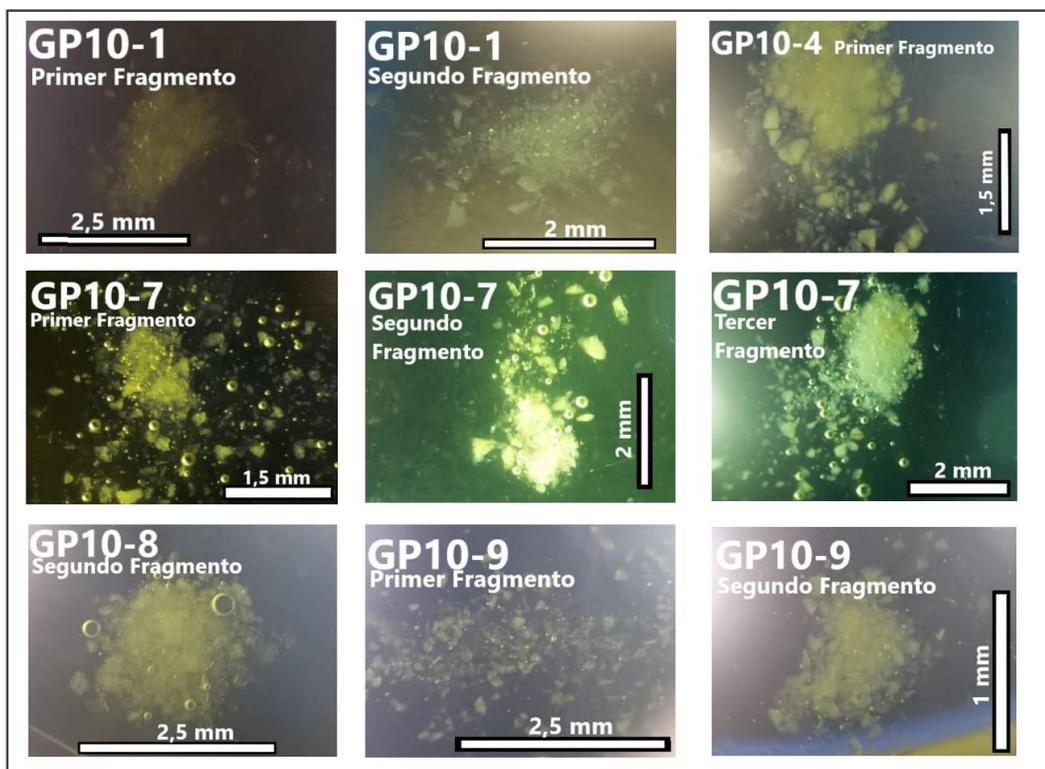
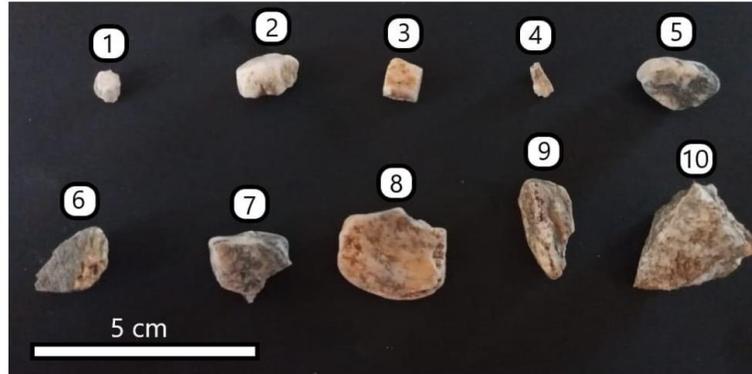


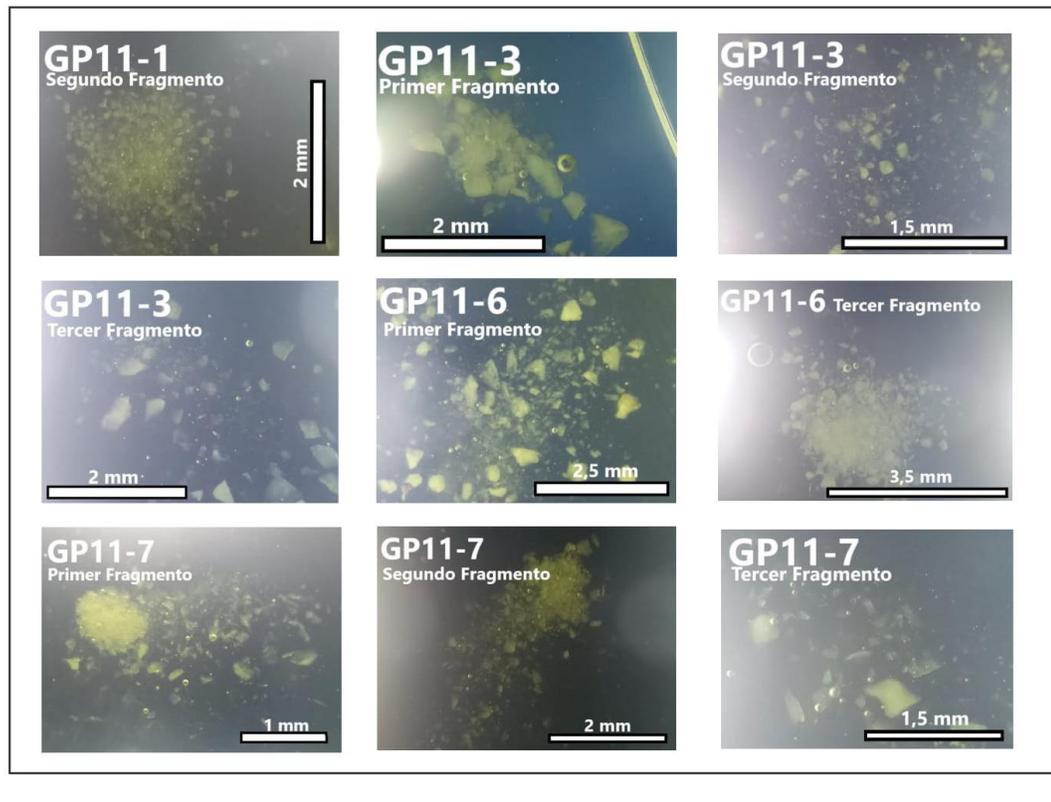


Figura 9.31. Mini-Stage, GP-10.

Nombre de Muestra: GP 11



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	SI	NO
2	NO	NO	NO
3	SI	SI	SI
4	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	SI	NO	SI
7	SI	SI	SI
8	NO	NO	NO
9	NO	NO	NO
10	SI	NO	NO



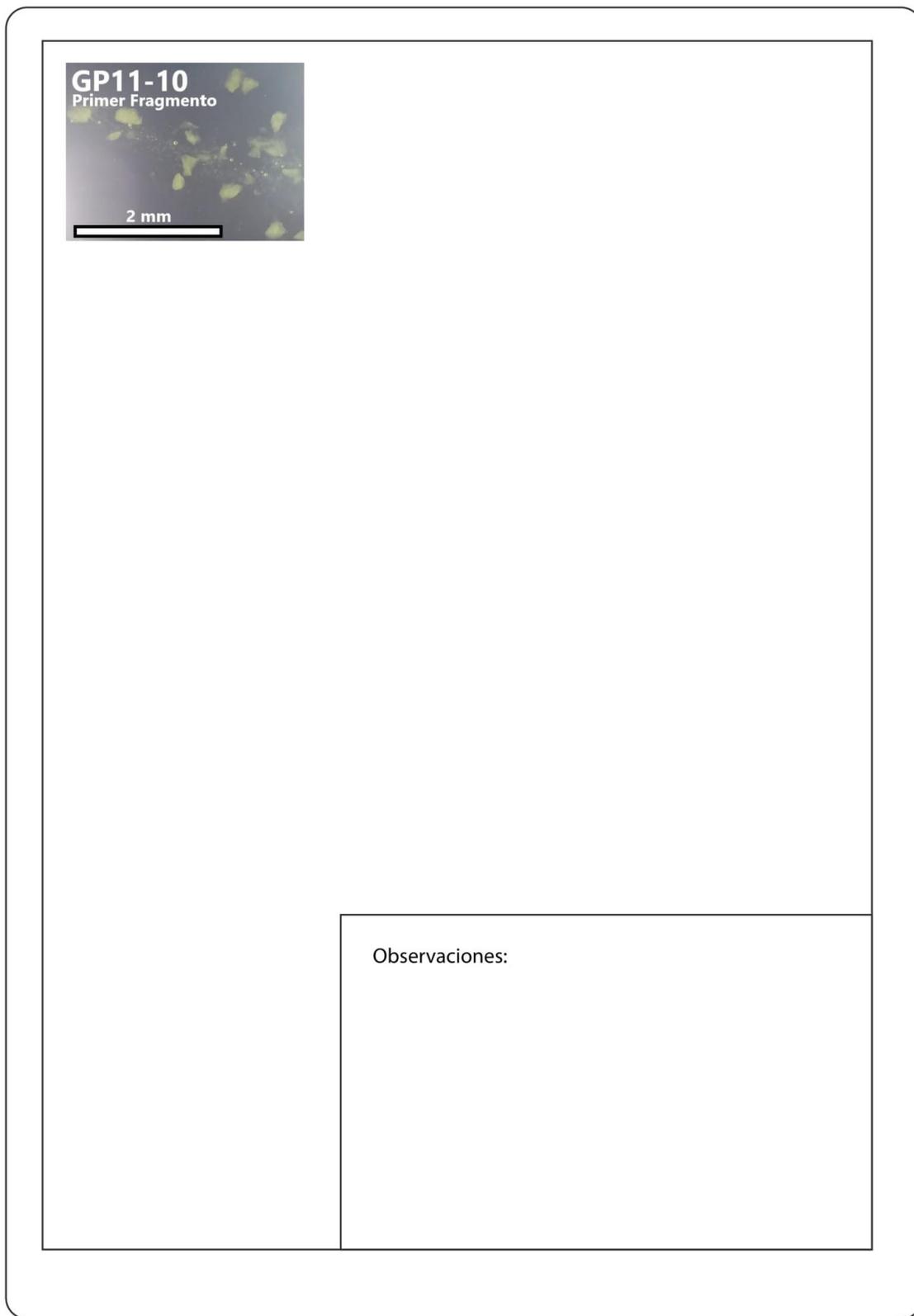


Figura 9.32. Mini-Stage, GP-11.

Nombre de Muestra: GP 12



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	NO	NO
2	NO	NO	NO
3	SI	SI	SI
4	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	SI	SI	NO
7	NO	NO	NO
8	NO	NO	NO
9	NO	NO	SI
10	SI	SI	SI

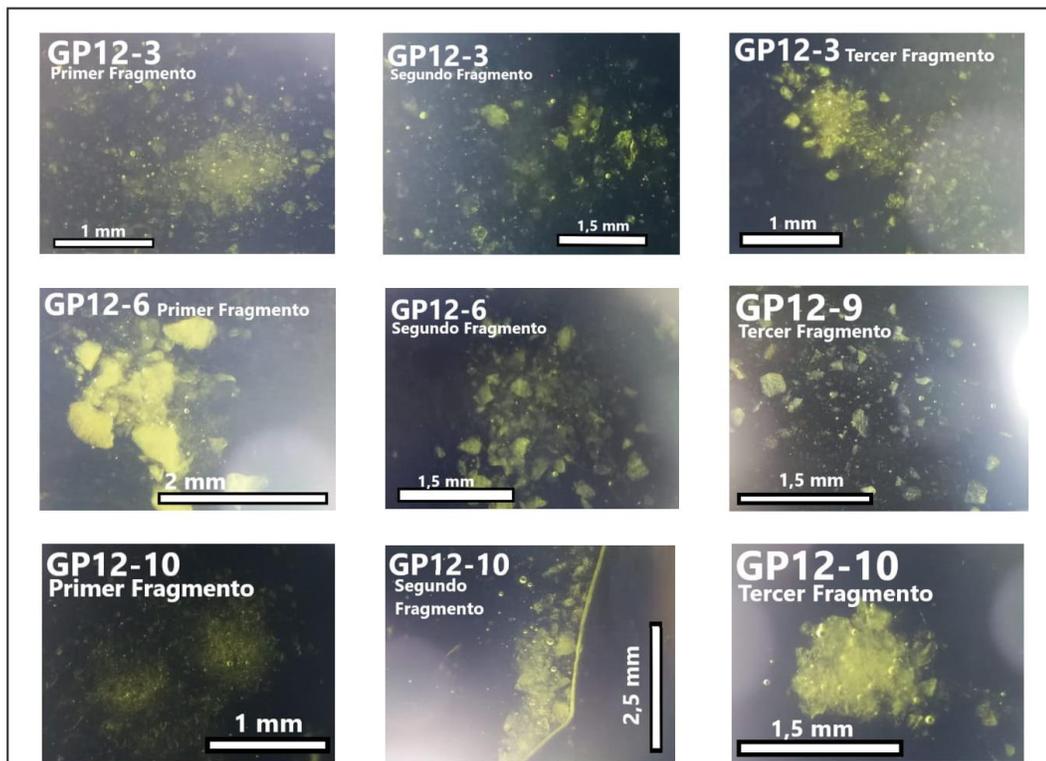


Figura 9.33. Mini-Stage, GP-12.

Nombre de Muestra: GP 12 B



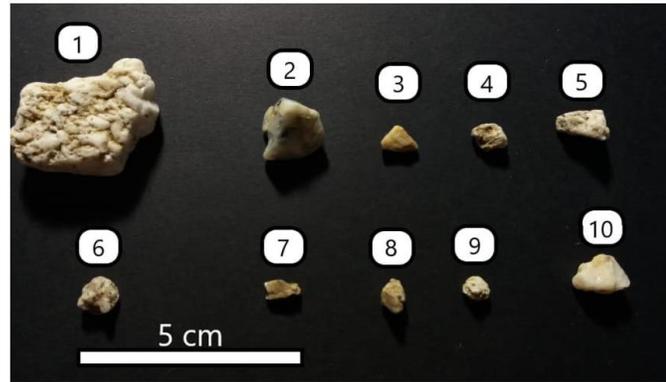
Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	NO	NO
2	NO	NO	NO

Observaciones :

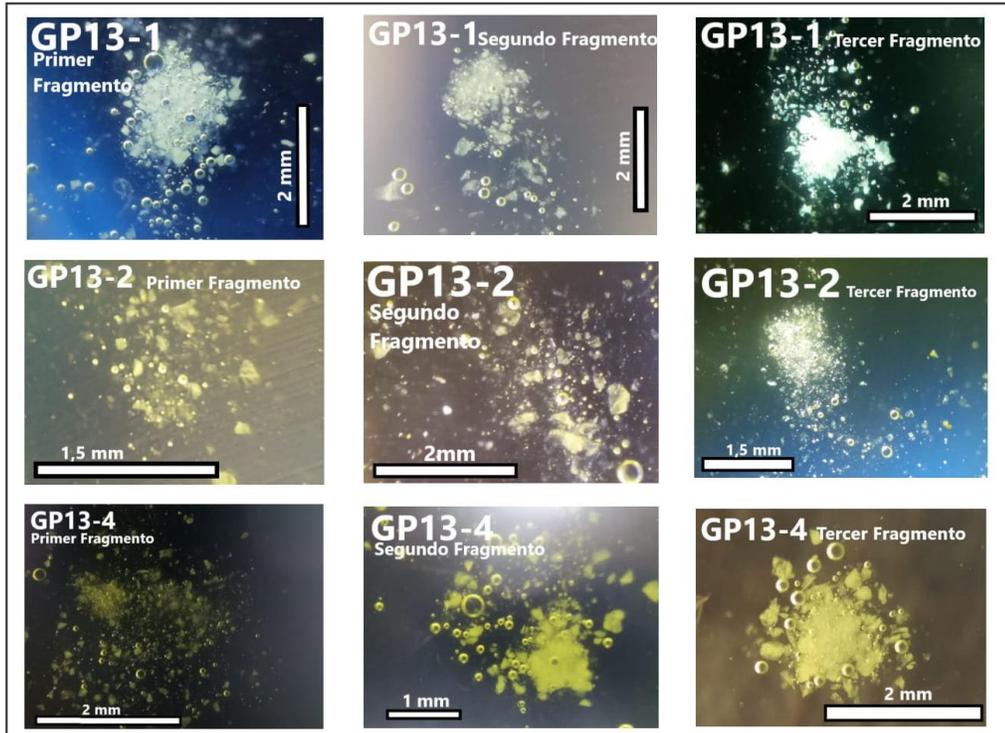
Se reconocen rocas metamórficas in situ con vetas de cuarzo asociadas.

Figura 9.34. Mini-Stage, GP-12B.

Nombre de Muestra: GP 13



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	SI	SI	SI
2	SI	SI	SI
3	NO	NO	NO
4	SI	SI	SI
5	SI	SI	SI
6	NO	NO	NO
7	SI	SI	SI
8	SI	NO	NO
9	SI	SI	SI
10	SI	SI	SI



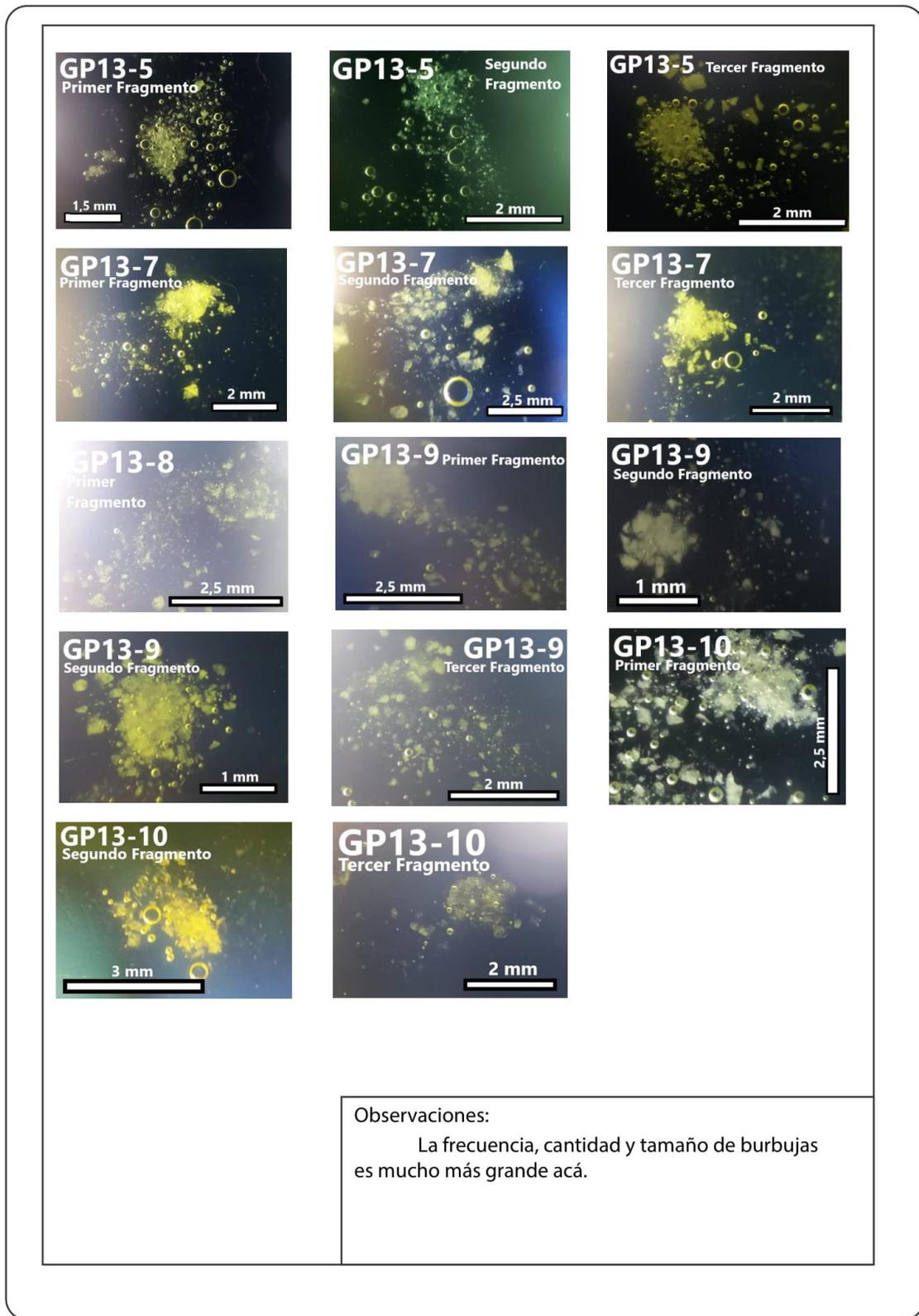
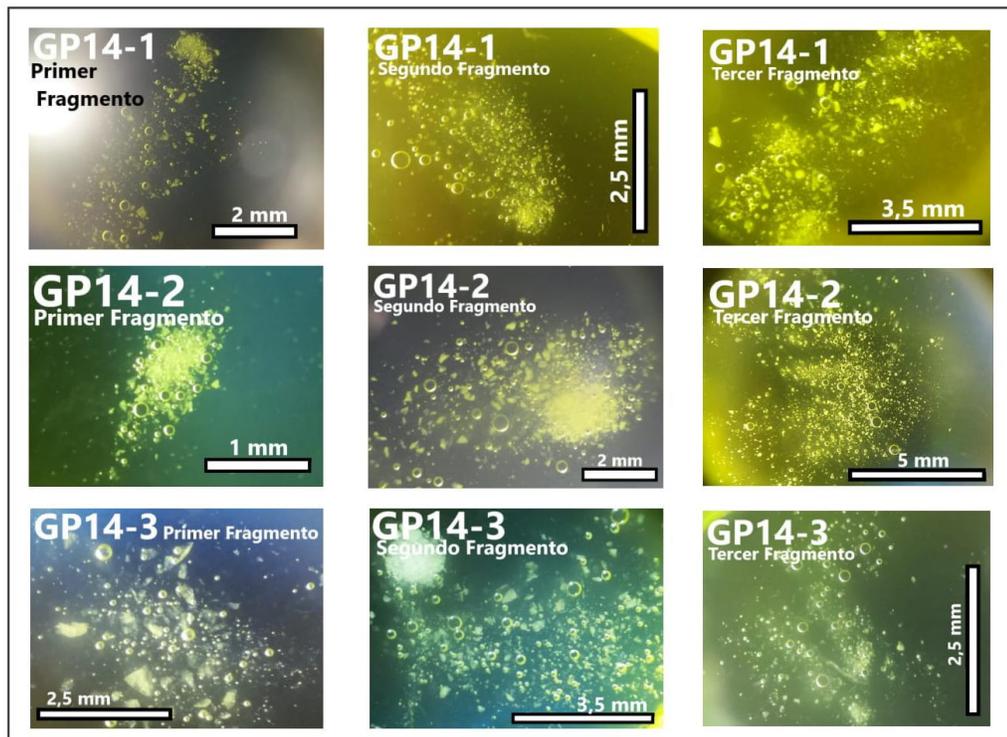


Figura 9.35. Mini-Stage, GP-13.

Nombre de Muestra: GP 14



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	SI	SI	SI
2	SI	SI	SI
3	SI	SI	SI
4	SI	SI	SI
5	SI	SI	SI
6	SI	SI	SI
7	SI	SI	SI
8	SI	SI	SI
9	NO	NO	NO
10	NO	NO	NO



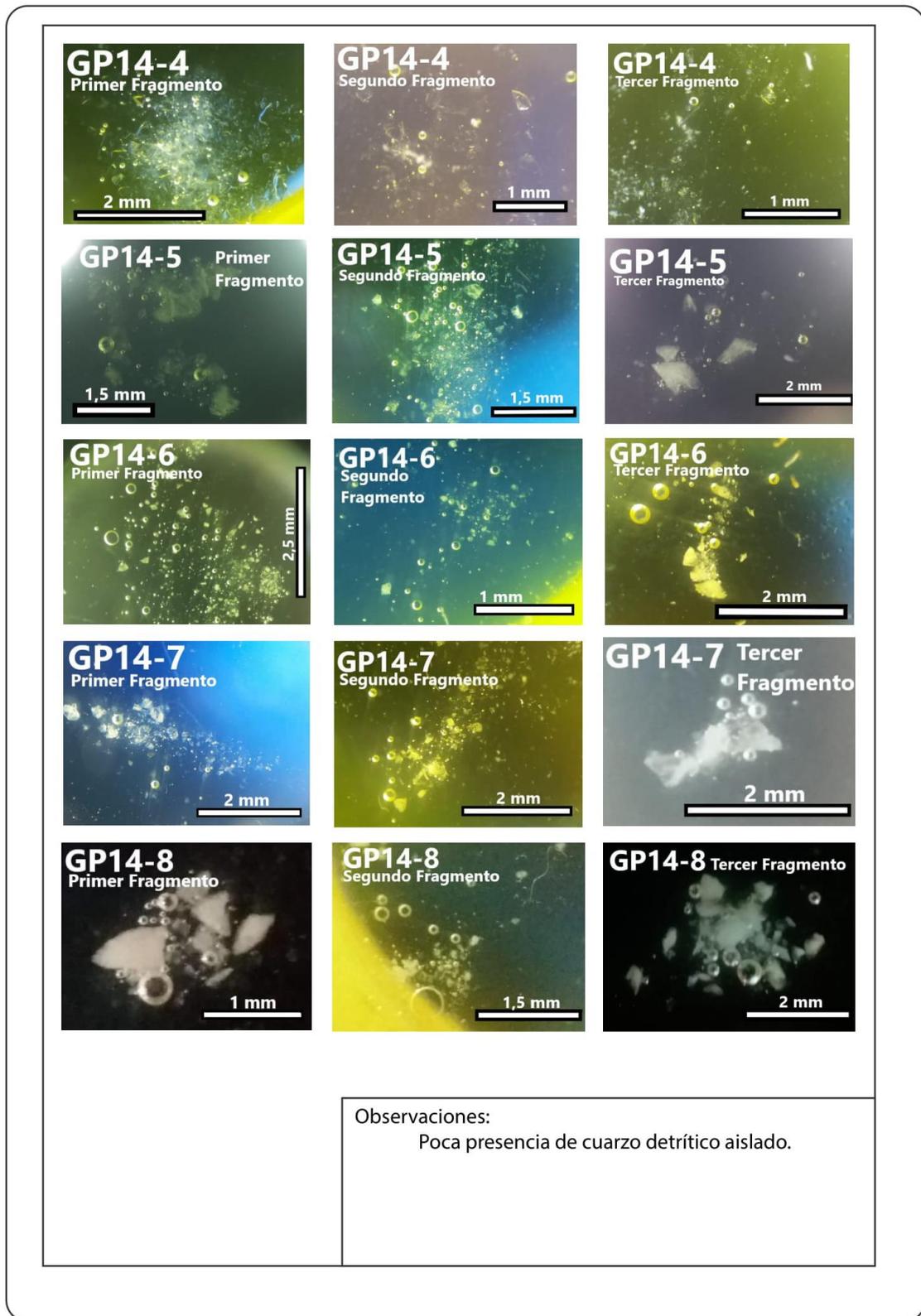
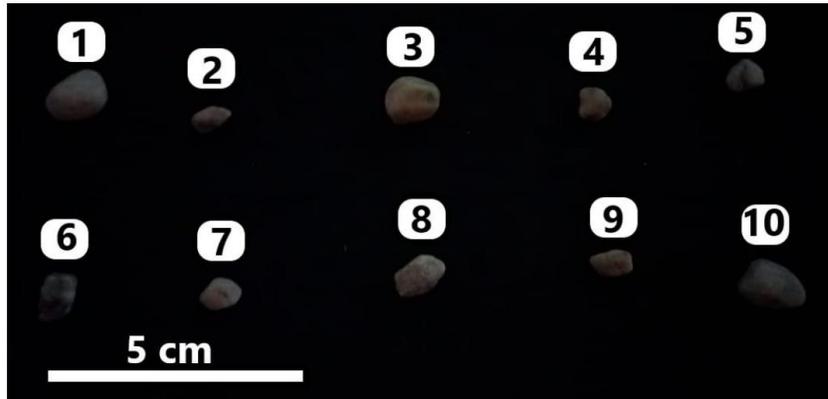
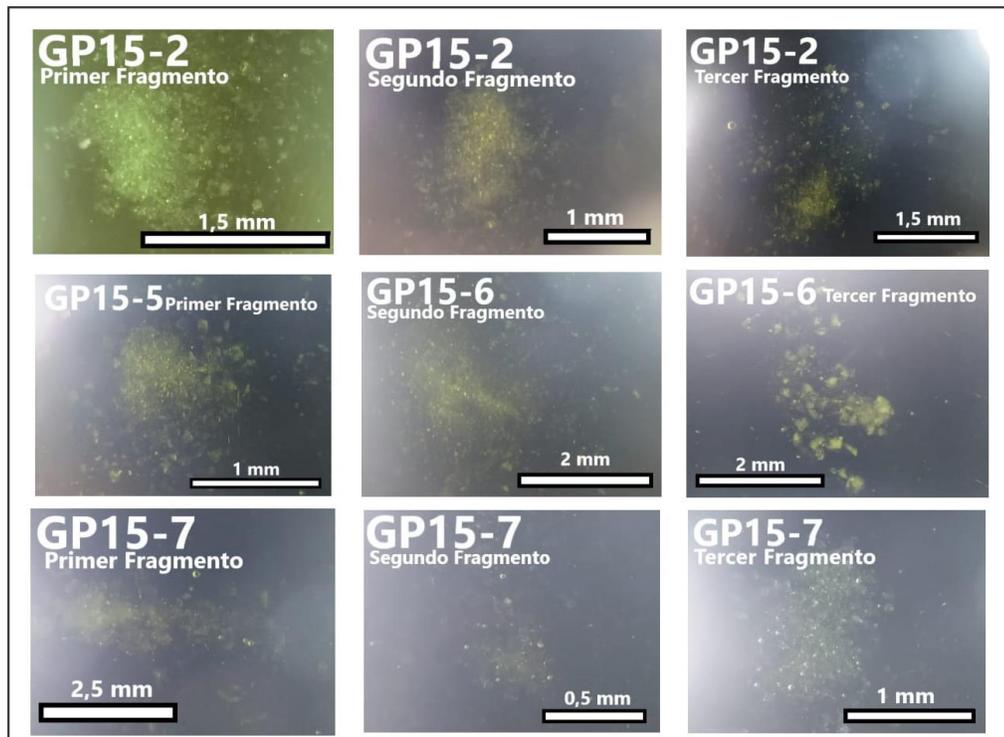


Figura 9.36. Mini-Stage, GP-14.

Nombre de Muestra: GP 15



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	NO	NO
2	SI	SI	SI
3	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO
5	SI	NO	NO
6	NO	SI	SI
7	SI	SI	SI
8	NO	SI	SI
9	NO	NO	NO
10	SI	SI	SI



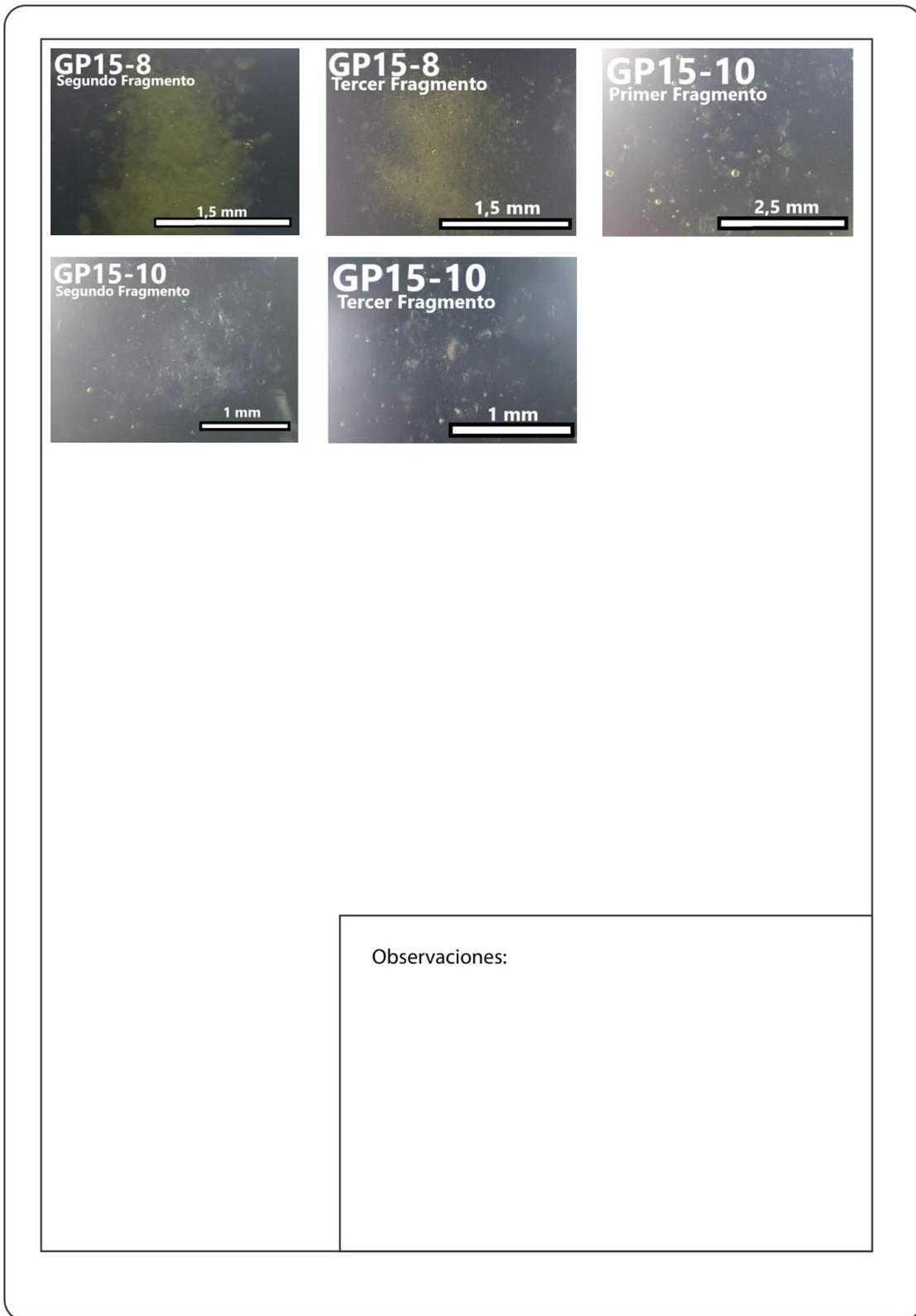
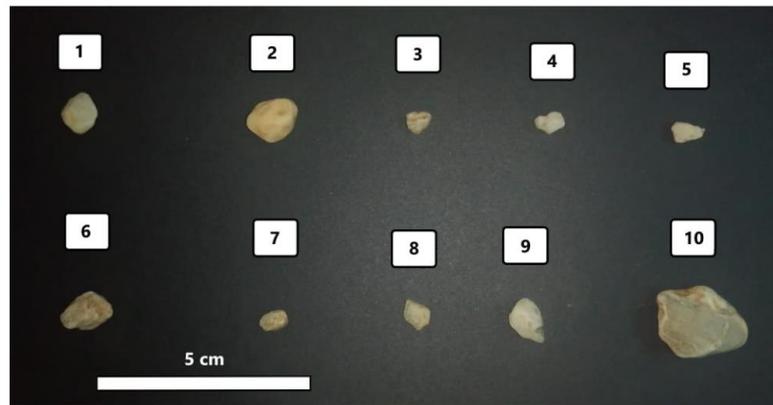


Figura 9.37. Mini-Stage, GP-15.

Nombre de Muestra: NAT 1



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	NO	SI
2	NO	NO	NO
3	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO
5	SI	SI	NO
6	NO	NO	NO
7	NO	SI	NO
8	NO	NO	NO
9	NO	NO	NO
10	SI	SI	NO

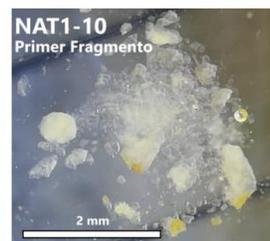
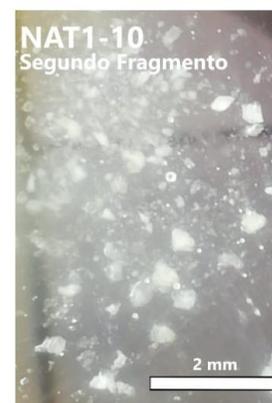
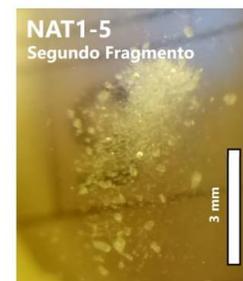
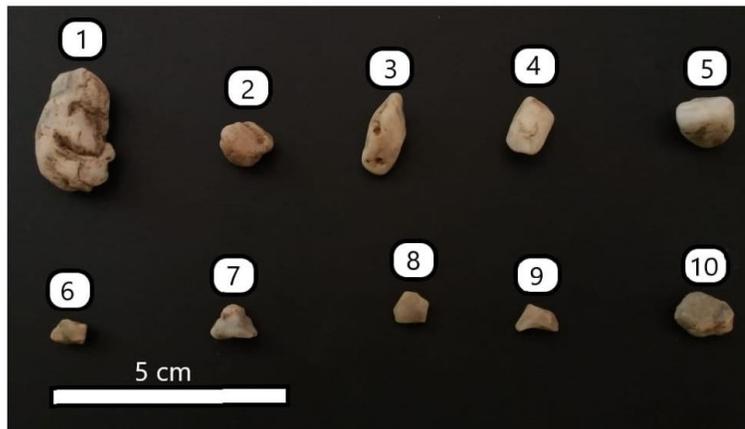
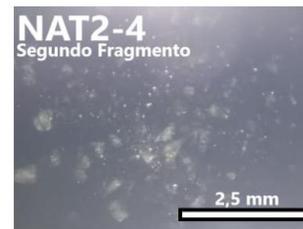
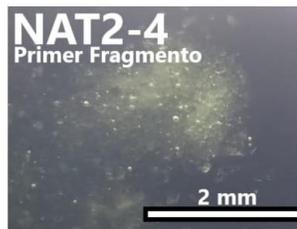


Figura 9.38. Mini-Stage, NAT-1.

Nombre de Muestra: NAT 2



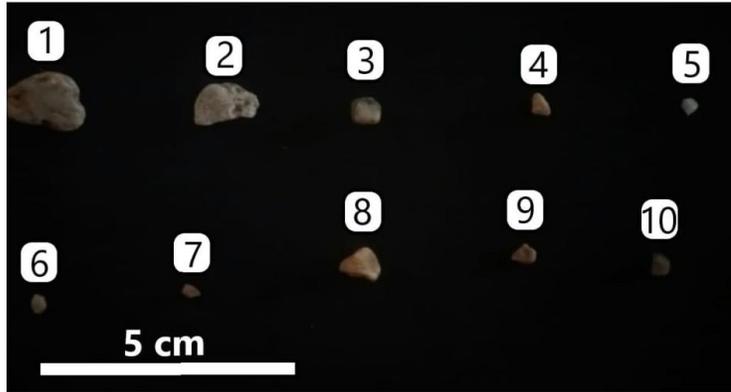
Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	NO	NO
2	NO	NO	NO
3	SI	NO	NO
4	SI	SI	NO
5	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO
7	NO	NO	NO
8	NO	NO	NO
9	NO	NO	NO
10	SI	NO	NO



Observaciones:

Figura 9.39. Mini-Stage, NAT-2.

Nombre de Muestra: NAT 3



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	NO	NO
2	NO	NO	NO
3	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO
7	NO	NO	NO
8	NO	NO	NO
9	NO	NO	NO
10	NO	NO	NO

Observaciones:

Figura 9.40. Mini-Stage, NAT-3.

Nombre de Muestra: NAT 4



Submuestra de Cuarzo	Presencia de CO ₂ en Glicerina		
	Primer Fragmento	Segundo Fragmento	Tercer Fragmento
1	NO	NO	NO
2	NO	NO	NO
3	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO
5	SI	SI	SI
6	NO	NO	NO
7	NO	NO	NO
8	NO	NO	NO
9	NO	NO	NO
10	NO	NO	NO

NAT4-5
Primer Fragmento

1 mm

NAT4-5
Segundo Fragmento

2 mm

NAT4-5
Tercer Fragmento

2 mm

Observaciones:

Figura 9.41. Mini-Stage, NAT-4.