



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

GEOQUÍMICA Y COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE Sr y Nd DEL SEDIMENTO FLUVIAL
EN LA SUBCUENCA RÍO MAIPO ALTO: IMPLICANCIAS PARA ESTUDIOS DE
PROVENIENCIA DE SEDIMENTO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

ISMAEL BENJAMÍN CONTRERAS MILLAR

PROFESORA GUÍA:
TANIA VILLASEÑOR JORQUERA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ALIDA PEREZ FODICH
MARCO PFEIFFER JAKOB
VALENTINA FLORES AQUEVEQUE

Memoria financiada por proyecto PAI 77190019 *Procesos de erosión y transporte en la Cordillera de los Andes en un contexto de cambio climático y acción antrópica* y apoyada por Fondecyt 11190029 *The Relevance of Pedogenic Carbonates in the Mediterranean Region of Chile as a Carbon Reservoir*.

SANTIAGO DE CHILE
2022

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE: Geólogo
POR: Ismael Benjamín Contreras Millar
FECHA: 2022
PROFESOR GUÍA: Tania Villaseñor Jorquera

GEOQUÍMICA Y COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE Sr y Nd DEL SEDIMENTO FLUVIAL EN LA SUBCUENCA RÍO MAIPO ALTO: IMPLICANCIAS PARA ESTUDIOS DE PROVENIENCIA DE SEDIMENTO

El cambio climático ha generado cambios en las dinámicas de los sistemas que componen a la Tierra, repercutiendo por una parte en el sistema hidrológico. Hay un conjunto de procesos superficiales que forman lo que se conoce como “sistema de enrutamiento sedimentario”, donde se hace un análisis integral de la transferencia de sedimento, y su respuesta a cambios, como la alteración del ciclo del agua existente, que genera cambios en la movilización de sedimento. Es útil entender el funcionamiento de un sistema de enrutamiento sedimentario con el fin de determinar las características erosivas y del transporte de sedimento dentro de una cuenca. Para esto, estudiar la proveniencia del sedimento que se transfiere en una cuenca sirve para dilucidar las fuentes del sistema y evaluar su conectividad sedimentaria.

En Chile y en particular en su zona central, se ha evidenciado una disminución de precipitaciones, de caudales de ríos, de la cubierta de nieve, así como el retroceso glaciar. Varios estudios recientes muestran estimaciones de posibles escenarios futuros, en los cuales hasta en los casos optimistas se tendrán importantes cambios en la hidrología de las cuencas hacia fines de este siglo, afectando las dinámicas de los sistemas de enrutamiento sedimentario.

Con esta motivación, el presente estudio busca evaluar las dinámicas de transferencia de sedimento en la parte alta de la cuenca del río Maipo (subcuenca Río Maipo Alto (RMA)), en la Región Metropolitana, considerando variabilidad temporal y espacial, a partir de análisis de características químicas. Para lograr este cometido, se levantan antecedentes generales de la geología del área de estudio, se constituye una base de datos con información composicional de elementos químicos e isótopos de Sr y Nd para las rocas que afloran en la subcuenca RMA y, por último, se estudian las características composicionales en sedimento recolectado en el río Maipo y sus principales tributarios en la subcuenca RMA, en el periodo noviembre 2019 a febrero 2020, que representa la temporada de alto caudal de la cuenca. Por último, se realiza un modelo de mezcla para cuantificar el aporte desde las distintas unidades geológicas y desde los distintos tributarios del río Maipo.

Los resultados indican que las unidades geológicas se tienden a agrupar en unidades por Era (Mesozoico y Cenozoico). Se observa variación temporal y espacial en la proveniencia del sedimento transportado por el río Maipo en su segmento superior, estimando las tendencias de las posibles fuentes. Es así que los modelos de mezcla efectuados a través de elementos menores, indican que son las unidades cenozoicas las principales fuentes, con aportes del ~40% o superior. Se ve que el tributario que tendría mayor influencia en el afluente del río Maipo es el río Colorado. Con lo conseguido, el presente estudio ayuda a dilucidar trazadores de interés para ser aplicados en estudios de proveniencia posteriores.

Dedicatoria

Para mis padres, Antonio y Verónica
Para mi familia, que me acompaña
Para la Tierra, que nos hospeda

Agradecimientos

Debo comenzar agradeciendo a mis padres, Verónica y Antonio, quienes me dieron la oportunidad de estudiar, quienes tuvieron la paciencia y me apoyaron a lo largo del tiempo en el que me formé como profesional. A mis hermanes, Franci, Josefa y Javiera, quienes, con su compañía y conocimiento, me han hecho aprender de la vida.

Le agradezco a Tania, quien fue mi profesora guía, por instruirme, ayudarme y tener la paciencia durante el desarrollo de mi trabajo de memoria. Agradezco a Iván Lizaga, quien amablemente se dio el tiempo de enseñarme por videollamada como funciona FingerPro.

Por supuesto que también agradezco a todo mi círculo de amistades, a quienes no nombro para no excluir a nadie y les menciono en general para incluirles en su totalidad. Les agradezco por su disposición a conocerme, por ser parte de mi vida, donde me han hecho vivir múltiples experiencias que me han construido como persona.

Les agradezco a todos quienes han sido parte de mi crecimiento y que han sido de una u otra forma una influencia en mi pensamiento, todos ustedes han formado al ente pensante que ha desarrollado este trabajo. Gracias por ayudarme a lograrlo.

Tabla de contenido

RESUMEN	I
Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
1. Introducción	1
1.1 Formulación del estudio	1
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Hipótesis de trabajo	4
1.4 Metodología	5
1.4.1 Trabajo en terreno.....	5
1.4.2 Trabajo en laboratorio.....	7
1.4.2.1 Geoquímica	8
1.4.2.2 Isótopos de Sr y Nd	8
1.4.3 Confección de la Base de Datos	9
1.4.4 Modelo de mezcla en R, FingerPro.....	10
2. Antecedentes generales de la cuenca	12
2.1 Geomorfología	12
2.2 Marco geológico	17
2.3 Uso de Suelo	23
2.4 Riesgo de erosión potencial	24
2.5 Hidrología y Clima	26
3. Resultados	28
3.1 Base de datos	28
3.2 Geoquímica y composición isotópica de Sr-Nd de las unidades geológicas en la subcuenca RMA 30	
3.2.1 Elementos mayores.....	30
3.2.2 Diagramas Ternarios.....	33
3.2.3 Geoquímica de REE.....	35
3.2.4 Isótopos de Sr & Nd	36
3.3 Análisis geoquímico e isotópico de sedimento fluvial	37
3.3.1 Diagramas Ternarios	37
3.3.1.1 Variaciones espaciales	37
3.3.1.2 Variaciones temporales.....	39
3.3.2 Geoquímica de REE.....	42
3.3.2.1 Variaciones espaciales	42
3.3.2.2 Variaciones temporales.....	43
3.3.3 Isótopos de Sr & Nd	45
3.3.3.1 Variaciones espaciales	45
3.3.3.2 Variaciones temporales.....	46
3.3.4 Modelo de mezcla.....	48

3.3.4.1	Variaciones espaciales	49
3.3.4.2	Variaciones temporales	55
4	<i>Discusión</i>	60
4.1	Composición geoquímica de las rocas de la cuenca del Maipo	60
4.2	Variaciones espaciales en la composición del sedimento analizado	61
4.3	Variaciones temporales en la composición del sedimento analizado	63
4.4	Aporte de los tributarios del río Maipo	65
5	<i>Conclusiones</i>	67
5.1	Recomendaciones	67
6	<i>Bibliografía</i>	68
<i>Anexos</i>		73
Anexo A		74
Anexo B		76
Anexo C		107
Anexo D		112

1. Introducción

1.1 Formulación del estudio

En la actualidad los efectos del cambio climático sobre el ciclo del agua y la actividad antrópica (uso de suelo e infraestructura) están generando alteraciones en las dinámicas superficiales de las distintas esferas (litósfera, atmósfera, criósfera, hidrósfera y biósfera) que componen la Tierra (Knight & Harrison, 2012). El papel que cumplen dichos eventos sobre la evolución del paisaje, es una gran interrogante en los estudios de procesos superficiales del planeta (Hodgson et al., 2018), y la comprensión de los mismos es aún deficiente, dado que existen pocos estudios y el monitoreo es escaso sobre estos cambios que se están presentando, dificultando así el modelamiento de los sistemas superficiales a escala de tiempo históricas ($<10^2$ años) (Knight & Harrison, 2012; Pelletier et al., 2015).

Algunos procesos superficiales de la Tierra se pueden resumir en lo que se conoce como “sistema de enrutamiento sedimentario” (*sediment routing system*), en el cual se hace un análisis integral del sistema de transferencia de sedimento, considerando procesos de erosión, transporte y acumulación del material en cuestión, al igual que rasgos geomorfológicos y su respuesta ante cambios ambientales (Allen, 2017) (*Figura 1*). En esta línea, es que alteraciones en los procesos de erosión y transporte de sedimento debido a cambios en los patrones de precipitación, temperatura e incluso uso de suelo, se ven reflejados en variaciones de la descarga y procedencia del sedimento transportado (Pelletier et al., 2015).

Es necesario entonces entender la base del funcionamiento del sistema de enrutamiento sedimentario, para así luego poder determinar la incidencia de agentes climáticos y antrópicos en tiempos geológicamente recientes.

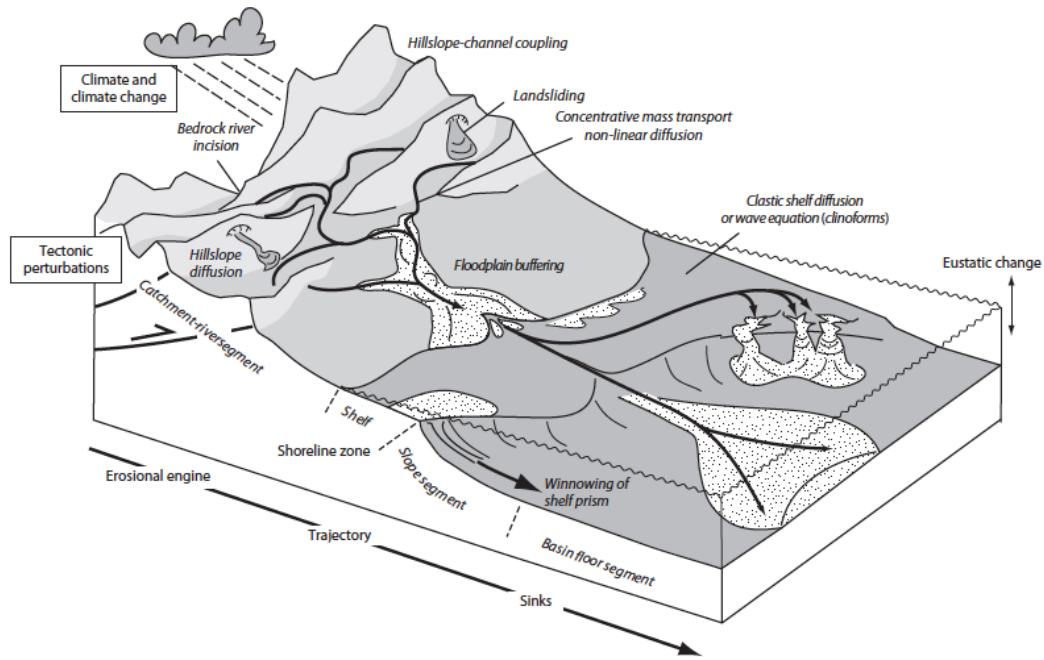


Figura 1. Esquema del sistema de enrutamiento sedimentario desde la fuente a la deposición. (Tomado de Allen, 2017)

Una forma para entender el funcionamiento de sistemas de enrutamiento sedimentario es el estudiar la proveniencia del sedimento que se transfiere a lo largo de la cuenca, para así evidenciar las posibles fuentes del sistema y evaluar su conectividad. El saber acerca de la proveniencia nos permite, por ejemplo, crear estrategias para mitigar impactos del sedimento, o de contaminantes asociados a ellos, en los ecosistemas acuáticos (Miller, 2014). De igual manera, estudios sobre la proveniencia del sedimento en las cuencas hidrográficas podrían contribuir al modelamiento predictivo de eventos de altos niveles de turbidez en los ríos, permitiendo así establecer medidas de mitigación y prevención en el abastecimiento humano de agua.

Al respecto, los estudios de proveniencia de sedimento fluvial en sistemas modernos suelen enfocarse en el análisis composicional de arena (Potter, 1978; Valloni and Maynard, 1981; Ingersoll, 1990; Garzanti et al., 2007; Garzanti et al., 2010), lo cual acarrea ciertas falencias al estimar las cantidades de producción de sedimento y tasas de erosión, ya que se hacen suposiciones de que la carga de fondo y el sedimento en suspensión tienen la misma proveniencia (e.g, Garzanti et al., 2007). Sin embargo, el sedimento en suspensión se mueve generalmente más rápido en comparación con la carga de fondo, además de corresponder, generalmente, al ~80-90% de la carga total de sedimento transportada en los ríos (Allen, 2017).

La proveniencia de sedimento ha sido también vista desde una perspectiva temporal, notando variaciones en las concentraciones de distintos minerales y elementos químicos a lo largo de una temporada de alto caudal, en el río Yukon, Estados Unidos, donde se ve

reflejado también la incidencia, en estas variaciones, de la fluctuación de la descarga desde los tributarios en la cuenca (Eberl, 2004).

En cuanto a Chile, existen estudios que indican que la zona central del país se ha visto afectada por el cambio climático, presentando disminución en las precipitaciones (Bosier et al., 2016), en la cobertura de nieve (Garreaud et al., 2017) y un retroceso progresivo de los glaciares en la última década, presentando altas pérdidas de masa y coincidiendo con la megasequía que se experimenta desde el año 2010 (Dussaillant et al., 2019). Por otra parte, los Andes en esta zona presenta las mayores tasas de erosión a escala decadal (Carretier et al., 2018), aunque al mismo tiempo, los caudales en las cuencas de la zona central han disminuido progresivamente en la última década (Garreaud et al., 2017), a causa de la disminución de masa glaciar (Dussaillant et al., 2019), como también por la baja entre el 25-45% en la cantidad de precipitaciones en la zona (Garreaud et al., 2020). Conjuntamente, estudios indican que las cuencas fluviales en esta región de Chile han sido alteradas en diferente grado por la actividad antrópica, por ejemplo, construyendo represas y extracciones de áridos, que afectan la conectividad fluvial natural (Grill et al., 2015; Grill et al., 2019).

Siguiendo esta línea, Ayala et al. (2020), realizan un estudio sobre la variación que ha tenido el aporte glaciar a la escorrentía en la cuenca del Maipo desde mitad del siglo XX, donde entre sus observaciones se tiene que en 1969 el aporte glaciar correspondía alrededor del 49% de la escorrentía de la cuenca, mientras que actualmente es tan solo el 17%. Por otra parte, Mardones y Garreaud (2020), hacen proyecciones a futuro sobre impactos hidrológicos en la zona central de Chile debido a cambios en la altura de la isoterma 0°C, concluyendo que, de aquí a finales de siglo, el aumento del área pluvial en la parte alta de la cuenca del Maipo aumentaría de 4 a 5 veces bajo un escenario climático RCP8.5, lo cual implica, que incluso con moderadas lluvias, el caudal de los ríos aumente hasta el punto de considerarse riesgoso, ya que propicia la ocurrencia de remociones en masa e inundaciones.

En este marco, el presente estudio pretende evaluar las dinámicas de transferencia de sedimento en la parte alta de la cuenca del río Maipo (*Figura 2*), para lo cual se analizaron muestras recogidas durante los meses de noviembre 2019 a febrero 2020, dado el régimen hidrológico nival de la subcuenca Río Maipo Alto (RMA). En este estudio de proveniencia se realizó análisis químicos (elementos mayores y traza) e isotópicos (Sr y Nd) del sedimento. Para los análisis, se considerará el sedimento de tamaño <125 μm , fracción que representa una parte fundamental en el transporte de sedimento fluvial (Garzanti et al., 2011) en suspensión (Visher, 1969), la cual se estima que su transporte y tamaño de grano es distinto a lo que se mueve por saltación y arrastre en el fondo del río.

Se tiene como propósito, analizar esta fracción de sedimento transportado por el río Maipo y sus principales tributarios, en la subcuenca Río Maipo Alto, en los distintos meses en temporada de mayor caudal (noviembre-febrero), y así evaluar variación espacial y temporal en la proveniencia de estos. Se pretende con los análisis establecer un indicador que permita estudiar adecuadamente la transferencia de señales sedimentarias en el sistema de enrutamiento sedimentario de la cuenca, como también para posibles estudios que

busquen evaluar patrones de erosión o conectividad en la transferencia de sedimento dentro de la cuenca. Se espera con esto, sentar una base para la reconstrucción de la dinámica sedimentaria moderna en la cuenca del Maipo, que se busca realizar en el proyecto PAI 77190019 “ Procesos de erosión y transporte en la Cordillera de los Andes en un contexto de cambio climático y acción antrópica”.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

(OG) Evaluar la proveniencia del sedimento de tamaño $<125 \mu\text{m}$ transportado en los principales ríos de la subcuenca Río Maipo Alto y su variabilidad temporal, a partir de sus características composicionales.

1.2.2 Objetivos Específicos

(OE1) Generar una base de datos de geoquímica, contemplando concentración de elementos mayores y traza, y de isótopos de Sr y Nd, de las rocas que afloran en la subcuenca Río Maipo Alto.

(OE2) Identificar la composición del sedimento de tamaño arena muy fina y menores, transportado en el río Maipo, segmento comprendido en la Subcuenca Río Maipo Alto, y en sus principales tributarios.

(OE3) Determinar un indicador de proveniencia mediante el análisis químico e isotópico del sedimento $<125 \mu\text{m}$ transportado por los principales ríos de la subcuenca Río Maipo Alto.

(OE4) Analizar variaciones espaciales y temporales (noviembre 2019 – febrero 2020) de la proveniencia del sedimento en la parte alta de la cuenca.

(OE5) Estimar el aporte de carga en suspensión desde las distintas unidades geológicas y desde los distintos tributarios del río Maipo, a través de un modelo de mezcla aplicado a las muestras en estudio.

1.3 Hipótesis de trabajo

Estudios previos han mostrado diferencias composicionales y temporales entre el sedimento transportado por el río principal y sus tributarios en una cuenca, indicando que la comprensión de estas variaciones es fundamental para un correcto análisis de

proveniencia. Por lo anterior, se espera que estudiando la composición geoquímica de elementos mayores y traza, como también la composición isotópica de Sr-Nd del sedimento fluvial <math><125 \mu\text{m}</math> transportado por el río Maipo y sus principales tributarios en su parte alta, en los distintos meses de una temporada de alto caudal, se logre entender las posibles variaciones en la proveniencia del sedimento transportado en suspensión en los ríos de la subcuenca Río Maipo Alto, y encontrar así un indicador de proveniencia que permita seguir la señal de sedimento a lo largo de la cuenca del Maipo.

1.4 Metodología

1.4.1 Trabajo en terreno

El trabajo de terreno contempló distintas campañas de muestreo a lo largo de la subcuenca Río Maipo Alto, Región Metropolitana, Chile (*Figura 2*), y en sus principales tributarios (río Volcán, río Yeso y río Colorado). Las campañas se realizaron entre los meses de noviembre 2019 y febrero 2020, temporada del año hidrológico en la cual se registran los mayores caudales y concentraciones de sedimento en la cuenca (Sección 2.5).

Los puntos de muestreo se definieron considerando la accesibilidad a la ribera del río, procurando sea accesible a pie, que el lugar se encuentre alejado de infraestructura (puente, bocatoma, etc) y que esta zona del río sea recta (*Figura 3A*).

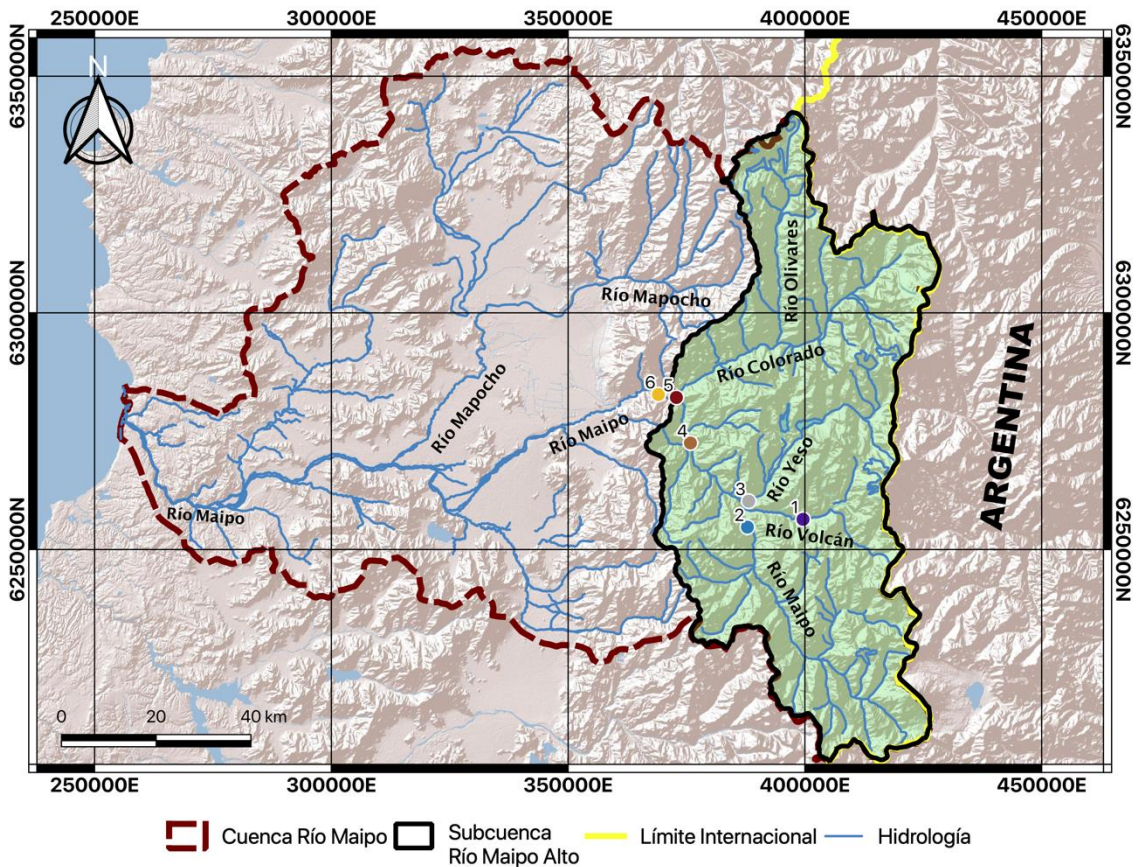


Figura 2. Mapa de los puntos de muestreo en la parte alta de la cuenca del Maipo (subcuenca Río Maipo Alto (RMA), área verde). Las estaciones de muestreo enumeradas corresponden a: (1) Río Volcán, (2) Río Maipo en Las Melosas (RMLM) (3) Río Yeso, (4) Río Maipo antes junta Río Colorado (MAJC), (5) Río Colorado y (6) Río Maipo bajo junta Río Colorado (MBJC).

La colección de muestras de sedimento se realiza en la orilla de los ríos, tomando sedimento desde el fondo con una pala y reservando alrededor de 100 gramos en bolsas plásticas (*Figura 3B*).



Figura 3. Fotos del lugar de muestreo (A) y forma de muestreo de sedimento (B) en el río Volcán. (Punto 1 en *Figura 2*).

1.4.2 Trabajo en laboratorio

En cuanto al trabajo de laboratorio, este consiste en la preparación de las muestras para posteriormente ser enviadas a distintos laboratorios en los que se realizarán los análisis específicos de geoquímica e isotopía.

La preparación comprende al secado de las muestras en el horno a 60° C por 48 hrs, para luego ser tamizadas con un set de tamices de 2 mm, 1 mm, 500 μm , 250 μm , 125 μm y 63 μm (*Figura 4A*). El tamizado se hace colocando el set de tamices en un “Ro-Tap” (*Figura 4B*) durante 6 min. Una vez separadas las fracciones, se pesa la cantidad de sedimento presente en cada tamiz.

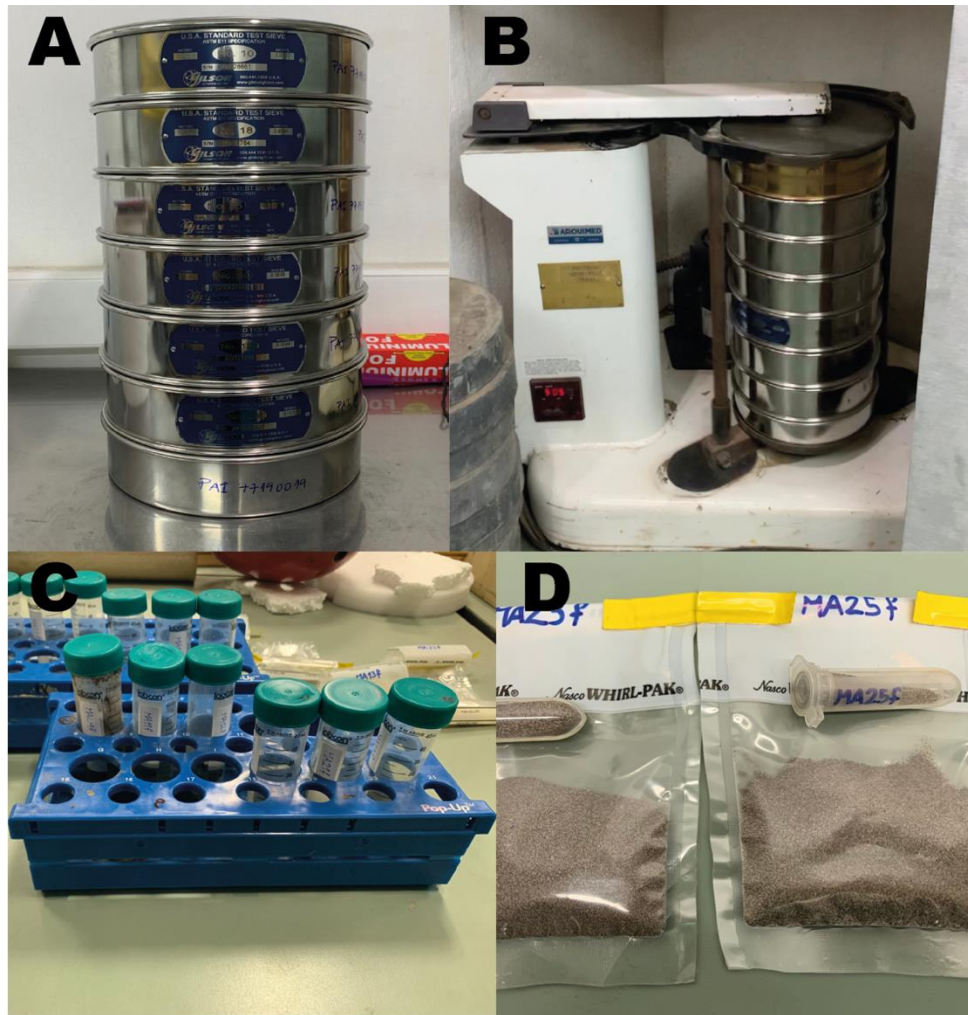


Figura 4. Fotos del set de tamices de 2 mm, 1 mm, 500 μm , 250 μm , 125 μm y 63 μm (A), “Ro-Tap” con set de tamices (B), tubos de muestras con agua destilada (C) y bolsa WHIRL-PAK y tubo Eppendorf con sedimento para enviar a análisis (D).

Posterior al tamizado y pesado, se toma el sedimento <125 μm , se homogeniza, y se procede a realizar la eliminación de la materia orgánica presente en las muestras (*Figura 4C*), procedimiento bajo al protocolo indicado en el Anexo A. Una vez eliminada la materia orgánica, se reservan alrededor de 0,5 g de muestra para los análisis de isotopía y 15 g para los de geoquímica (*Figura 4D*) para ser enviadas a los laboratorios correspondientes.

1.4.2.1 Geoquímica

Los estudios geoquímicos de elementos mayores y traza se hicieron mediante análisis ICP-ES y ICP-MS, en los laboratorios AcmeLabs, Canadá, para un set de muestras obtenidas en noviembre 2019 y enero 2020, y en *The Center for Elemental Mass Spectrometry, School of Earth, Ocean and Environment, University of South Carolina*, Estados Unidos de Norteamérica, para el otro set de muestras obtenidas en diciembre 2019 y febrero 2020.

Para los análisis de muestras realizados en *The Center for Elemental Mass Spectrometry, School of Earth, Ocean and Environment, University of South Carolina*, Estados Unidos, los fragmentos de las muestras se montaron en epoxi, se pulieron a 1 μm con polvo de Al_2O_3 y se caracterizaron y obtuvieron imágenes con un microscopio petrográfico de luz reflejada y un SEM *Tescan Vega3 SBU* de presión variable equipado con un sistema EDX para la determinación de composiciones. Los elementos principales (^{23}Na , ^{29}Si , ^{27}Al , ^{25}Mg , ^{44}Ca , ^{47}Ti , ^{53}Cr , ^{57}Fe , ^{55}Mn , ^{60}Ni) y trazas (^{88}Sr , ^{89}Y , ^{90}Zr , ^{137}Ba , ^{139}La , ^{140}Ce , ^{141}Pr , ^{146}Nd , ^{149}Sm , ^{157}Gd , ^{163}Dy , ^{167}Er , ^{173}Yb , ^{175}Lu , ^{178}Hf , ^{208}Pb , ^{232}Th , ^{238}U) se determinaron utilizando un sistema de ablación láser *Photon Machines UV-Eximer 193 nm* con una célula de muestra *Helix 2* en atmósfera de He, acoplada a un *Thermo Element 2 HR-ICP-MS*. Las concentraciones se determinaron mediante ablación puntual con un punto de 110 μm a 8 Hz con una fluencia de $\sim 11 \text{ J/cm}^2$ (Frisby et al., 2016).

1.4.2.2 Isotopos de Sr y Nd

Los estudios isotópicos de todas las muestras se realizaron en *The Center for Elemental Mass Spectrometry, School of Earth, Ocean and Environment, University of South Carolina*, Estados Unidos de Norteamérica, siguiendo técnicas estándar usadas en laboratorio (Frisby 2016a; Beguelin et al., 2017).

Las muestras fueron digeridas en una mezcla caliente 3:1 de $\text{HF}:\text{HNO}_3$ (destilada en teflón) durante varios días. Se aisló el Sr en resina *Eichrom Sr-spec* usando un medio nítrico. Para el Nd, este se purificó de las REE en microcolumnas con resina *LN-spec*. Las razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ se determinaron en un *Neptune MC-ICP-MS* usando un sistema de introducción APEX con un nebulizador autoaspirante de 100 μl de teflón (Saville). Las razones de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ medidas se corrigieron por fraccionamiento de masa usando $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$ y $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$, respectivamente. Por otra parte, la interferencia de criptón en ^{86}Sr se corrigió en línea usando $^{83}\text{Kr}/^{86}\text{Kr} = 0,66474$. La precisión

fue controlada cada tres muestras mediante mediciones en el estándar NISTSRM-987 (Ehrlich et al., 2001), dando un valor promedio de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,710323 \pm 0,000007$ (2 desviaciones estándar, $n = 7$) y la razón $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ medida de La Jolla en $0,511839 \pm 10$ (2σ , $n = 20$), típico de otros estudios en el laboratorio (Mazza et al., 2014; Whalen et al., 2015). En dos digestiones diferentes del “El estándar BCR-2 USGS” dio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,705012 \pm 0,000006$, y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,705004 \pm 0,000005$, en total acuerdo con los datos de la literatura (Weis et al., 2006; su valor recomendado para BCR-2 = $0,705013 \pm 0,00001$). El total de espacios en blanco del procedimiento de Sr fueron 35 pg. Las razones isotópicas se corrigen para el sesgo instrumental a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,710250$ para el NISTSRM-987 (Weis et al., 2005), y $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,511858$ para La Jolla (O’Nions et al., 1977).

Posteriormente para la confección de las gráficas de dispersión de puntos de razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs vs eNd , se define el valor eNd de la siguiente forma:

$$eNd = [(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{muestra}} / (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} - 1] \times 10^4$$

Donde $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}$ corresponde al valor del reservorio condrítico uniforme (0,512638) (Jacobsen y Wasserburg, 1980).

1.4.3 Confección de la Base de Datos

Se generó una base de datos de geoquímica de elementos mayores y traza e isótopos de Sr y Nd de las unidades geológicas que afloran en la cuenca, a partir de datos recopilados de estudios anteriores, más los que fueron proporcionados desde el Fondecyt 11190029 (Facultad de Agronomía, Universidad de Chile), los cuales se resumen en la *Tabla 1*. Los datos fueron compilados en un libro de Microsoft Excel, en la cual las 9 primeras columnas corresponden a : Ubicación, Este (UTM), Norte (UTM), Unidad, Miembro/Facies, Tipo de Roca, Clasificación; luego se ordenan en columnas los datos de isótopos, luego los datos de elementos mayores, continuando con los datos de elementos traza, y al final, en la penúltima columna se anotan los códigos de las muestras y en la última la referencia al estudio. Esto con el fin de identificar posibles patrones químicos e isotópicos en las subsubcuencas de los principales tributarios.

Tabla 1. Recopilación bibliográfica de datos de elementos mayores y traza, y de isótopos de Sr y Nd, utilizados para la confección de la base de datos. Unidades geológicas: Fm. Colimapu (FC), Fm. Río Colina (FRC), Fm. Río Damas (FRD), Fm. Lo Valdés (FLV), Fm. Abanico (FA), Fm. Farellones (FF), Intrusivos del Mioceno Medio-Superior (IMMS), Unidad Volcánica Antigua (UVA) y Unidad Volcánica Nueva (UVN).

Artículo	Datos	Unidad Geológica
Deckart et al. 2010	Elementos Mayores y Traza	IMMS
Futa & Stern 1988	Elementos Mayores y Traza Isótopos Sr y Nd	UVA
Hildreth&Moorbarth 1988	Isótopos Sr y Nd	UVA y UVN
Hollings et al. 2005	Elementos Mayores y Traza Isótopos Sr y Nd	FA y FF
Holm et al. 2014	Elementos Mayores y Traza Isótopos Sr y Nd	UVA
Kay et al. 2005	Elementos Mayores y Traza Isótopos Sr y Nd	FF
Lopez-Escobar et al. 1985	Elementos Mayores y Traza	UVN
Memoria de Título Daniela Jerez, 2007	Elementos Mayores y Traza Isótopos Sr y Nd	IMMS
Muñoz et al. 2006	Elementos Mayores y Traza Isótopos Sr y Nd	FA
Muñoz-Gómez et al. 2020	Elementos Mayores y Traza Isótopos Sr y Nd	UVA
Nyström et al. 2003	Elementos Mayores y Traza Isótopos Sr y Nd	FA y FF
Fondecyt 11190029 , 2021	Elementos Mayores y Traza Isótopos Sr y Nd	FC, FRC, FRD y FLV
Piquer et al. 2016	Elementos Mayores y Traza	FA y FF
Sruoga et al. 2012	Elementos Mayores y Traza	UVA
Stern et al. 1984	Elementos Mayores y Traza	UVA
Vergara et al. 2004	Elementos Mayores y Traza Isótopos Sr y Nd	FA
Wieser et al., 2019	Elementos Mayores y Traza Isótopos Sr y Nd	UVA

1.4.4 Modelo de mezcla en R, FingerPro

Para la ejecución del modelo de mezcla a las muestras colectadas en este estudio, se utiliza el paquete de R FingerPro (Lizaga et al., 2020). Se escoge a FingerPro ya que en este paquete se agregan nuevos métodos para identificar trazadores con comportamientos no conservativos y disidentes, lo cual se daba en modelos anteriores y que provoca que reflejen resultados que no se ajustan del todo bien.

Es así que mediante la prueba de distintas bases de datos, se llegó a utilizar una base de datos que contiene los datos de concentración de elementos menores de las rocas presentes en la subcuenca Río Maipo Alto. Esta base de datos, se procesa en primer lugar con análisis de discriminante lineal (LDA, por su sigla en inglés), con el cual se identifica que unidades geológicas reunir en grupos para así establecer 3 posibles fuentes y lograr que el modelo se sostenga matemáticamente. Una vez hecho eso, se realiza a continuación un modelo de único trazador (*single-tracer model*), de donde se obtiene un índice de conservatividad (conservativeness index, CI), el cual indica que tan bien cae dentro del modelo cierto trazador. No obstante, Lizaga et al. 2020, encuentran que hay

trazadores que si bien pueden ser conservativos, entregan información errónea al ser considerados como trazador en el modelo de mezcla, por lo cual proponen el nuevo modelo del ranking de consenso (Consensus ranking, CR), en donde se toman los trazadores con los mejores CI, y se someten a un modelo de consenso, de donde se desprenden distintos pares de trazadores ordenados de mayor a menor CR, donde el par con mejor ranking correspondería a los trazadores mas indicados para utilizar y calcular la contribución de las distintas fuentes.

Por último, una vez seleccionado el par de trazadores a utilizar, se ejecuta el modelo de mezcla, el cual se considera como resultado satisfactorio si la bondad de ajuste (GOF, de su sigla en inglés) es alta (cerca a 1), obteniendo de este modo los gráficos relacionado a los aportes de las fuentes consideradas.

Para mas detalle de los cálculos matemáticos y análisis estadísticos se recomienda ver Lizaga et al., 2020, y Latorre et al., 2021.

2. Antecedentes generales de la cuenca

2.1 Geomorfología

La cuenca del río Maipo tiene una extensión de 15273,18 km², la cual se divide a su vez en 5 sub-cuencas (*Figura 5*):

- Río Maipo Alto: 4858,4 km² de área.
- Río Mapocho Alto: 1022,4 km² de área.
- Río Maipo Medio: 2573,9 km² de área.
- Mapocho Bajo: 3455,45 km² de área.
- Río Maipo Bajo: 3363,03 km² de área.

El río Maipo tiene su nacimiento en el volcán Maipo extendiéndose hasta San Antonio en su desembocadura. En su trayecto los principales cauces que se le tributan son los ríos Volcán, Yeso, Colorado y Mapocho.

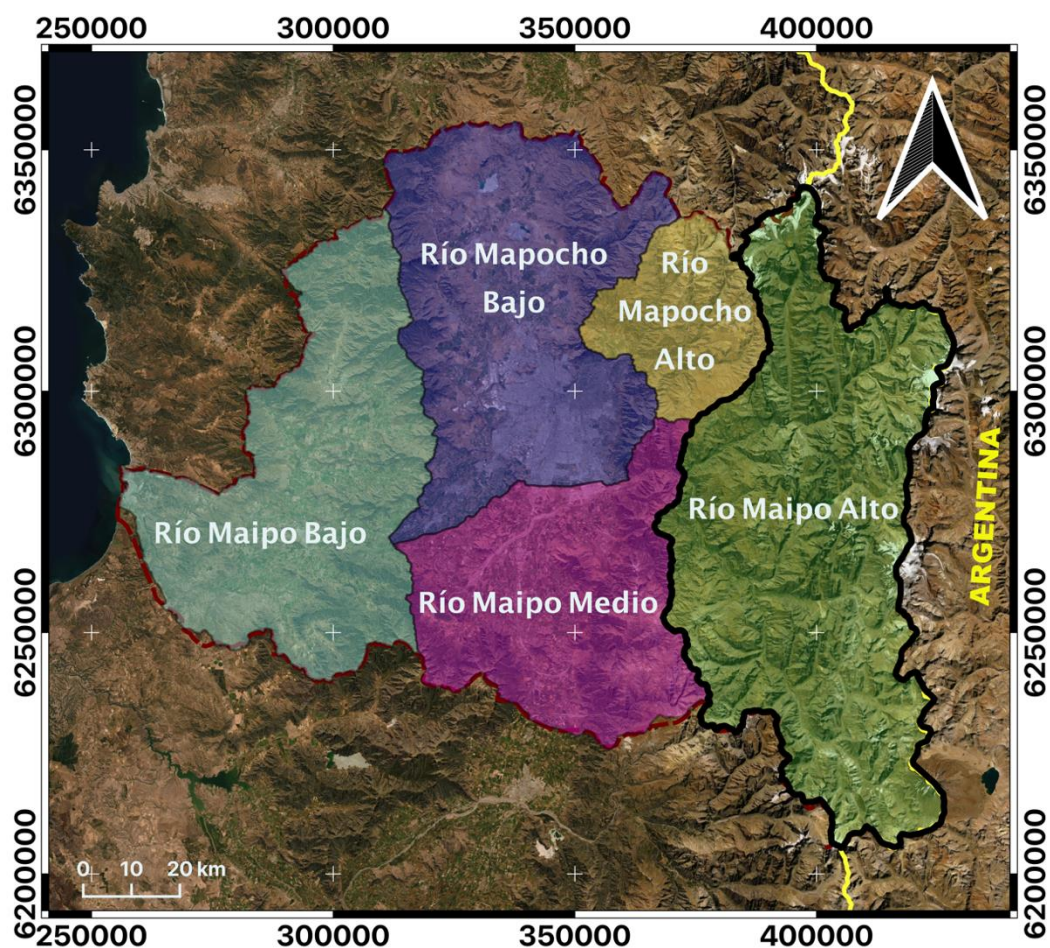


Figura 5. Subcuencas que componen la cuenca del río Maipo. Subcuencas: Verde: Río Maipo Alto, Rosado: Río Maipo Medio, Amarillo: Río Mapocho Alto, Violeta: Río Mapocho Bajo, Verde claro: Río Maipo Bajo. Con línea negra se delimita la subcuenca en estudio.

La subcuenca Río Maipo Alto (RMA) es la de mayor extensión, corresponde a la parte andina de la cuenca del río Maipo, se compone a su vez de 8 subsubcuencas (*Figura 6*) y es la zona en que se enfoca este estudio.

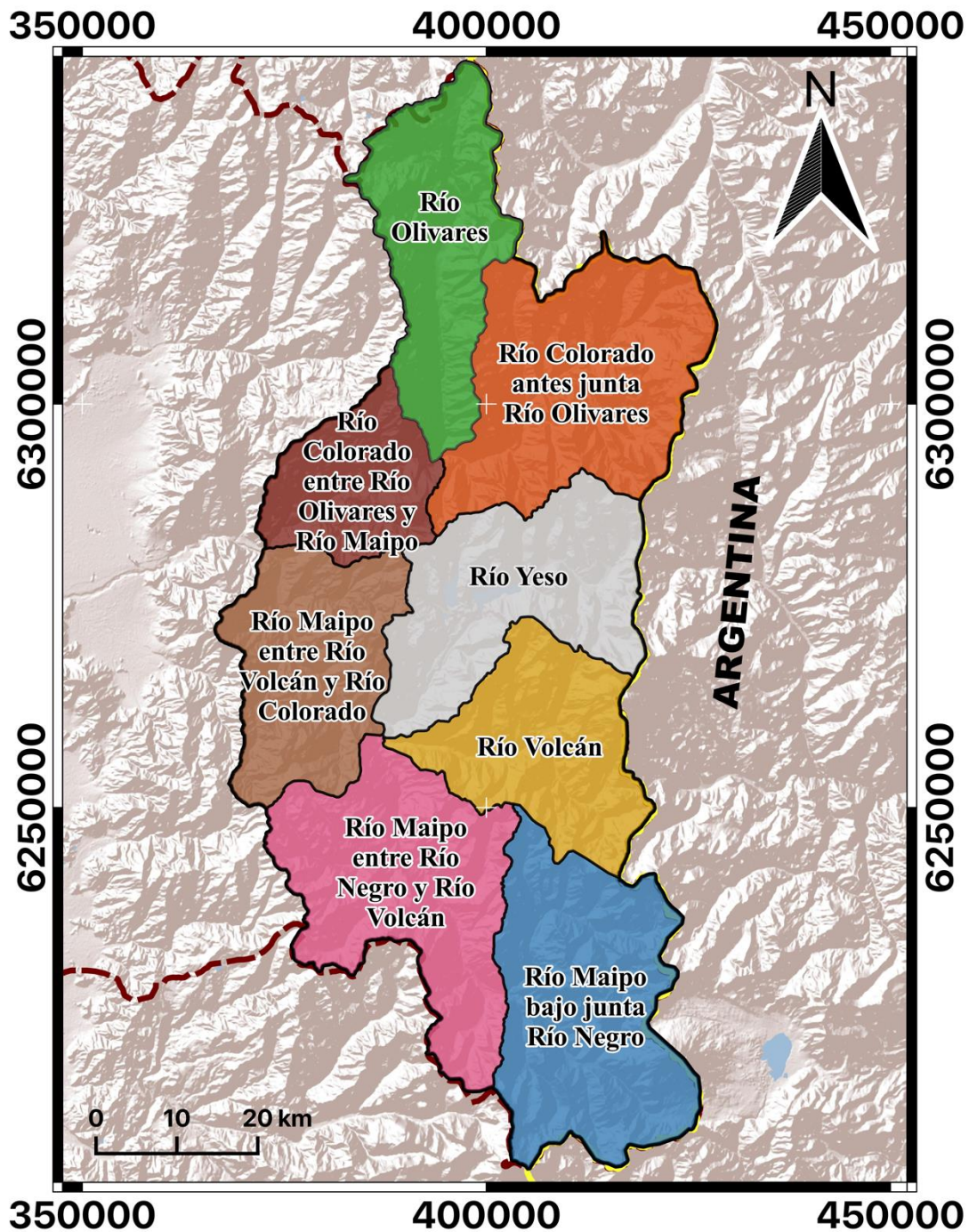


Figura 6. Subsubcuencas que componen la subcuenca Río Maipo Alto. Verde: Río Olivares, Naranja: Río Colorado antes junta Río Olivares, Rojo: Río Colorado entre Río Olivares y Río Maipo, Blanco: Río Yeso, Café: Río Maipo entre Río Volcán y Río Colorado, Amarillo: Río Volcán, Rosado: Río Maipo entre Río Negro y Río Volcán, Azul: Río Maipo bajo junta Río Negro.

En la zona andina de la cuenca se encuentran altas cumbres que alimentan la hoya superior del río Maipo, con alturas que van de los 2000 a los 6000 m.s.n.m. La zona de piedemonte y planicie se caracterizan por los procesos de relleno de los ríos Maipo, Mapocho y Angostura (en su curso inferior) originados por procesos de glaciación y volcanismo de zonas cordilleranas. La actividad volcánica ha producido relleno de cenizas y piedra pómez; mezcladas con materiales como arcillas,

arenas y bloques de depósitos más antiguos. Los fenómenos de relleno hacen que la cuenca presente distintas alturas, siendo los puntos más altos Apoquindo y Puente Alto (700 m) en la zona del valle central. Desde esos puntos el terreno se deprime en todas direcciones hasta alcanzar su altura mínima en el extremo sur, en la localidad de Hospital con 348 m y en Talagante con 343 m. (Figura 7)

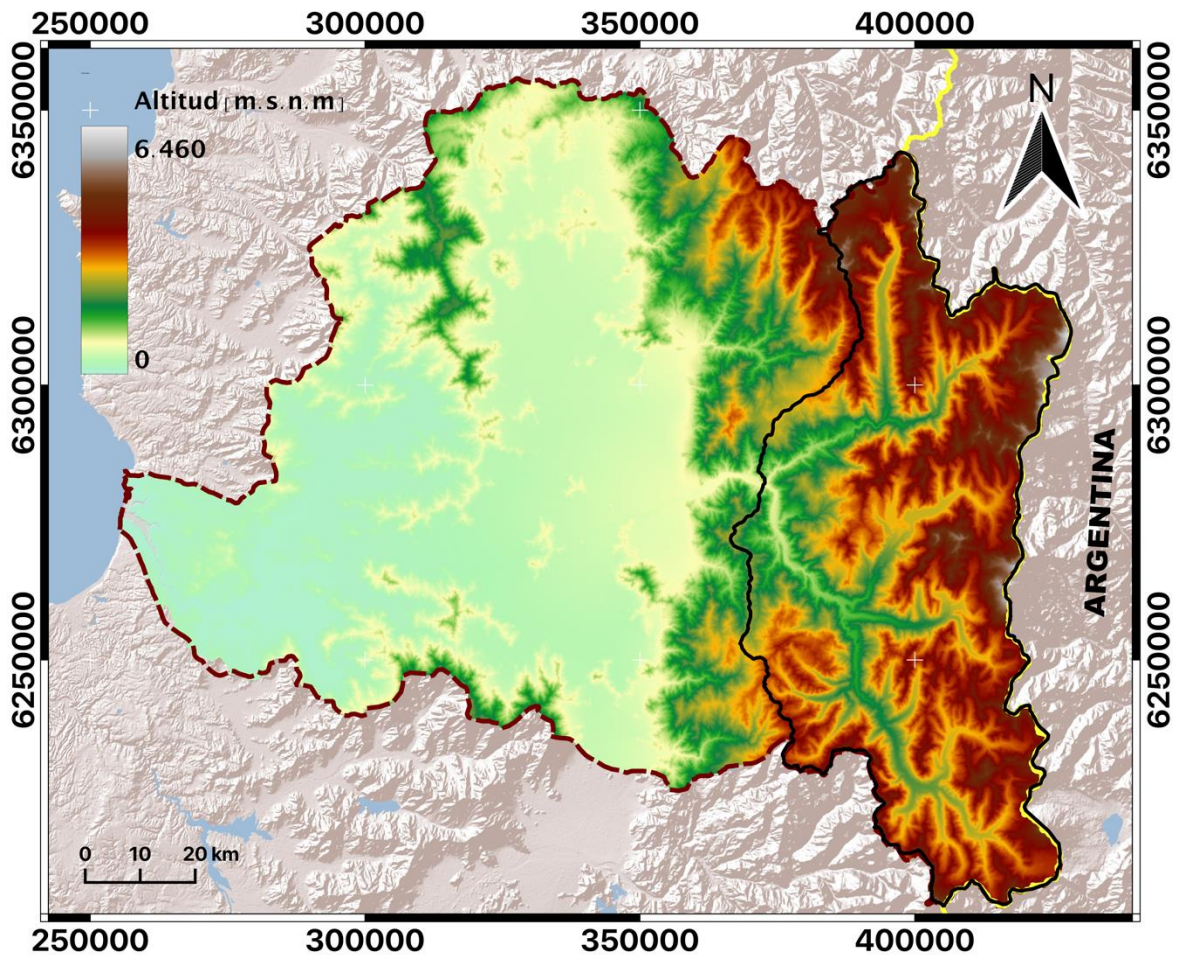


Figura 7. Modelo de elevación digital de la cuenca del Maipo.

Lo que corresponde a la subcuenca Río Maipo Alto, se tiene que sus valles presentan laderas escarpadas y con pendientes abruptas en las partes más altas de las montañas. (Figura 8)

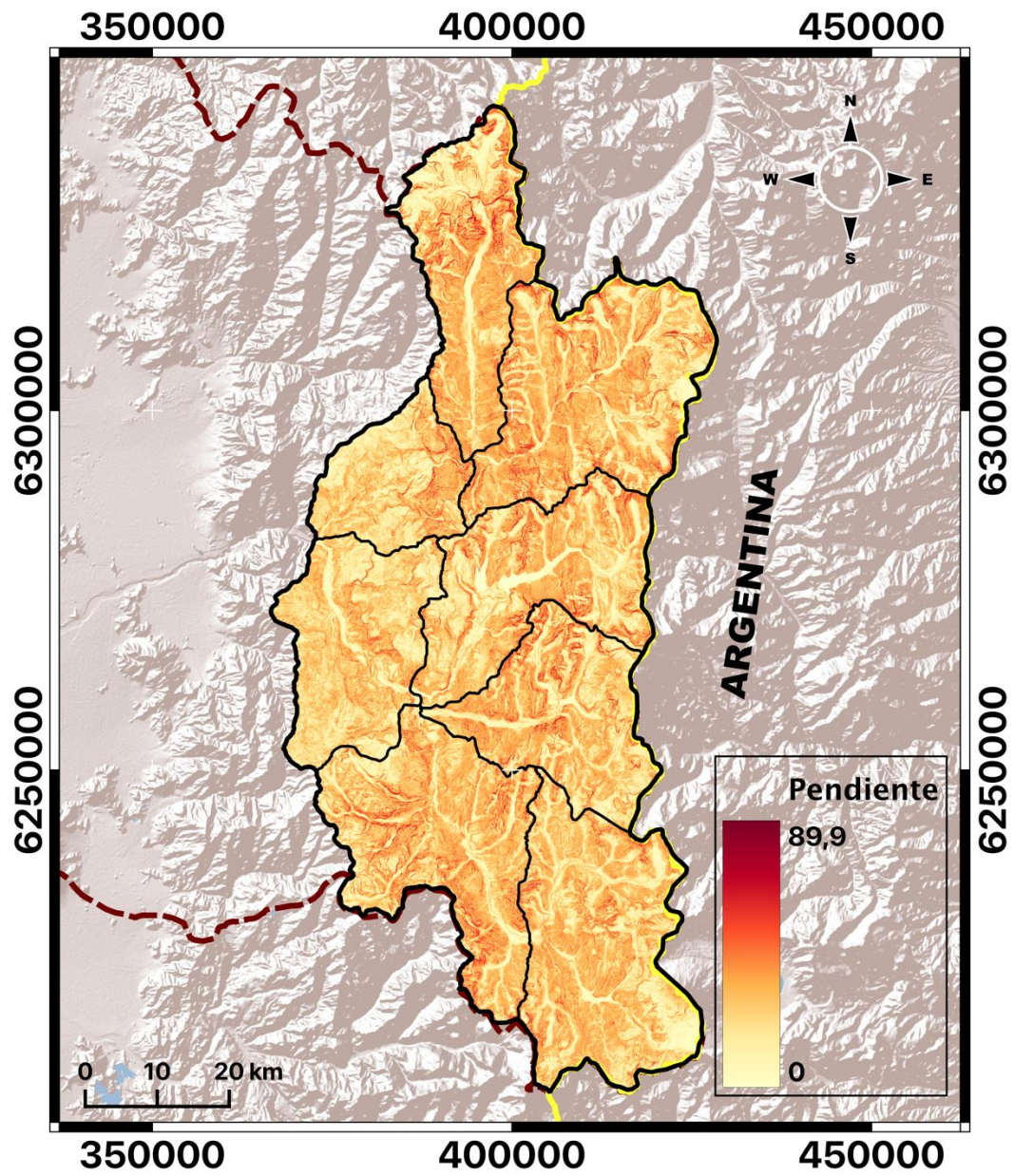


Figura 8. Mapa de pendientes en la subcuenca Río Maipo Alto.

2.2 Marco geológico

Se muestra un resumen del marco geológico simplificado de la subcuenca Río Maipo Alto, indicando las principales características litológicas de las unidades geológicas que se encuentran en esta (*Figura 9*), extraídas de la Carta Geológica de Chile n°39, Hoja de Santiago (Thiele, 1980) y de la tesis *Cronología y tectónica de la exhumación en el Neógeno de los Andes de Chile central entre los 33° y los 34° S* (Fock, 2005).

En lo que corresponde al sector oriental de la cuenca del Maipo, en su parte cordillerana, se constituye principalmente de rocas estratificadas volcánicas y sedimentarias (continentales y marinas) atravesadas, y con relativa regularidad, por filones, lacolitos, filones-mantos, chimeneas volcánicas, stocks y batolitos. En cuanto al esquema estructural de este sector, es relativamente complejo, donde los diferentes elementos estructurales configuran una tectónica de fuerte plegamiento y sobreescurrecimientos principales, dirigidos hacia el este.

En cuanto a las características litológicas, las unidades presentes en la subcuenca Río Maipo Alto son (*Figura 9*):

- Formación Río Colina (González, 1963): Conjunto de rocas sedimentarias marinas, fosilíferas (lutitas calcáreas gris oscuro, lutitas fisibles de estratificación fina, areniscas y conglomerados finos), que presentan potentes intercalaciones de lentes evaporíticos (evaporitas de yeso, como lentes interestratificados en el curso superior del río Yeso, como también en domos diapíricos que intruyen), al igual que algunas intercalaciones de rocas andesíticas. Espesor estimado visible no superior a los 800 m. Esta unidad se presenta en el extremo este de la cuenca del río Maipo, cercana a la frontera con Argentina, y son los nacimientos de los ríos Maipo, Volcán y Yeso los que están en conexión con ella. La edad de esta formación en los niveles superiores se establece oxfordiana, mientras que para sus niveles intermedio e inferiores, se sugiere una edad caloviana.
- Formación Río Damas (Klohn, 1960): Correspondiente a un complejo de sedimentos clásticos, finos y gruesos (sucesión de conglomerados y brechas conglomerádicas, gruesas a medianas de tonos rojos y verdes, intercaladas por potentes capas de areniscas y limolitas, púrpura claro a café), con presencia de sedimentos químicos en menor medida; igualmente múltiples rocas andesíticas intercalan la secuencia. Esta formación tiene una potencia aproximada de 3.000 m en la cuenca del río Maipo y se encuentra en la zona oriental de esta, cercana al límite fronterizo con Argentina. Son en tanto las cabeceras de los ríos Maipo, Volcán, Yeso y Colorado, las que cruzan a esta. Se le asigna una edad kimmeridgiana a esta unidad.
- Formación Lo Valdés (González, 1963): Caracterizada como un conjunto sedimentario fosilífero, compuesto de 3 miembros, donde el intermedio es de sedimentos clásticos. La secuencia se compone de: calizas (estratos compactos de fractura concoidal, color gris

azulado y algunas negruzcas), calcilitas (laminadas finamente de colores negruzcos), lutitas, areniscas calcáreas (las dos anteriores, de colores gris claro a púrpura, predominando en la parte intermedia de la formación), conglomerados y brechas. En la parte superior, se presentan pequeñas capas lenticulares de yeso interestratificadas. La potencia de la unidad se estima en 1.350 m aproximadamente. Esta formación tiene una disposición N-S a lo largo del lado oriental de la cuenca del Maipo, comenzando al sur del río Maipo y pasando al norte del río Colorado. Es cruzada por la parte superior de los ríos Colorado, Yeso, Volcán y Maipo. La edad se asigna al Titoniano medio a inferior, hasta el Hauteriviano.

- Formación Colimapu (Klohn, 1960): Unidad definida como un conjunto sedimentario terrestre. Su litología se compone de una secuencia de areniscas y lutitas rojas, conglomerados de matriz arenosa gris rojiza, lutitas rojas con niveles de rocas piroclásticas, y algunas lavas andesíticas y calizas, en capas discontinuas lateralmente. Se presume que el conjunto fue depositado en un ambiente altamente oxidante. La potencia se ha estimado en 2.000 m aproximadamente. La formación tiene una orientación N-S, ubicada en la parte alta de la cuenca del Maipo, a unos ~15 km de la frontera con Argentina. La unidad es atravesada por los ríos Maipo, Volcán, Yeso (antes del embalse) y Colorado. En cuanto a su edad, se le estima una mínima en el Albiano y una máxima en el Hauteriviano.

- Formación Abanico (Aguirre, 1960): Reconocida como una serie de rocas volcánicas y sedimentarias clásticas (areniscas de grano medio a fino, lutitas y limolitas finamente estratificadas, estas son escasas y principalmente se encuentran en la parte superior de la formación, con restos carbonosos y flora fósil) terrígenas de colores gris pardo y púrpura rojo-grisáceo. La litología se trata de una secuencia de tobas y brechas volcánicas, de colores violetas principalmente, púrpura y gris, intercaladas por lavas y rocas sedimentarias clásticas. En la zona inferior de la formación, predominan las brechas (contiene clastos de andesitas porfíricas y afaníticas de colores gris, verde y morado, en una matriz lítica arenosa de grano medio) y tobas gruesas sobre las lavas (andesitas y riolitas) y rocas volcanoclásticas. En algunos sectores se presenta gran alteración de las rocas (zeolitización y cloritización). El espesor de la formación se estima en 3.000 m aproximadamente, con gran cantidad de intrusiones de filones-mantos y lacolitos andesíticos. La unidad atraviesa la cuenca del Maipo de norte a sur y es cruzada por el río Maipo y todos sus tributarios, incluido el río Mapocho. En cuanto a su edad, se trataría de un evento de larga duración, extendiéndose entre el Eoceno Superior al Mioceno.

- Formación Farellones (Klohn, 1960): Se trata de una unidad de gran potencia, compuesta por rocas sedimentarias clásticas terrígenas (conglomerados, areniscas y lutitas finamente estratificadas), lavas andesíticas, riolíticas y basálticas, y rocas piroclásticas alternadas con sedimentos derivados de la descomposición de estas mismas rocas efusivas. La serie se compone de lavas, tobas (de lapilli, gris claro, con clastos de andesitas y obsidias) e ignimbritas con intercalaciones de brechas, siendo las lavas quienes predominan; a esta secuencia se le alternan rocas volcanoclásticas más finas. La potencia de la formación se ha estimado en 2.500 m, pero el que estaría modificado por numerosos mantos intrusivos y lacolitos que la intercalan (Thiele, 1980). Se extiende como una franja de orientación N-S que atraviesa toda la cuenca del Maipo, y es cruzada por los ríos Maipo y Colorado en el

cajón del Maipo, y por el río Mapocho justo antes de comenzar a entrar a la ciudad de Santiago. La edad de la unidad se asigna al Mioceno.

- Unidad Volcánica Antigua (Thiele y Katsui, 1969): Correspondiente a los esqueletos de volcanes extintos, formados principalmente de coladas andesíticas y traquiandesíticas, rojizas y amarillentas. Destacan aquí el volcán Tupungato, Cerro Marmolejo y el cordón del Cerro Castillo (Thiele, 1980). Se le asigna a la unidad una edad pleistocena.
- Unidad Volcánica Nueva (Thiele y Katsui, 1969): En esta unidad se agrupan los volcanes que muestran manifestaciones históricas de actividad, como lo son el volcán Tupungatito y el volcán San José. Se conforma por coladas andesíticas frescas, con intercalaciones de mantos de brechas y piroclásticos menores (bombas, lapilli y cenizas), predominantemente oscuras. Estas se superponen a la Unidad Volcánica Antigua (Thiele y Katsui, 1969). Los volcanes Tupungatito y San José se edifican sobre el volcán Tupungato y cerro Marmolejo, respectivamente. A grandes términos se le asigna una edad holocena (Thiele, 1980).
- Ignimbrita de Pudahuel (Wall, Gana & Gutiérrez, 1996): Se trata de un depósito piroclástico de ceniza y lapilli pumíceo, de composición riolítica, de amplia distribución en la Depresión Central, con una potencia máxima observada de 5 m al sur de Melipilla. Esta unidad cubre depósitos aluviales y está disectada por los cursos fluviales, en especial, de los esteros Puangue y Popeta, y del río Maipo, estando cubierta por sus depósitos y por conos coluviales. Es de color blanco amarillento a pardo claro y rosado, medianamente a bien consolidada. Está constituida por una matriz de ceniza, que comprende vidrio, cristales y pómez. Localmente, se aprecian estructuras traccionales con lentes y niveles con acumulaciones de líticos y pómez. Esta ignimbrita incluye líticos accidentales, principalmente de rocas volcánicas con retrabajo fluvial e intrusivas de origen local. La edad se estima en 450.000 ± 60.000 a A.P.

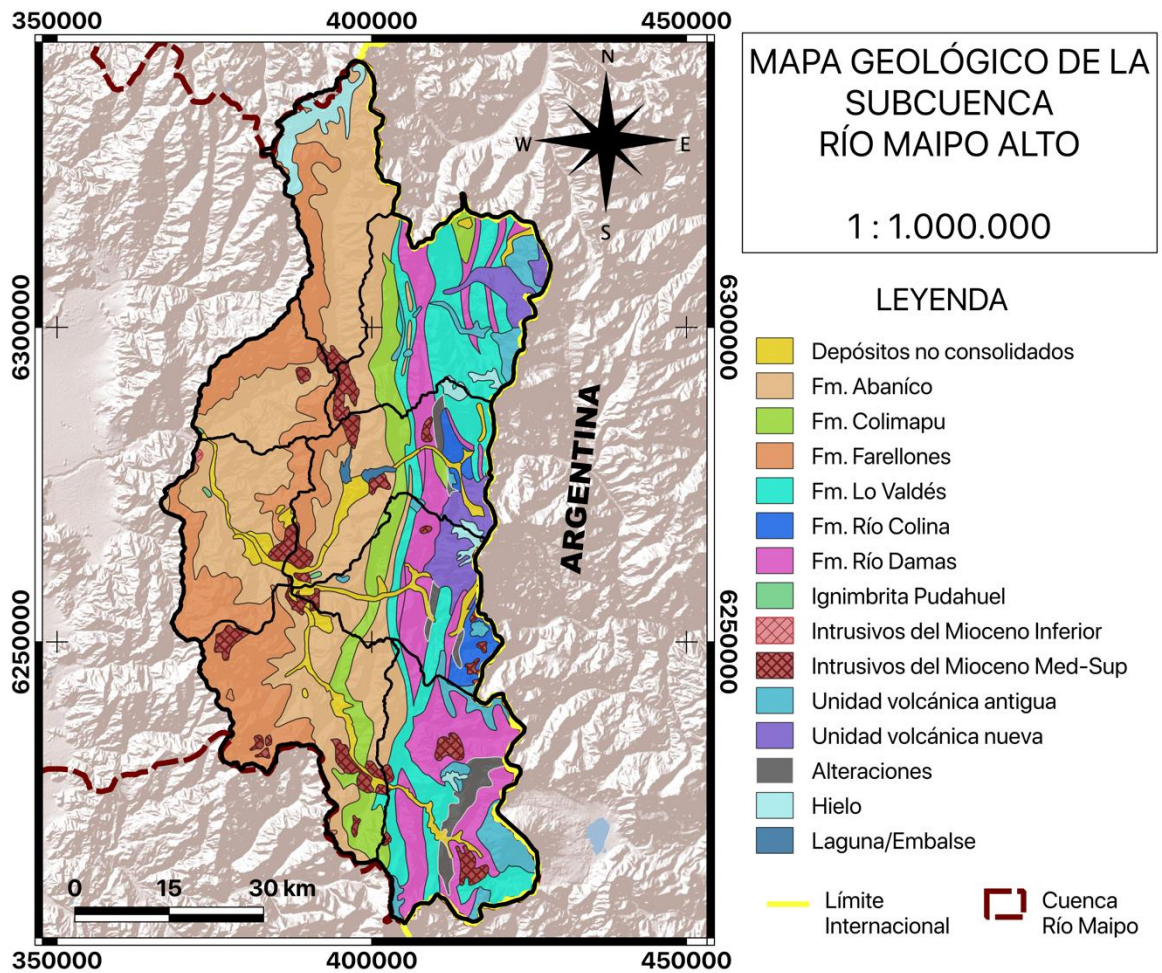


Figura 9. Mapa geológico de la subcuenca Río Maipo Alto. Se marcan en línea negra continua las subsubcuencas de la subcuenca Río Maipo Alto indicadas en la Figura 6.

- Depósitos no Consolidados:
 - Depósitos aluviales: Se componen de bloques, gravas, arenas, limos y arcillas. La petrografía de los materiales clásticos se relaciona con las distintas unidades litológicas nombradas con anterioridad. Corresponden al principal material de relleno de la Depresión Central y de todos valles interiores del área de estudio. Sobresalen los depósitos que forman los importantes niveles de terrazas en el valle del río Maipo. En términos generales, se sostiene una cota promedio de 1.500 m.s.n.m, los depósitos fluviales gradan a glaciofluviales (Thiele, 1980).
 - Depósitos lacustres: Depósitos de limos y arcillas, finamente laminados, concentrados en lagos formados detrás de algunas morrenas frontales o de depósitos producidos por desmoronamientos en los valles de los ríos Colina, Colorado, Maipo y Yeso (Thiele, 1980).

- Depósitos gravitacionales: Estos depósitos se identifican en prácticamente en toda el área de estudio. Los más importantes son producto de la reptación del suelo y talud, que producen acumulaciones detríticas importantes en la base de las pendientes. Los depósitos producidos por talud son más importantes aún, en la medida que se asciende en cota hacia el interior de los valles. Los materiales de los depósitos más recientes, están completamente sueltos, muchos estabilizados, pero otros en niveles de inestabilidad tales, que es fácil el permanente movimiento de volúmenes importantes de detritos. (Thiele, 1980).
- Depósitos coluviales: Sedimentos no consolidados, ubicados en las cabeceras de las quebradas; comprenden principalmente depósitos gravitacionales correspondientes a flujos en masa, matriz-soportados, de muy mala selección granulométrica, que pueden incluir desde bloques hasta arcillas, interdigitados con lentes de arenas y gravas generados por pequeños cursos de agua, permanentes o esporádicos.
- Depósitos glaciales: En prácticamente todas las cabeceras de los esteros, aproximadamente sobre la cota 2.500 m.s.n.m, están rellenos por depósitos glaciales. Estos depósitos son, principalmente, morrenas marginales y acumulaciones de los detritos proveniente de los glaciares de roca, se encuentran ubicados en circos o nichos en las altas cumbres. Morrenas terminales y de retroceso se acumularon esencialmente en los valles de los ríos Colorado, Yeso, Volcán, y esteros afluentes. Especialmente, notorias por su ubicación, son las morrenas de Laguna Negra, que embalsa la laguna homónima; la de la quebrada del Morado y del río Volcán. Se relaciona a estos depósitos con las últimas pulsaciones climáticas de la última glaciación (entre 12.000 a 15.000 años atrás). (Thiele, 1980).
- Rocas Intrusivas
 - Intrusivos del Mioceno Inferior: La litología principal se trata de granodioritas, las cuales intruyen a la Formación Abanico. Estos son plutones tienen edades entre los 20-18 Ma. Destacando el Plutón La Obra (río Maipo frente a la Depresión Central); Plutón San Francisco (parte superior del río San Francisco); y el Plutón del Salto del Soldado (Thiele 1980; Kurtz et al., 1997).
 - Intrusivos del Mioceno Medio-Superior: El rango de edad de estos intrusivos está entre los 13 y 8 Ma, ubicándose más al este de la franja de Intrusivos del Mioceno Inferior. En este grupo se encuentran el Plutón San Gabriel (unión ríos Volcán, Yeso y Maipo) y Plutón La Gloria (río Colorado). En las litologías de esta unidad se encuentran granodiorita, monzogranito y monzonita cuarcífera (Thiele, 1908; Kurtz et al., 1997).

En base al mapa geológico de Chile escala 1:1.000.000 del SERNAGEOMIN, se calcula el porcentaje del área que cubre cada unidad geológica en cada subsubcuenca que componen la subcuenca Río Maipo Alto, tal como se muestra en la *Tabla 2*.

Tabla 2. Porcentaje de ocupación de cada unidad geológica en cada subsubcuenca que componen la subcuenca Río Maipo Alto. En azul se indican las unidades con mayor presencia en cada subsubcuenca.

Unidad	SubsubCuenca	Río Olivares	Río Colorado antes junta Río Olivares	Río Colorado entre Río Olivares y Río Maipo	Río Yeso	Río Maipo entre Río Volcán y Río Colorado	Río Volcán	Río Maipo entre Río Negro y Río Volcán	Río Maipo bajo junta Río Negro
Alteraciones	Porcentaje de ocupación	-	-	-	2,13	-	2,79	-	7,24
Depósitos no consolidados		-	1,26	0,31	9,22	7,8	7,71	6,04	2,54
Fm. Abanico		63,01	14	48	29,31	50,99	16,53	38,32	5,57
Fm. Colimapu		-	11,43	-	7,59	-	11,01	14,19	0,98
Fm. Farellones		21,12	0,84	48,88	8,93	37,5	-	32,81	-
Fm. Lo Valdés		-	34,81	-	11,93	-	12,33	0,87	24,04
Fm. Río Colina		-	-	-	4,21	-	8,4	-	0,06
Fm. Río Damas		-	15,84	-	9,48	-	20,21	-	39,29
Hielo		14,37	1,23	-	2,08	-	2,35	-	0,75
Ignimbrita Pudahuel		-	-	0,28	0,2	0,23	-	-	-
Intrusivos del Mioceno Inferior		-	-	-	-	0,5	-	-	-
Intrusivos del Mioceno Med-Sup		1,5	2,92	2,51	5,72	2,99	2,89	7,78	4,95
Laguna		-	-	-	1,92	-	-	-	-
Unidad volcánica antigua		-	9,3	-	0,54	-	3,42	-	14,57
Unidad volcánica nueva		-	8,41	-	6,73	-	12,35	-	-

2.3 Uso de Suelo

En cuanto al uso de suelo en la subcuenca Río Maipo Alto, se identifican 8 usos distintos según datos indicados por la Conaf, *Catastros de Uso de Suelo y Vegetación*, Región Metropolitana 2013, 1:30.000 (*Figura 10*), siendo estos usos: áreas desprovistas de vegetación; áreas urbanas e industriales; bosque; cuerpos de agua; humedales; nieves eternas y glaciares; praderas y matorrales y terrenos agrícolas. Se resume en una tabla la proporción presente de cada uso en cada subsubcuenca que compone la subcuenca Río Maipo Alto (*Tabla 3*).

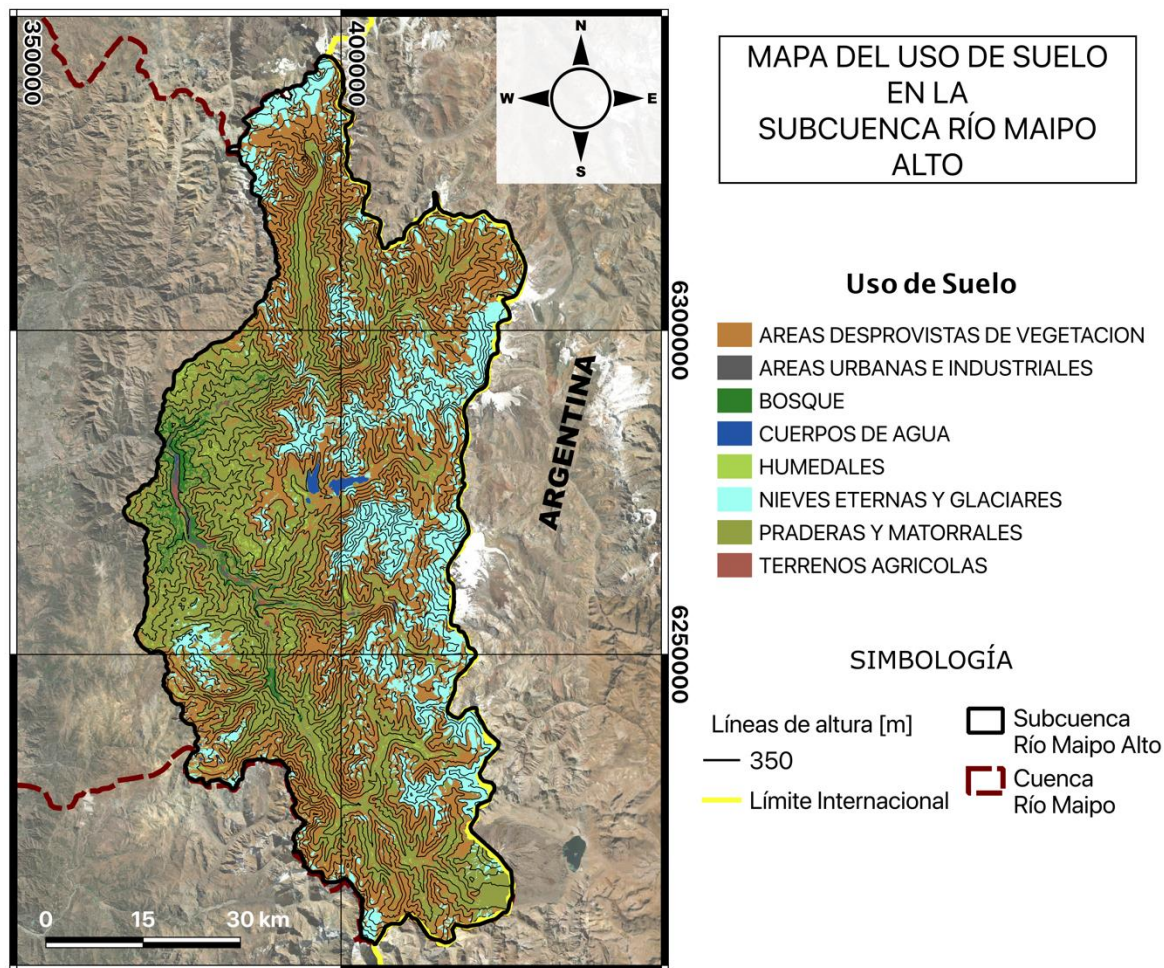


Figura 10. Mapa de uso de suelo en la subcuenca Río Maipo Alto, se muestran curvas de nivel cada 350 m. (Modificado de Catastros de uso de suelo y vegetación, Región Metropolitana, 2013, escala 1:30.000, CONAF)

Tabla 3. Porcentaje presente de cada uso de suelo en cada subsubcuenca que componen la subcuenca Río Maipo Alto. En azul se destaca el mayor porcentaje presente en las subsubcuencas.

Uso	Áreas desprovistas de vegetación	Áreas urbanas e industriales	Bosque	Cuerpos de agua	Humedales	Nieves eternas y glaciares	Praderas y Matorrales	Terrenos agrícolas
Subsubcuenca	Proporción en la cuenca							
Río Olivares	61,01	0	0,01	0,07	0,26	19,36	19,29	0
Río Colorado antes junta Río Olivares	56,68	0	0,01	0,1	0,52	27,84	14,86	0
Río Colorado entre Río Olivares y Río Maipo	22,44	0,28	7,78	0,23	3,19	3,68	62,07	0,33
Río Yeso	46,93	0,02	0,41	2,44	1,89	27,47	20,83	0,02
Río Maipo entre Río Volcán y Río Colorado	11,85	1,63	11,25	0,35	3,92	2,12	67,88	1
Río Volcán	41,81	0,4	0,48	0,14	0,66	42,51	13,7	0,29
Río Maipo entre Río Negro y Río Volcán	50,22	0,02	1,29	0,33	2,31	8,92	36,81	0,1
Río Maipo bajo junta Río Negro	43,35	0	0	0,001	1,26	21,9	33,49	0

2.4 Riesgo de erosión potencial

En lo que respecta a la erosión, según lo que plantea Ritter (2012), este es un proceso natural que ocurre en el planeta, afectando a todo tipo de superficie. La erosión del suelo se refiere al desgaste del terreno accionada por fuerzas físicas naturales movidas por el agua y el viento o bien por acción antrópica con la agricultura. La erosión como tal, incluye 3 acciones distintas, como lo son el desprendimiento de sedimento, su movimiento y su deposición. Efectos de la erosión del suelo, son la disminución en la productividad de las tierras de cultivos y el aporte de sedimento a cursos de agua, humedales y lagos.

La erosión del suelo puede ser un proceso lento que pasa casi desapercibido o bien puede ser alarmantemente rápido, causando pérdidas de superficie importantes. La tasa y magnitud de la erosión del suelo causada por el agua, que es el principal causante de erosión, está controlada por distintos factores como la lluvia y la escorrentía, donde a mayor es la intensidad y duración de una lluvia, mayor es la erosión potencial, se tiene que el impacto de las gotas de lluvia remueve partículas de suelo y las dispersa, siendo los materiales más livianos como la arena muy fina, el limo y la arcilla los más fáciles de mover. La escorrentía por su parte ocurre cuando la cantidad de agua excede la capacidad de absorción del suelo, teniendo que la infiltración se ve reducida por la compactación del suelo, formación de costras y congelamiento, incrementando la escorrentía. Otro factor es la erodabilidad del suelo, que consiste en una estimación de la capacidad del suelo a resistir la erosión, en relación con las características físicas que tenga éste. La pendiente y su extensión son otro factor a considerar, donde a mayor pendiente y mayor extensión de una superficie, mayor es el riesgo de erosión, siendo el factor más influyente para la erosión, sobre la escorrentía incluso (Carretier et al., 2013). Se tiene el caso particular para Chile central (~32° S) que las cuencas se caracterizan por tener zonas de alta pendiente (Carretier et al., 2018).

Se tienen por último otros dos factores, que son el cultivo y vegetación, donde el potencial de erosión aumenta cuando el suelo se ve desprovisto de vegetación o cultivos residuales, ya que estos cubren el suelo y lo protegen del impacto de las gotas de lluvia y ralentizan el movimiento de

sedimento; y finalmente están las prácticas antrópicas de arado y movimiento de tierras, que pueden disminuir o aumentar la escorrentía dependiendo de la forma en que se hagan.

Para el caso de la subcuenca Río Maipo Alto, según datos tomados del Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Riesgos de Erosión Potencial, 2016, se tiene el mapa generado para el riesgo de erosión potencial en la subcuenca RMA (*Figura 11*). La clasificación hecha por CIREN distingue los riesgos de erosión potencial en moderada, severa, muy severa y otros usos, donde en este último se consideran cursos de agua, nieves, asentamientos antropogénicos y rocas y afloramientos rocosos (que se separa de otros usos en el mapa).

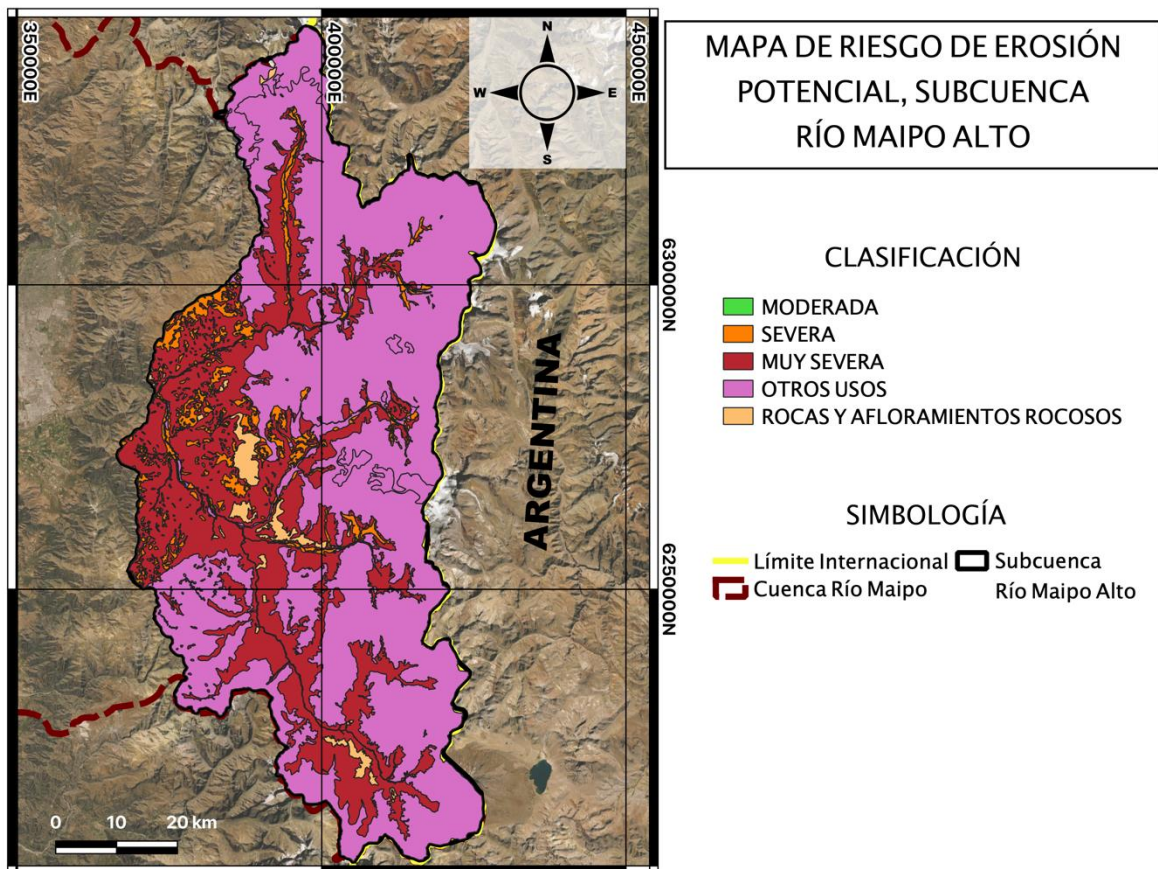


Figura 11. Mapa de riesgo de erosión potencial de la subcuenca RMA, se aprecia la clasificación de riesgo asociada. (Modificado de Riesgos de Erosión Potencial, Región Metropolitana, escala 1:35.000, CIREN)

En el mapa (*Figura 11*), se ve como las zonas aledañas a los cursos de agua se clasifican con un riesgo severo y muy severo principalmente, lo que propiciaría el aporte de sedimento desde estas zonas a los ríos.

2.5 Hidrología y Clima

En la parte alta de la cuenca del río Maipo al Este, la geología de la Cordillera de los Andes se ha considerado por largos años en estudios hidrogeológicos como una estructura impermeable. No obstante, estudios recientes (Taucare et al. 2020), sugieren que la simplicidad con la que se han hecho modelos hidrogeológicos de la Cordillera de los Andes en la zona central es erróneo, concluyendo que la alta densidad de fracturas interconectadas permitiría el drenaje de aguas subterráneas desde la Cordillera Principal hacia los acuíferos en la Depresión Central.

Según información de la cuenca del Maipo se tendría que solo un acuífero se ubica en la zona cordillerana, ubicada en el sector del río Volcán y Yeso. Esta reserva de aguas subterráneas llamada acuífero de Santiago, tiene lugar desde la precordillera hasta Talagante, con dimensiones calculadas en los 10.000 millones de metros cúbicos (DGA, 2004).

En relación a la superficie, se reconoce un régimen hidrológico nival en la subcuenca Río Maipo Alto, en donde la Cordillera de los Andes es influyente al contener las masas de hielo, presentándose mayor caudal en los ríos en los meses de deshielo (*Figura 12*).

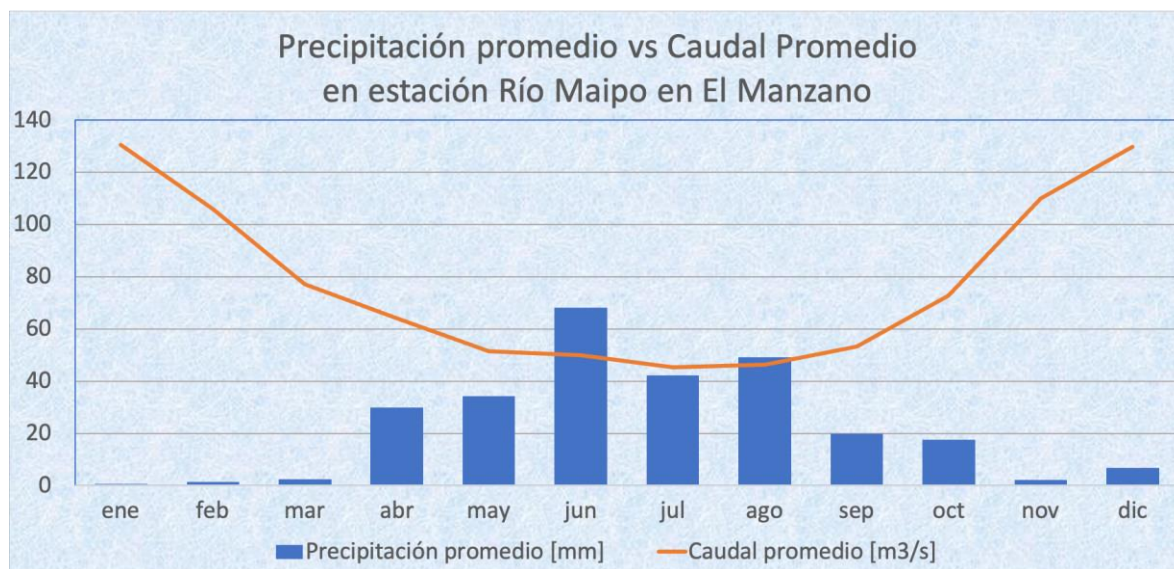


Figura 12. Se muestran datos de caudal promedio (línea naranja) y precipitación promedio (barras azules) mensual durante el periodo 2010-2019, en la estación de la DGA Río Maipo en El Manzano (Altitud: 850 m).

La zona de estudio presenta dos tipos de climas reconocibles, por un lado, está el clima frío de altura en la Cordillera de los Andes, el cual se da por sobre los 3000 metros de altura, caracterizándose por las bajas temperaturas y precipitaciones sólidas, lo que permite la acumulación de nieve y campos de hielo de tipo “permanente” en las cumbres y quebradas de la alta Cordillera. Las precipitaciones y temperaturas promedio en esta zona, son de 536 mm/año y 14,2° C respectivamente. Por otro lado, se tiene el clima templado mediterráneo con estación seca

prolongada, este clima se desarrolla prácticamente en toda la cuenca del Maipo, tomando también parte de la subcuenca RMA, este tipo de clima se caracteriza por la presencia de una estación seca prolongada y un invierno con temperaturas extremas que llegan a los 0°C. En general las precipitaciones son mayores durante el invierno en los meses de mayo, junio, julio y agosto (*Figura 12*).

En cuanto a la cubierta glaciar y de nieves en la subcuenca Río Maipo Alto, se ilustra en la *Figura 13*, donde el mapa corresponde a la actualización 2022 de los archivos shp del Inventario Público de Glaciares realizado por la Dirección General de Aguas.

Ayala et al. (2020), reconocen que dentro de la cuenca del río Maipo, la subsubcuenca Río Olivares ha sufrido la mayor pérdida glaciar en los últimos 50 años, y que en las subsubcuencas Río Volcán y Río Maipo bajo junta Río Negro se tiene prácticamente una pérdida nula de hielo. Mardones & Garreaud (2020), por su parte, indican que bajo un escenario RCP8.5 se tendrían grandes implicaciones hidroclimáticas en los próximos 30 años, como la disminución de un 75-85% en la cubierta de nieve y un adelanto de 5 semanas del período de alta escorrentía por deshielo. Como también existiría un aumento en la ocurrencia de periodos de megasequía de 1 a 5 eventos cada 100 años (Bozkurt et al., 2018).

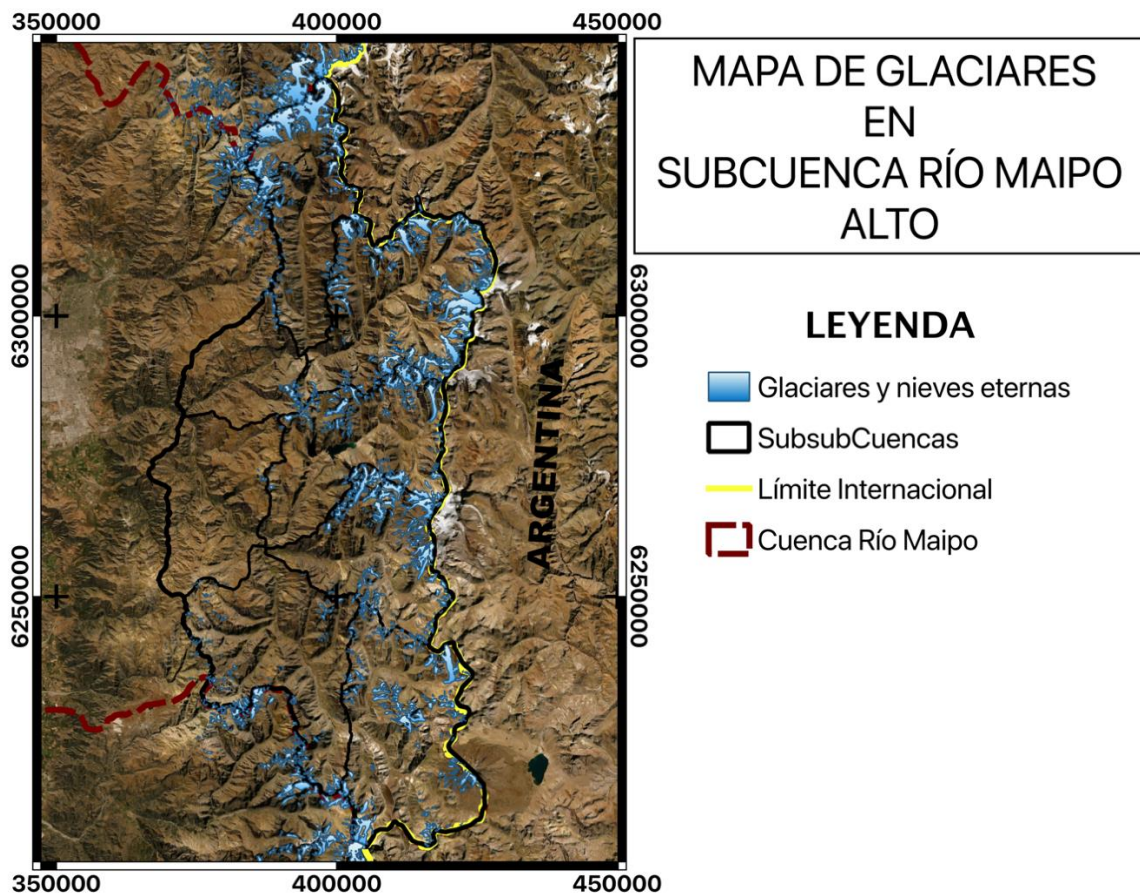


Figura 13. Mapa de glaciares en la subcuenca Río Maipo Alto, extraído del Inventario Público de Glaciares, actualización 2022 (DGA).

3. Resultados

3.1 Base de datos

La base de datos generada corresponde a una matriz de datos compuesta de múltiples vectores ordenados en columnas en un archivo Excel, que contienen información general de las muestras, de geoquímica de elementos mayores y traza e isótopos de Sr y Nd (Base de Datos Geoquímica) (Anexo B, *Tabla 5-19*). Esta base de datos fue adaptada en una nueva versión (Base de datos v2_py), generando un libro Excel con hojas separadas por elementos mayores, traza e isótopos de Sr y Nd, con el fin de ser utilizados en Python para generar los gráficos de elementos mayores, de REE e isótopos de Sr y Nd.

La recopilación de datos fue de 16 estudios más aquellos compartidos por el Fondecyt 11190029 (*Tabla 1*), de los cuales algunos pertenecen a las unidades geológicas de interés pero se encuentran fuera del área de RMA (*Figura 14*). De todas las referencias, tan solo los datos proporcionados por el Fondecyt 11190029 contienen información de las formaciones Colimapu, Río Colina, Río Damas y Lo Valdés. Dada la baja cantidad de datos de la Unidad Volcánica Nueva (UVN), y su relación espacio-temporal con la Unidad Volcánica Antigua (UVA), se decide por juntar estas unidades en una nueva unidad denominada Unidad Volcánica Cuaternaria (UVQ) en el archivo “Base de datos v2_py” (Anexo B, *Tabla 20-34*).

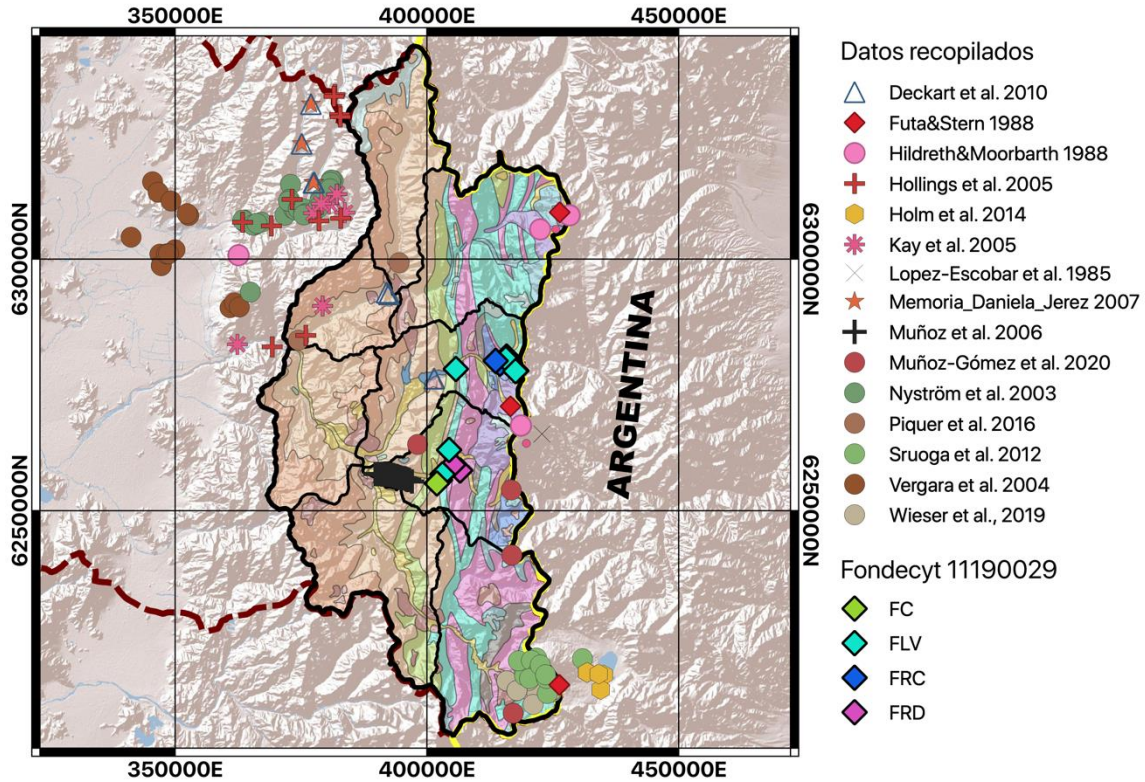


Figura 14. Mapa de la subcuenca Río Maipo Alto donde se indica la ubicación de los datos geoquímicos recopilados.

Se compuso una base de datos donde las unidades geológicas consideradas presentan gran diferencia en la cantidad de información de cada una, donde de Fm. Colimapu se tienen datos de 1 muestra, de Fm. Río Colina hay 2 muestras, de Fm. Río Damas 5 muestras, de la Unidad Volcánica Nueva 7 muestras, que se juntó con la Unidad Volcánica Antigua (46 muestras) en una nueva unidad denominada Unidad Volcánica Cuaternaria (53 muestras), de la Fm. Lo Valdés se tienen 10 muestras, de los Intrusivos del Mioceno Medio-Superior se tiene 13 muestras, de Fm. Abanico 41 muestras y de Fm. Farellones 40 muestras. La proporción de la base de datos correspondiente para cada unidad geológica queda expuesta en la Figura 15.

Por otra parte, los elementos químicos medidos en las muestras que conforman la base de datos no es homogénea, por lo que existen vacíos de información en concentraciones de algunos elementos.

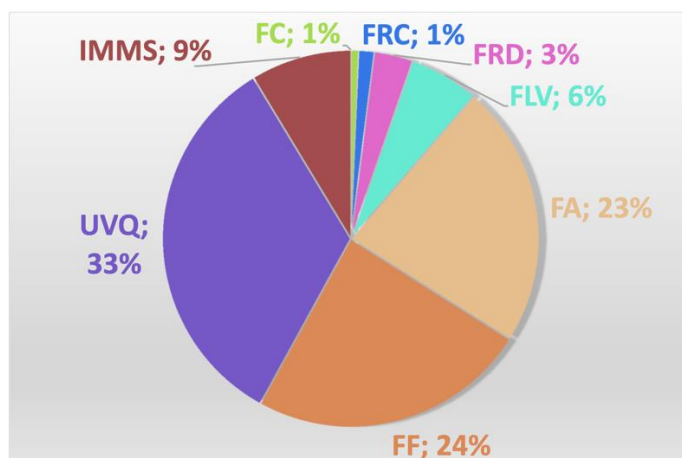


Figura 15. Proporción de datos para cada unidad respecto al total de la base de datos. FC: Fm. Colimapu, FRC: Fm. Río Colina, FRD: Fm. Río Damas, FLV: Fm. Lo Valdés, FA: Fm. Abanico, FF: Fm. Farellones, UVQ: Unidad Volcánica Cuaternaria e IMMS: Intrusivos del Mioceno Medio-Superior.

3.2 Geoquímica y composición isotópica de Sr-Nd de las unidades geológicas en la subcuenca RMA

3.2.1 Elementos mayores

Se realizan en primera instancia diagramas de SiO_2 vs elementos mayores (Figura 16) para analizar la variabilidad de cada elemento para las distintas unidades geológicas de la subcuenca Río Maipo Alto.

Se observa en los diagramas de la Figura 16, que la Formación Río Colina presenta las menores concentraciones de SiO_2 (~20%), y las mayores concentraciones de P_2O_5 (~6%). Las mayores concentraciones de CaO las muestran las formaciones Río Colina (~55-70%), Lo Valdés (~60-65%) y Río Damas (~45-60%).

También es de notar que las formaciones mesozoicas Río Colina (FRC), Lo Valdés (FLV), Río Damas (FRD) y Colimapu (FC) tienden a agruparse entre ellas, mostrando concentraciones de SiO_2 que varía entre los 20-40 wt% aproximadamente, separadas de la gran concentración de puntos que comprende a las demás unidades geológicas del Cenozoico, hablamos de las formaciones Abanico (FA) y Farellones (FF), Unidad Volcánica Cuaternaria (UVQ) e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior (IMMS), que tienen concentraciones de SiO_2 entre los 45-80 wt%. Los elementos en los que se puede ver mayor variabilidad entre las unidades mesozoicas y cenozoicas, es en Al_2O_3 , con concentraciones entre los 0-10 wt% para las rocas mesozoicas y de 12-20 wt% para las unidades cenozoicas, en el CaO se ven concentraciones de 38-65 wt% en las unidades del Mesozoico y de 0-16 wt% para las rocas del Cenozoico y por último el Na_2O que se tienen concentraciones de 0-2 wt% en las rocas mesozoicas y de 2,5-6 wt% en las unidades cenozoicas. En los demás elementos

la concentración de datos de las unidades cenozoicas se amplían hasta el rango que cubren las unidades mesozoicas, es por tanto en los alcalinos donde se observan las diferencias entre unidades geológicas. Estas diferencias composicionales resultan acordes a las litologías reconocidas en las distintas unidades geológicas de la cuenca, en donde las rocas cenozoicas se componen principalmente de rocas volcánicas, de composiciones andesíticas, riolíticas y basálticas, presentando así mayores concentraciones de SiO_2 que las rocas mesozoicas, como también mayor presencia de alcalinos debido al contenido de plagioclasas y feldespato. En tanto, las rocas mesozoicas muestran mayor concentración de CaO , debido a que estas unidades geológicas se tratan principalmente de rocas sedimentarias, con presencias fosilíferas y calcáreas, mostrando así mayor concentración de carbonatos respecto a las rocas cenozoicas.

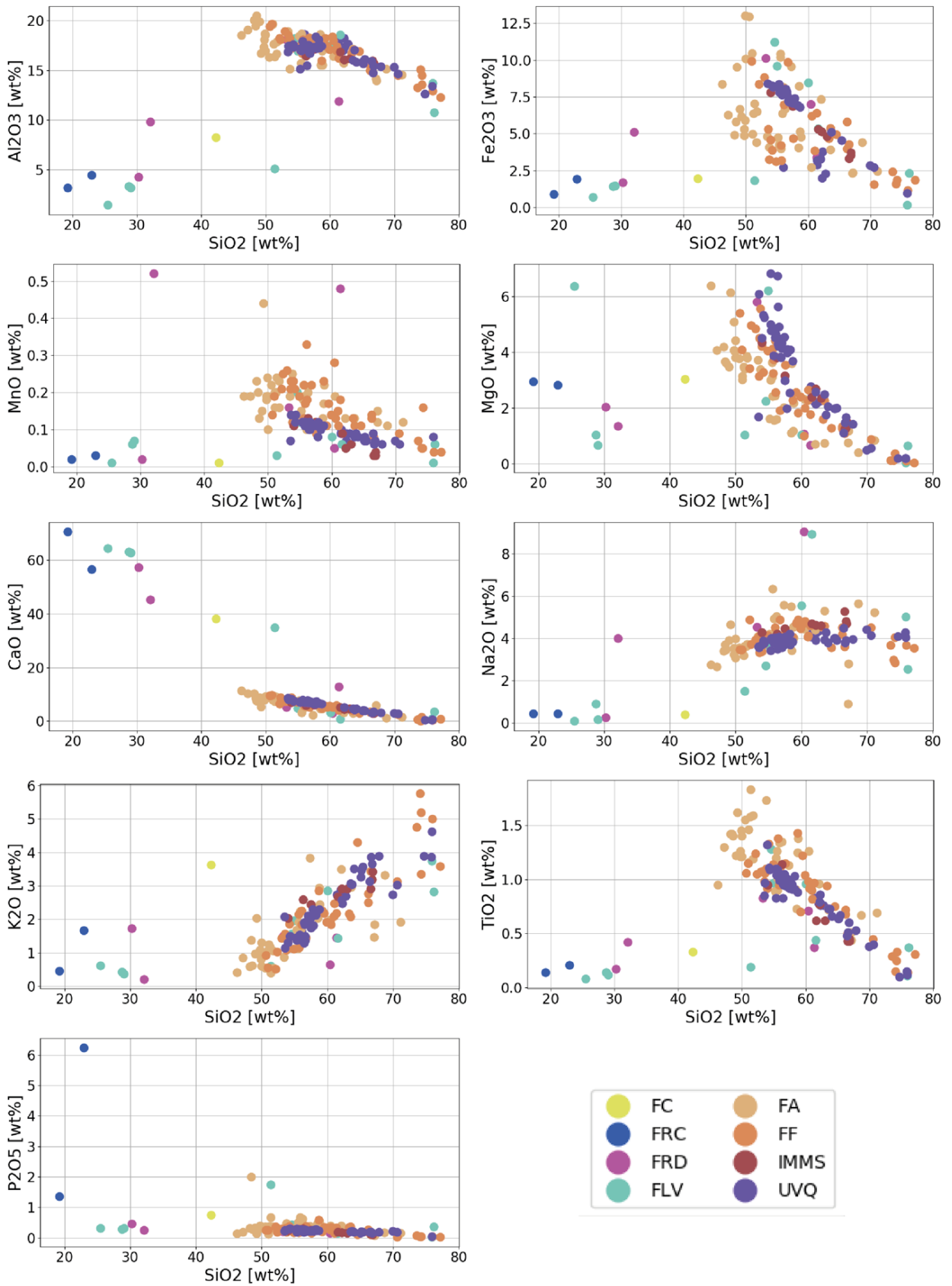


Figura 16. Diagramas de variación de SiO₂ vs elementos mayores.

3.2.2 Diagramas Ternarios

Para continuar con el análisis de elementos mayores se realizaron diagramas ternarios, los que se pueden ver en la *Figura 17*, allí se exponen los diagramas $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO+Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$ (A-CN-K) y $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO+Na}_2\text{O+K}_2\text{O-Fe}_2\text{O}_3\text{+MgO}$ (A-CNK-FM), indicados por McLennan et al. (1993) como diagramas que nos pueden aproximar tanto a tipos de litología y mineralogía, como también condiciones de meteorización de silicatos al utilizarlo junto a el índice de alteración química (CIA, por su sigla en inglés) (Nesbitt y Young, 1982).

Al observar los diagramas de la *Figura 17*, se evidencia que es el CaO (ver Anexo D, *Figura 43*, para más detalle), el que marca una diferencia entre unidades, generando una separación y agrupación entre las formaciones mesozoicas, las cuales se aproximan al ápice CN, y formaciones cenozoicas, que se disponen sobre el 50% de Al (*Figura 17A*), mostrando una distribución en proporciones similares a andesitas y granodioritas meteorizadas (McLennan et al., 1993).

Los datos tienen una tendencia paralela al lado CN–K, variando en proporción de estos elementos, lo cual se puede atribuir a diferencias mineralógicas de plagioclasa y feldespato potásico, esto acorde al tipo de rocas que componen las distintas unidades geológicas presentes en la subcuenca Río Maipo Alto. La mayor proporción de Ca en las rocas mesozoicas se puede explicar por las características litológicas de las unidades geológicas de las que provienen, en las que se encuentran rocas carbonatadas.

Para el caso del diagrama A-CNK-FM (*Figura 17B*), se tiene de igual modo la separación entre unidades mesozoicas y cenozoicas marcadas por el Ca, mientras que las rocas cenozoicas en esta oportunidad muestran una tendencia con variación de Fe y Mg, lo cual coincide con rocas andesíticas y graníticas nuevamente (McLennan et al., 1993), como también la presencia de minerales máficos.

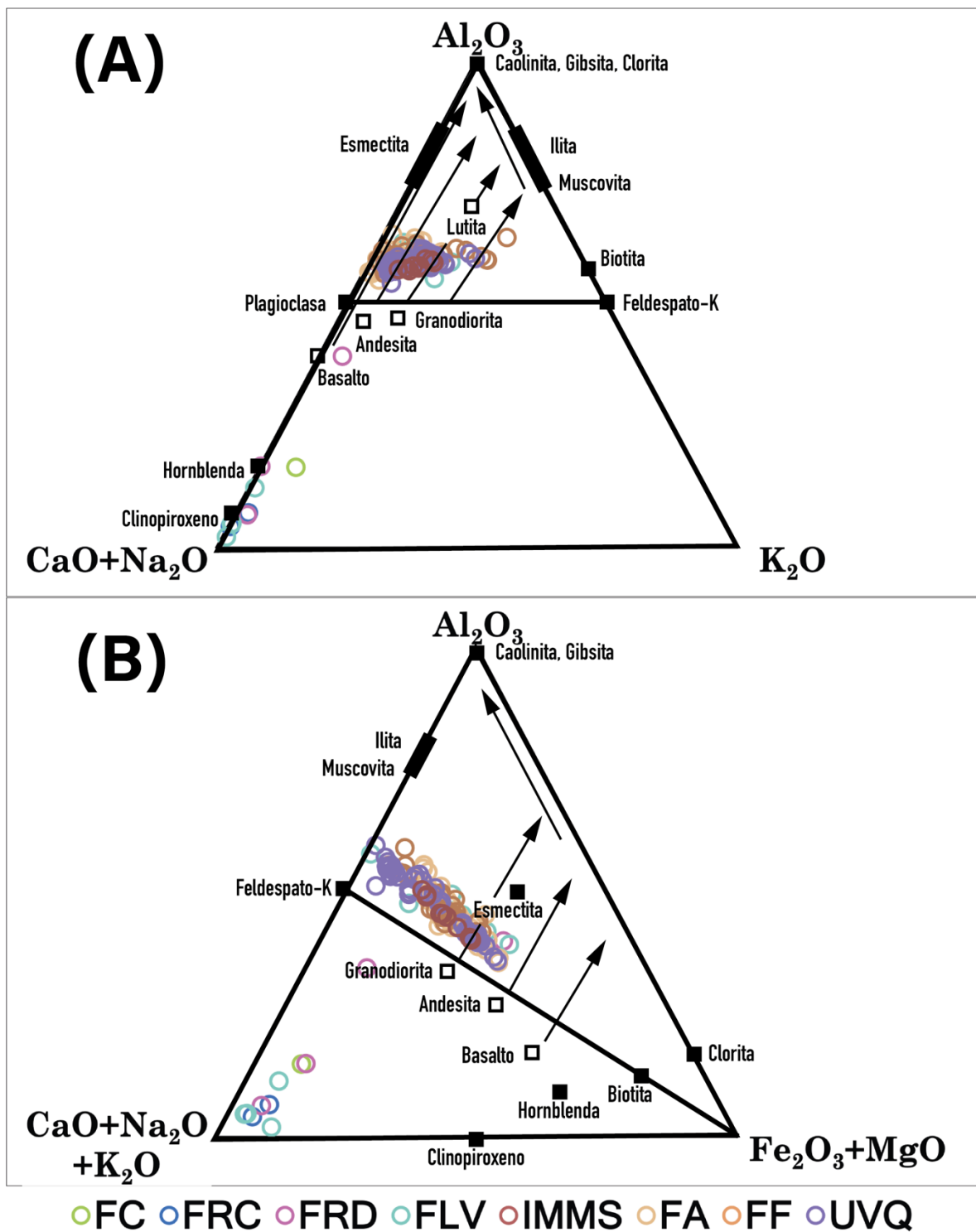


Figura 17. Diagramas ternarios A-CN-K (A) y A-CN-K-FM (B) con la proporción relativa de estos elementos en las unidades geológicas en la subcuenca Río Maipo Alto. Se superponen los diagramas expuestos en McLennan et al., 1993, donde las flechas indican la dirección estimada de meteorización de las rocas. FC: Fm. Colimapu, FRC: Fm. Río Colina, FRD: Fm. Río Damas, FLV: Fm. Lo Valdés, IMMS: Intrusivos del Mioceno Medio-Superior, FA: Fm. Abanico, FF: Fm. Farellones y UVQ: Unidad Volcánica Cuaternaria.

3.2.3 Geoquímica de REE

Para caracterizar las unidades geológicas presentes en la subcuenca RMA a través de las tierras raras, se realiza un diagrama *spider* de REE normalizado con la Corteza Continental Superior (CCS) recomendada en Rudnick y Gao (2005) (*Figura 18*).

Es inmediato al ver la *Figura 18*, notar 2 grupos, de los cuales se agrupan con mayor concentración de REE, la Fm. Abanico (FA), Fm. Farellones (FF), los Intrusivos del Mioceno Medio-Superior (IMMS) y la Unidad Volcánica Cuaternaria (UVQ), todas ellas con una notoria anomalía positiva de Eu, posiblemente aportado por la presencia de plagioclasa en las rocas de estas unidades, las cuales suelen retener Eu en su estructura química (White, 2003). Con menores concentraciones de REE, se agrupan la Fm. Colimapu (FC), Fm. Río Colina (FRC), Fm. Río Damas (FRD) y la Fm. Lo Valdés (FLV), las cuales presentan una leve anomalía en Gd seguida de una curva relativamente plana. Son muy similares entre ellas en las concentraciones de HREE (Gd-Lu), tienen así una razón Gd/Yb relativamente alta, lo cual habla de la posible presencia de minerales pesados. Las curvas de FA y FF se asemejan entre si en su forma y son casi coincidentes en las LREE (La-Sm), al igual que FC y FLV que son prácticamente idénticas y coincidentes en toda su composición.

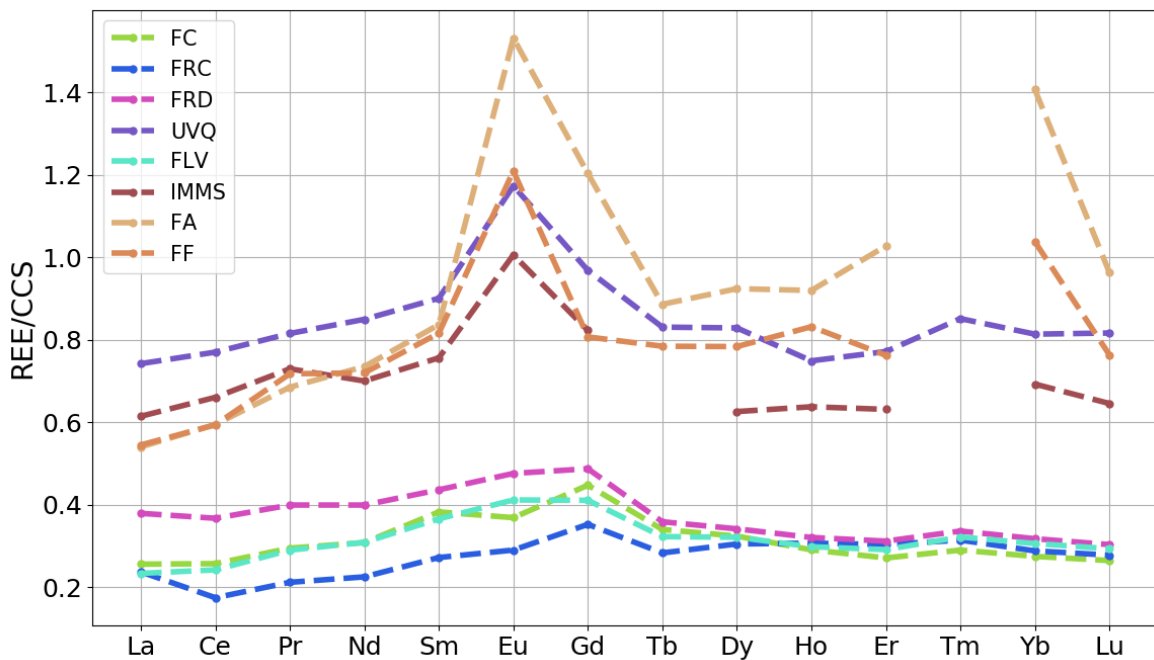


Figura 18. Concentración de REE normalizada con la CCS, para cada unidad geológica.

3.2.4 Isótopos de Sr & Nd

Para caracterizar isotópicamente las unidades geológicas en RMA se realiza un gráfico de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs $e\text{Nd}$ (Figura 19). De este diagrama, es posible ver una parcelación más detallada entre unidades, existiendo intersección entre Fm. Abanico (FA), Fm. Farellones (FF), Fm. Colimapu (FC), y también, muy cercano se emplazan los Intrusivos del Mioceno Medio-Superior (IMMS).

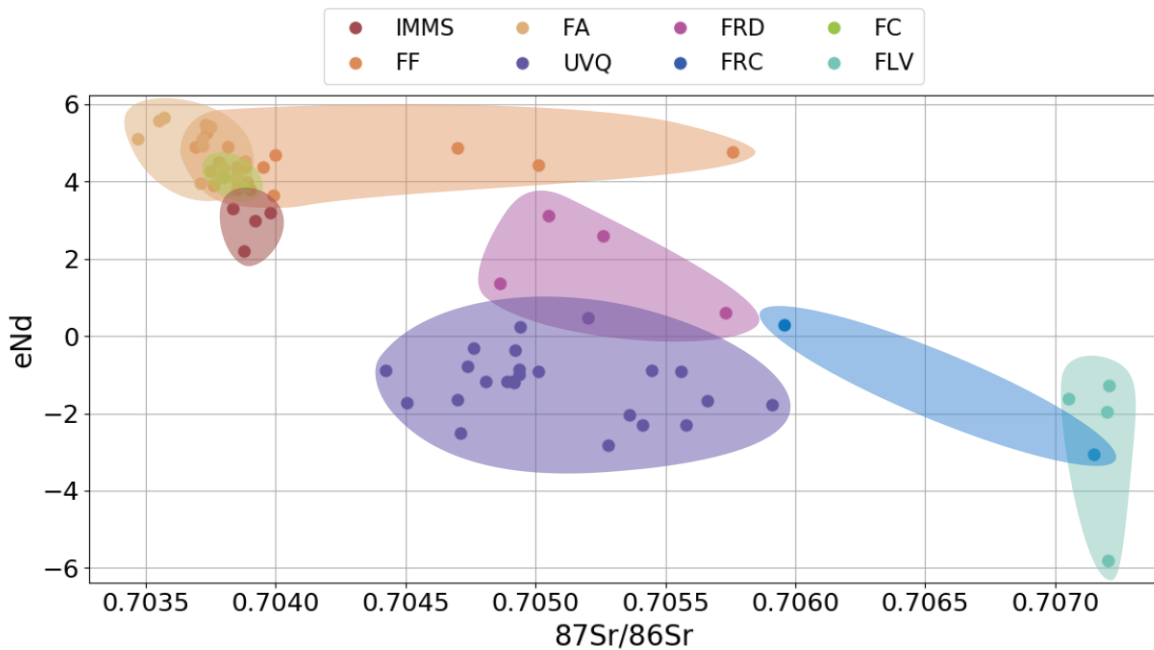


Figura 19. Gráfico de nubes de valores isotópicos $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs $e\text{Nd}$ por unidad geológica.

Se intersectan también, pero en menor medida, la Unidad Volcánica Cuaternaria (UVQ) y Fm. Río Damas (FRD) y las formaciones Río Colina (FRC) y Lo Valdés (FLV) se intersectan entre ellas. Por otra parte, Fm. Lo Valdés es la unidad que presenta las mayores razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y valores $e\text{Nd}$ más negativos.

La intersección de $e\text{Nd} = 0$ con la razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,705$ corresponde al global terrestre, desde este punto se dice que aumentando $e\text{Nd}$ y disminuyendo la razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ se tienen fuentes empobrecidas, mientras que al disminuir $e\text{Nd}$ y aumentar $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ se tienen fuentes enriquecidas (White, 2003). Por otra parte, se estima que para rocas derivadas del manto sus razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ varían entre los 0,699-0,706, mientras que para rocas con participación de la corteza (diferenciación) sus razones varían entre los 0,705-0,735.

3.3 Análisis geoquímico e isotópico de sedimento fluvial

Para realizar todos los análisis geoquímicos e isotópicos se utilizaron los datos obtenidos para cada muestra de sedimento considera en este estudio (Anexo C, *Tabla 35-39*).

3.3.1 Diagramas Ternarios

Una vez que se tuvieron los diagramas ternarios con las proporciones de concentración de las distintas unidades geológicas en la subcuenca RMA, se agregaron las ternas de proporción de las muestras colectadas sobre los diagramas considerados en la sub-subsección 3.2.2.

3.3.1.1 *Variaciones espaciales*

La forma de ver las variaciones espaciales en la concentración de elementos mayores, fue graficando las proporciones de concentración promedio de elementos mayores de los 6 puntos de muestreo, contemplando los 4 meses de mayor caudal (*Figura 20 y 21*). Se considera las concentraciones promedio con la motivación de ver en términos generales las diferencias proporcionales en el aporte de sedimento desde las distintas unidades geológicas de la subcuenca al cause del río Maipo.

Para el caso del diagrama A-CN-K (*Figura 20*) es posible ver como Río Yeso se encuentran completamente dentro del grupo de datos de las unidades geológicas cenozoicas, a diferencia de las demás muestras que se encuentra levemente despegadas de la concentración de datos del grupo Cenozoico en dirección del ápice CN y del grupo Mesozoico.

De igual modo, existe una alineación de los puntos de muestreo paralela al lado A-CN, mostrando una tendencia en la dirección de meteorización (McLennan et al., 1993), sugiriendo que la remoción de Ca y Na (cómo disolución de plagioclasa por ejemplo) dominaría la meteorización de silicatos en la cuenca, sobre la meteorización de minerales potásicos (similar a Li y Yang 2010), los cuales casi no se ven afectados. Por otro lado, se tiene que Maipo Antes Junta Colorado (MAJC) es prácticamente idéntica a Maipo Bajo Junta Colorado (MBJC), las cuales a su vez se encuentran entre Río Colorado y Río Volcán. Río Maipo en Las Melosas (RMLM) es el punto que mas se acerca hacia el grupo Mesozoico.

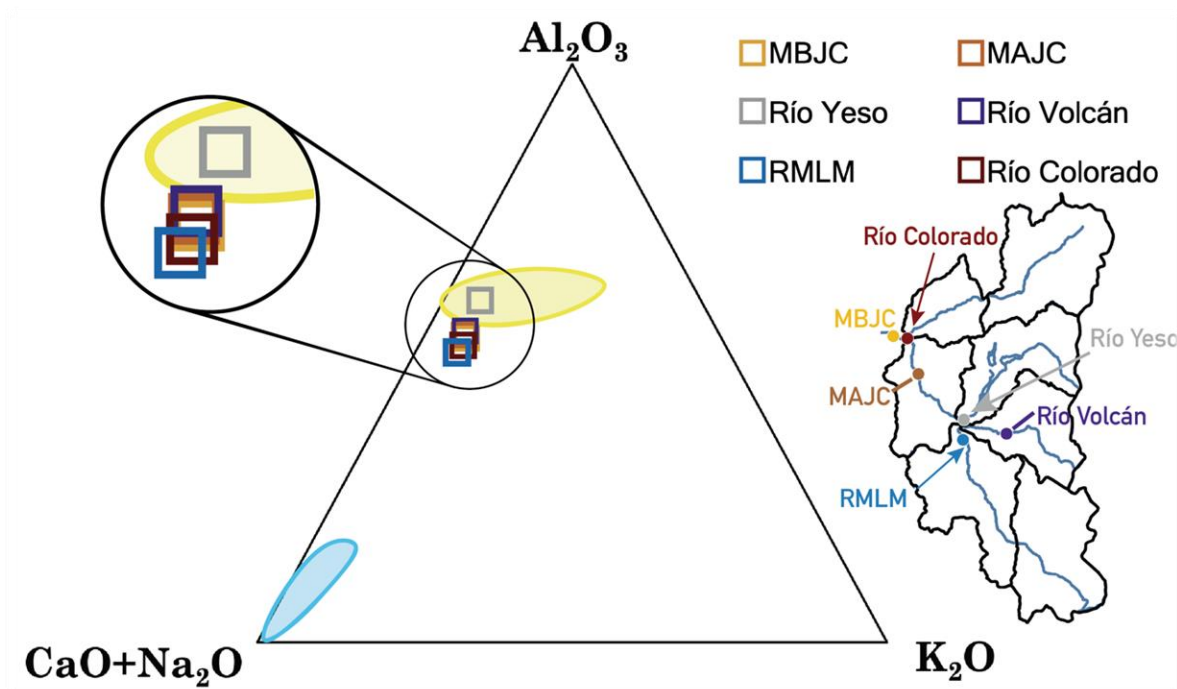


Figura 20. Diagrama ternario A-CN-K en los que se ilustran comparaciones entre los promedios de los meses de alto caudal para los puntos de muestreo. Elipse amarilla: Unidades cenozoicas y Elipse celeste: Unidades mesozoicas.

En cuanto al diagrama A-CN-K-FM (Figura 21), se ve una cierta alineación de los distintos puntos de muestreo, mostrando esta vez una tendencia en dirección del vértice FM y que es inconsistente con la acción de la meteorización según McLennan et al. (1993), sugiriendo que este comportamiento podría explicarse por la mezcla de distintas fuentes de sedimento. Para este diagrama, se tiene que ahora MBJC coincide con Río Colorado. Río Volcán es el que se aproxima más al ápice FM, mientras que RMLM es el punto con menor proporción de hierro y magnesio.

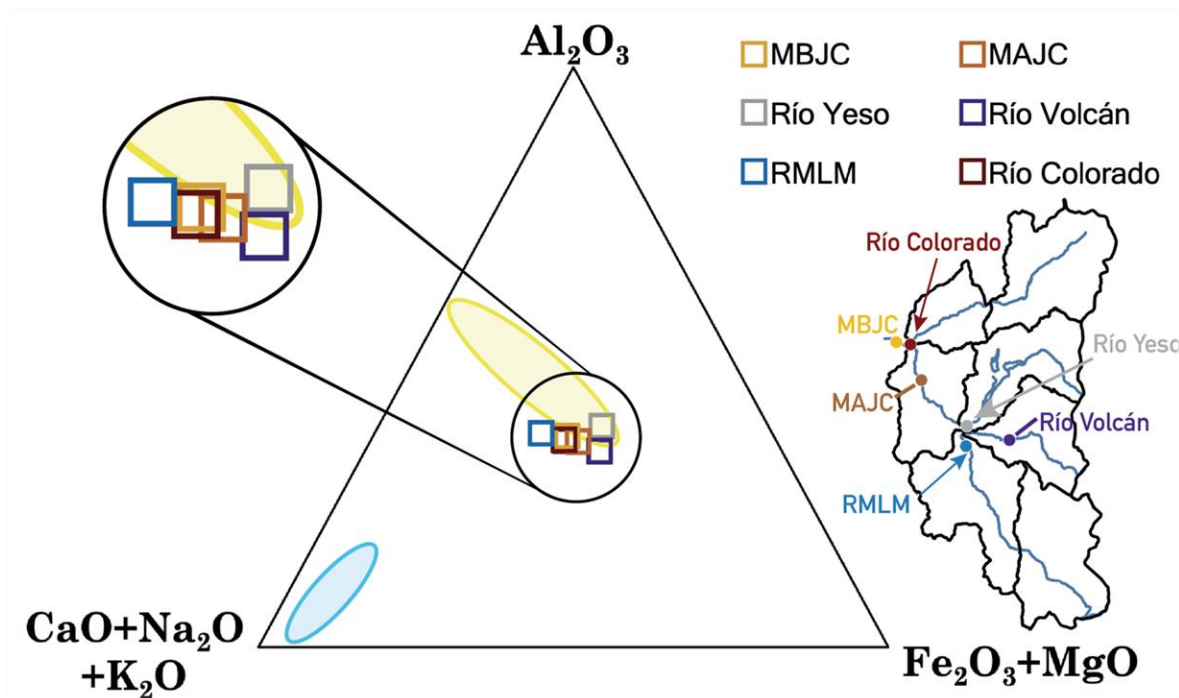


Figura 21. Diagrama ternario A-CN-K-FM en los que se ilustran comparaciones entre los promedios de los meses de alto caudal para los puntos de muestreo. Elipse amarilla: Unidades cenozoicas y Elipse celeste: Unidades mesozoicas.

3.3.1.2 Variaciones temporales

Para apreciar la variación temporal, se graficó para cada punto de muestreo las muestras que fueron tomadas en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero (Figura 22 y 23).

En los diagramas A-CN-K para cada punto de estudio (Figura 22), es posible notar que todos, exceptuando Río Yeso y RMLM, manifiestan variaciones temporales paralelas al lado A-CN, siendo Río Volcán el punto en el que más se marca la tendencia. Para todos los puntos que muestran esta variación, es en el mes de noviembre donde se tiene una mayor proporción de Ca y Na, y nuevamente es en Río Volcán donde se destaca más este hecho. En el caso particular de MAJC, las muestras de noviembre y diciembre son prácticamente idénticas, siendo más ricas en Ca y Na que las de enero y febrero, que a su vez se asemejan entre ellas.

Para los diagramas A-CN-K-FM representados en la Figura 23, se tiene que en todos los puntos de muestreo, en menor medida Río Maipo en Las Melosas (RMLM), muestran variación en dirección del vértice del Fe y Mg. Los puntos MBJC, Río Colorado, MAJC y Río Yeso, tienden a ser más ricas en minerales pesados en el mes de febrero. Para el caso de Río Volcán y RMLM, se tiene que en el mes de enero manifiestan mayor proporción de Fe y Mg, aunque cabe destacar que en RMLM no se tiene análisis de muestra para febrero.

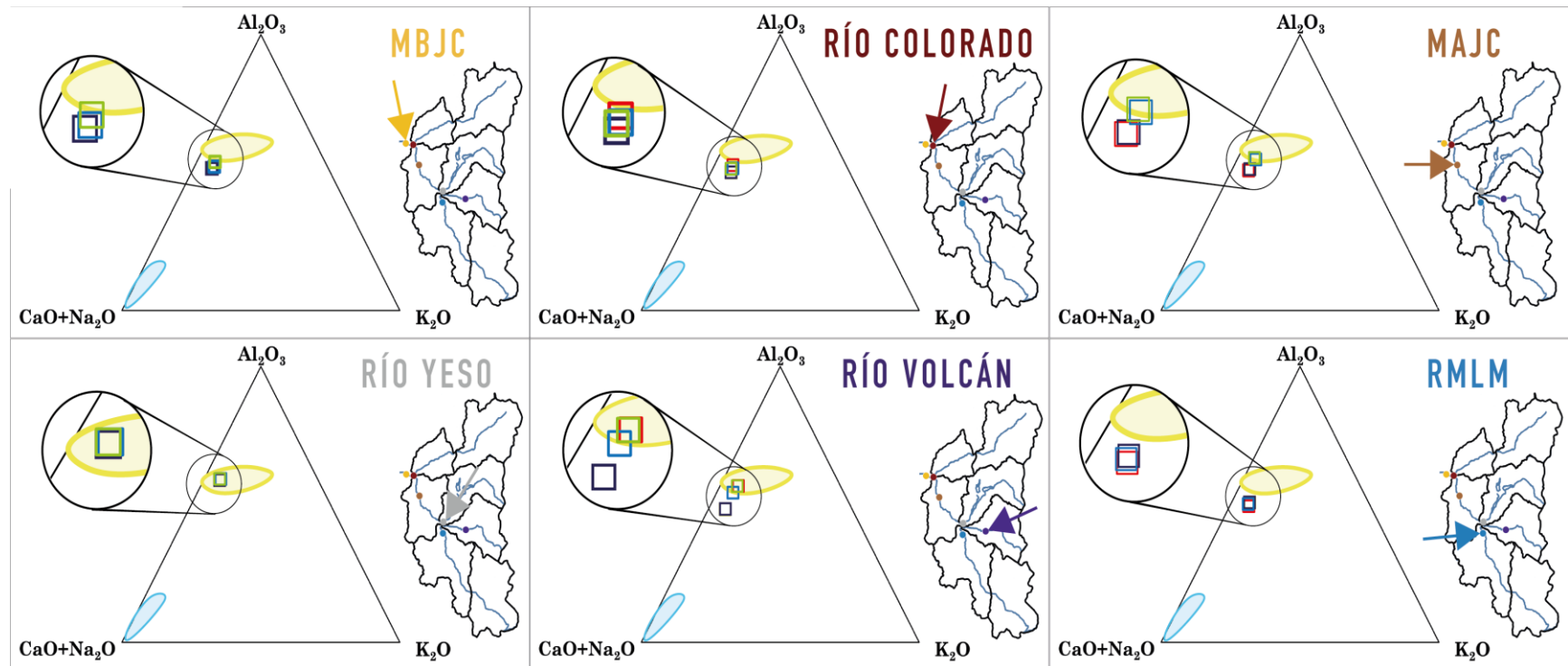


Figura 22. Diagramas ternarios A-CN-K en los que se ilustran comparaciones entre los meses de mayor caudal en los distintos puntos de muestreo. Los colores de los cuadrados indican los distintos meses, que son: morado = noviembre, rojo = diciembre, azul = enero y verde = febrero. Elipse amarilla: Unidades cenozoicas y Elipse celeste: Unidades mesozoicas.

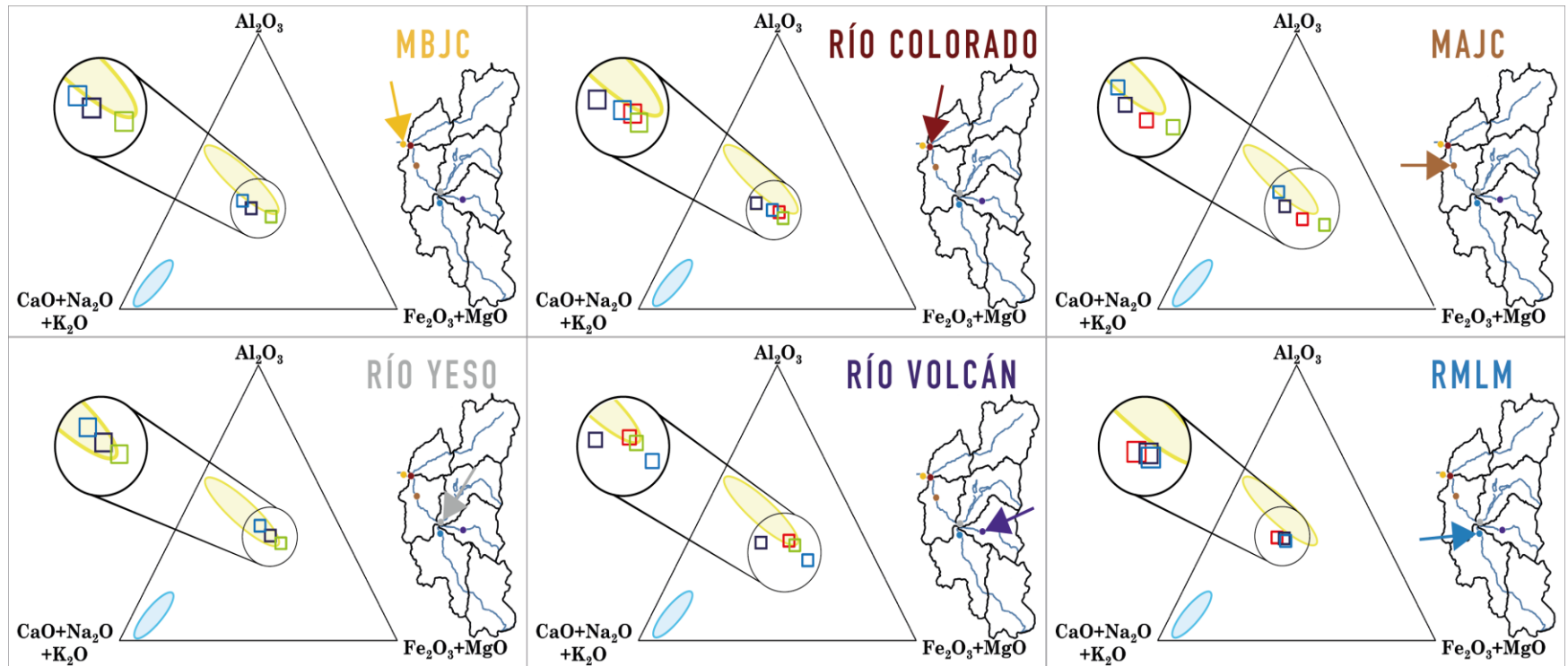


Figura 23. Diagramas ternarios A-CNK-FM en los que se ilustran comparaciones entre los meses de mayor caudal en los distintos puntos de muestreo. Los colores de los cuadrados indican los distintos meses, siendo: morado = noviembre, rojo = diciembre, azul = enero y verde = febrero. Elipse amarilla: Unidades cenozoicas y Elipse celeste: Unidades mesozoicas.

3.3.2 Geoquímica de REE

Para este análisis se agregan las concentraciones de REE normalizadas con la corteza continental superior, de sigla CCS (Rudnick y Gao, 2005) de las muestras analizadas, en el diagrama spider de las unidades geológicas de la subcuenca RMA (*Figura 18*).

3.3.2.1 Variaciones espaciales

Estas variaciones se analizaron a través de un diagrama en el que se incorporó el promedio de concentración de REE de todos los puntos de muestreo para los meses de alto caudal (*Figura 24*).

Analizando la *Figura 24*, se puede ver que, (1) las curvas de los distintos puntos de muestreo tienden a imitar la curva de UVQ en forma, exceptuando Río Yeso, (2) la curva Río Yeso imita a la de Fm. Abanico y Fm. Farellones en su forma, (3) la curva MBJC imita a la curva RMLM en su forma, (4) la curva MAJC es coincidente con la de Río Volcán y (5) las curvas MBJC y RMLM, y muy levemente MAJC y Río Volcán, muestran una anomalía en Gd que se asemeja a lo que ocurre en las unidades del Mesozoico.

Todo lo que se ha observado sugiere una influencia relativamente importante de la Unidad Volcánica Cuaternaria (UVQ) en cuanto al aporte de carga en suspensión a los ríos, sobre todo en lo que corresponde a las HREE (Gd-Lu), donde todos los puntos de muestreo tienen concentraciones mayores que la misma unidad UVQ. En cuanto a la anomalía de Gd, nos indicaría gran aporte desde las unidades mesozoicas en cuanto a minerales pesados. Una particularidad que también se ve, es que hay mayor variación en las HREE entre puntos de muestreo.

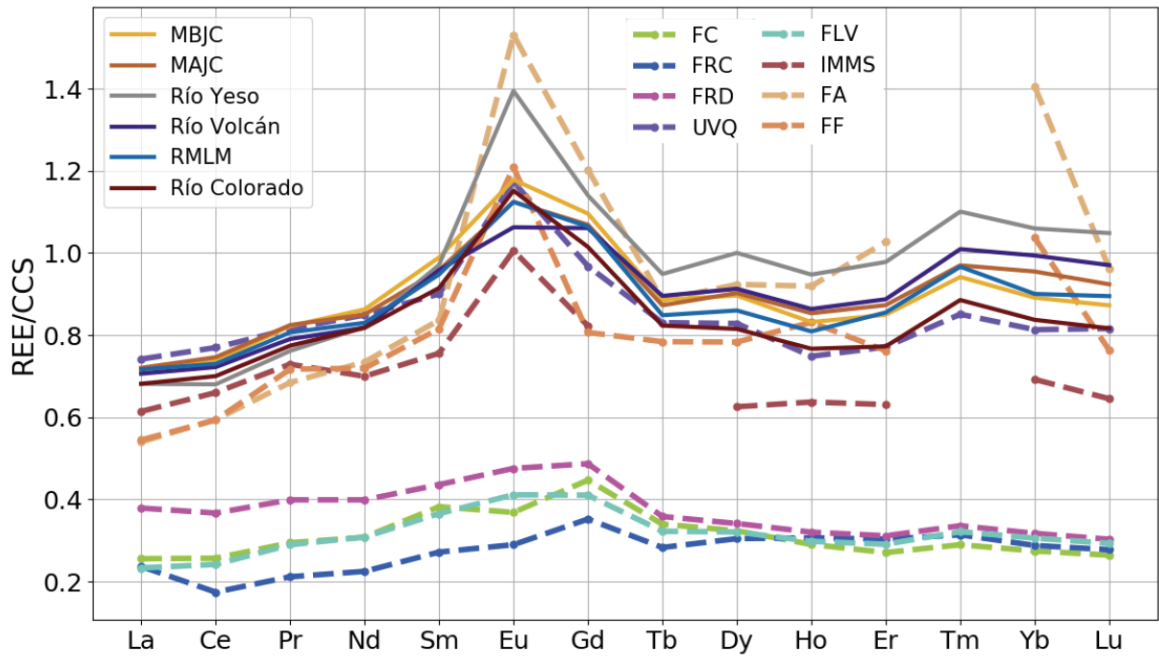


Figura 24. Diagrama spider de REE normalizado con la CCS en el que se grafican las concentraciones promedio de REE para los distintos puntos de muestreo (líneas sólidas). Se comparan con REE promedio de las unidades geológicas de la zona de estudio (líneas segmentadas).

3.3.2.2 Variaciones temporales

La variación temporal es analizada generando diagramas *spider* para cada punto de muestreo con las curvas de cada muestra tomada en los meses de alto caudal (Figura 25).

Al observar las curvas de diciembre y febrero (línea roja y verde respectivamente), es de notar que se asemejan entre ellas en todos los puntos de muestreo, llegando a ser casi idénticas y coincidentes en el caso de MBJC, mientras que en MAJC y RMLM hay una notoria mayor concentración de REE en febrero. Las curvas de las distintas muestras tienden a imitar la curva de la unidad UVQ, principalmente en las HREE (Gd-Lu). Las muestras de Río Yeso tienden a mostrar un comportamiento similar a Fm. Abanico y Fm. Farellones. Otra cosa que se puede ver, es que en RMLM se presenta la mayor variación temporal en las concentraciones de REE, como también que los puntos MBJC, MAJC y Río Volcán parecieran mostrar mayor variación en la concentración de las HREE, y que Río Colorado muestra mayor variación en las LREE (La-Nd).

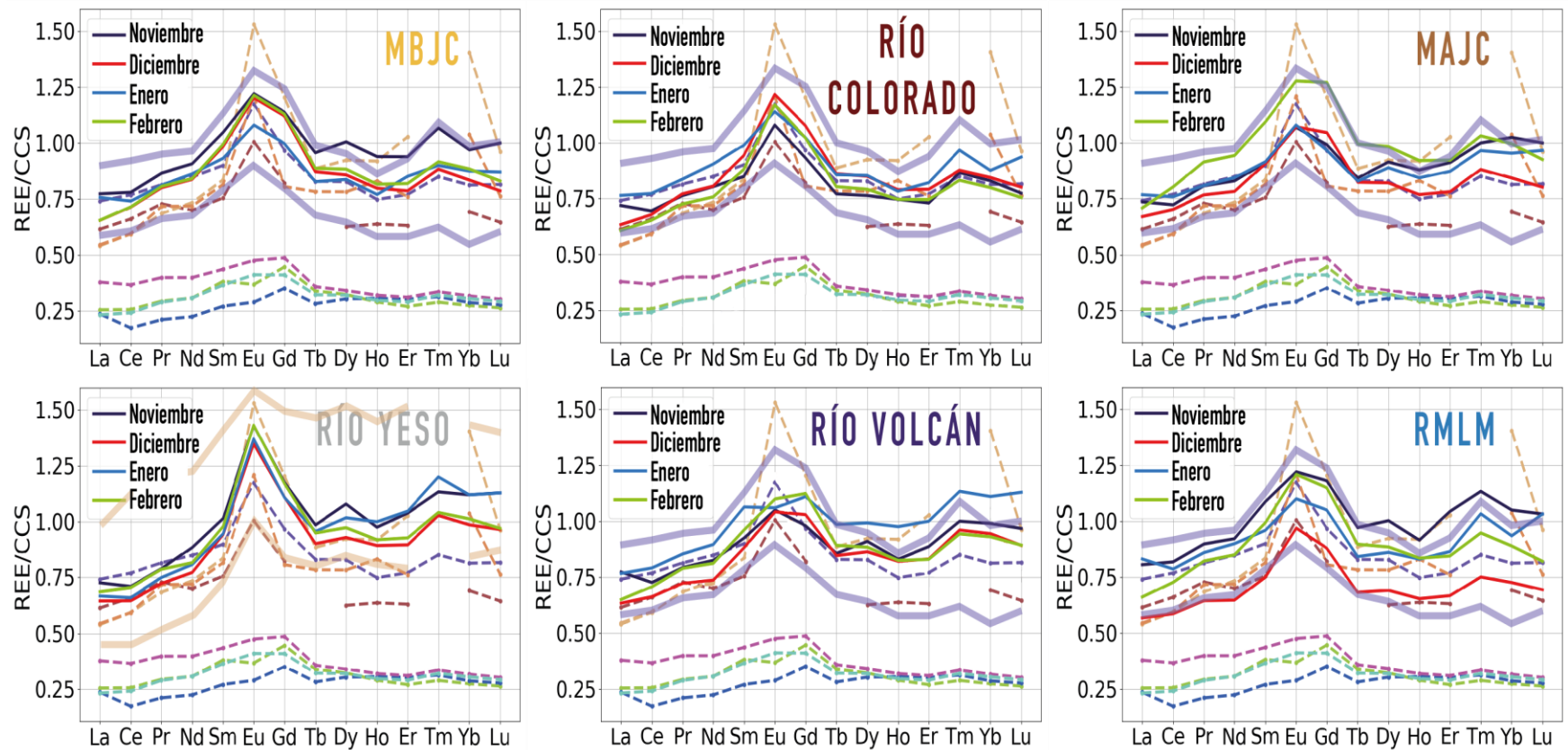


Figura 25. Diagramas spider de REE normalizados con la CCS en los que se grafican las concentraciones de REE para los meses de alto caudal en los distintos puntos de muestreo. Se comparan con REE promedio de las unidades geológicas de la zona de estudio (líneas segmentadas), que mantienen la simbología utilizada en la figura 18. En los diagramas se incluyen en franjas gruesas y traslucidas de los máximos y mínimos de concentración de la unidad volcánica cuaternaria (líneas moradas) y de la formación Abanico (línea beige) para el caso de Río Yeso.

3.3.3 Isótopos de Sr & Nd

Los análisis isotópicos de Sr y Nd se hicieron incluyendo los datos de las muestras dentro del gráfico $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs $e\text{Nd}$ generado para las unidades geológicas de la subcuenca RMA (*Figura 19*).

3.3.3.1 Variaciones espaciales

Para reconocer las variaciones espaciales se hizo un gráfico con los promedios de los meses de mayor caudal en cada punto de muestreo (*Figura 26*).

Al observar la *Figura 26*, es posible notar que las composiciones isotópicas promedio de las muestras de cada punto de muestreo, están dentro de la nube de datos de la unidad UVQ, con RMLM ubicado más al borde acercándose hacia Fm. Río Damas y Fm. Río Colina. Río Yeso por su parte está completamente alejada de las otras muestras, encontrándose dentro de la elipse de datos de Fm. Farellones. Los puntos MBJC y Río Colorado son muy parecidos, como también se parece MAJC con Río Volcán. Todas las muestras están cercanas al global terrestre que corresponde a la intersección de $e\text{Nd} = 0$ con la razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,705$. Se puede decir que mientras más a la derecha del global terrestre se encuentre la composición isotópica de la muestra, se tiene mayor aporte de rocas que han experimentado mayor diferenciación cortical, lo contrario pasa si $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0,705$, y que mientras más arriba se encuentre del global terrestre se tiene mayor aporte de rocas empobrecidas, menos diferenciadas y con posible proveniencia mantélica, se puede decir lo contrario con $e\text{Nd} < 0$.

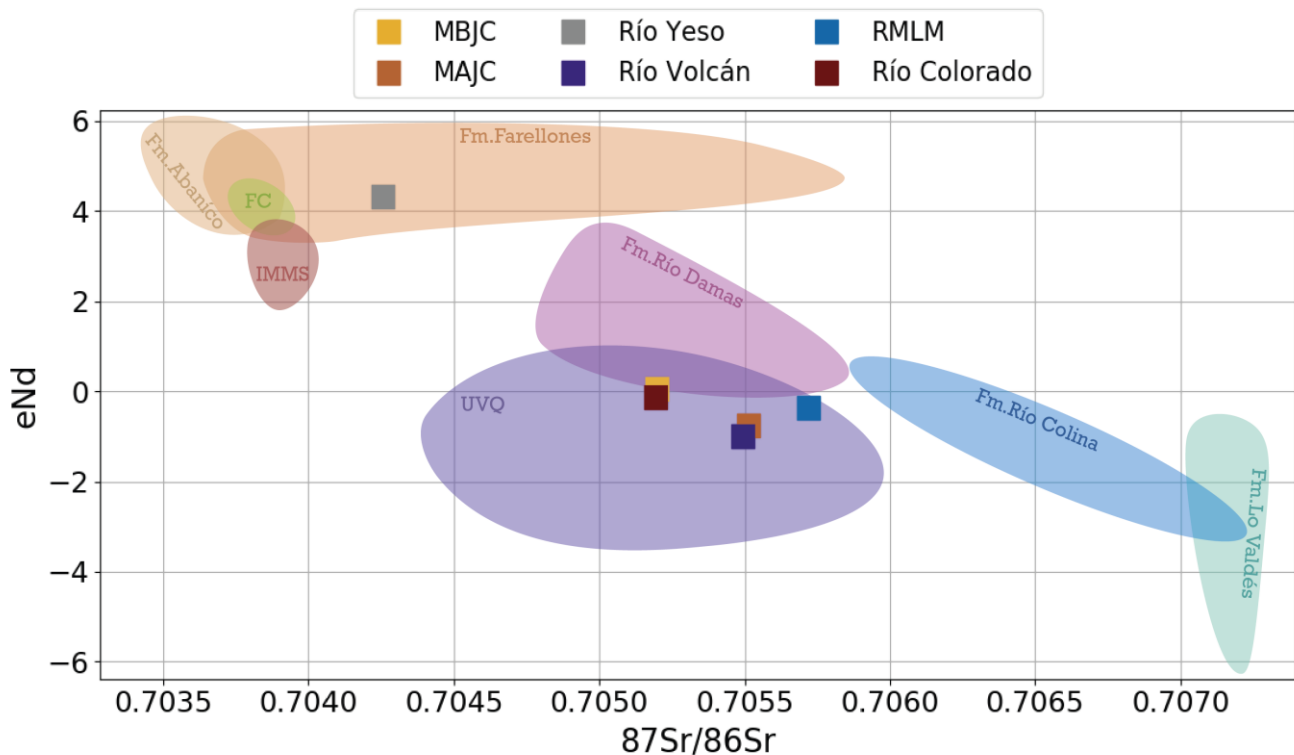


Figura 26. Gráfico de dispersión de valores isotópicos $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs eNd en los que se incluyen las concentraciones promedio en los meses de mayor caudal de los distintos puntos de muestreo.

3.3.3.2 Variaciones temporales

Para analizar estas variaciones se generaron gráficos para cada punto de muestreo con los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y eNd de las muestras tomadas en cada punto en los meses de alto caudal (Figura 27).

Lo que se puede observar en los gráficos (Figura 27), es que: las muestras de los distintos meses (noviembre a febrero) de los puntos de muestreo se emplazan principalmente dentro de la elipse de UVQ, exceptuando las muestras de Río Yeso que se ubican dentro de la elipse de Fm. Farellones, y de algunas muestras (noviembre y enero) de RMLM que salen levemente de la elipse de UVQ en dirección de la elipse de Fm. Río Colina; en el gráfico de MBJC, la muestra correspondiente al mes de febrero, se aleja un poco de los otros meses en dirección de las elipses de Fm. Abanico, Fm. Farellones, Fm. Colimapu e Intrusivos del Mioceno Medio Superior; en el gráfico de Río Volcán se ve que la muestra de noviembre está separada de las otras muestras que se encuentran agrupadas, en dirección de la elipse de Fm. Lo Valdés. En todos los puntos de muestreo, exceptuando RMLM, se ve que noviembre tiene mayor razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

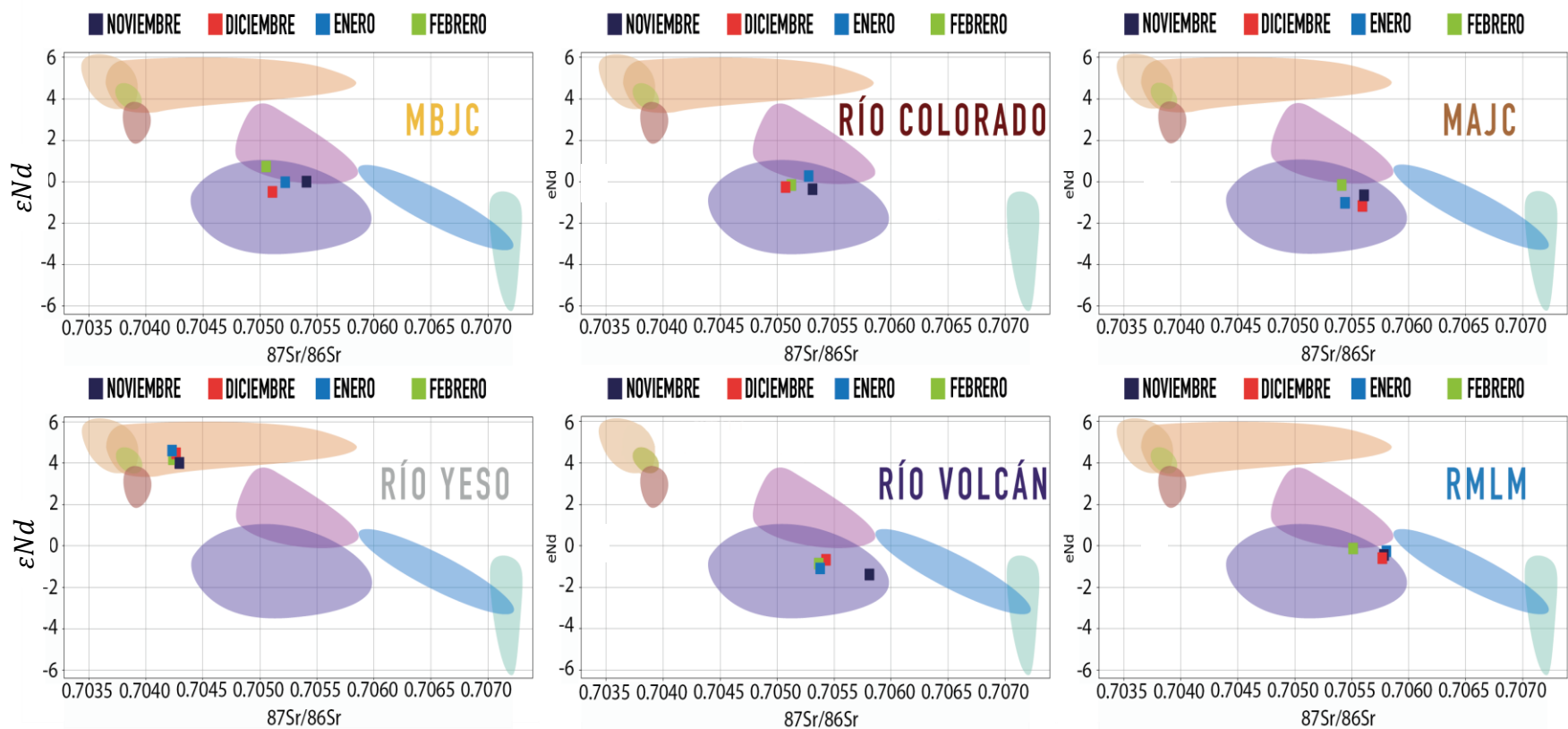


Figura 27. Gráficos de dispersión de valores isotópicos $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs ϵNd en los que se grafican los datos de los meses de alto caudal en los distintos puntos de muestreo.

Fm. Abanico, FF: Fm. Farellones, UVQ: Unidad Volcánica Cuaternaria, FRD: Fm. Río Damas, FRC: Fm. Río Colina, FC: Fm. Colimapu y FLV: Fm. Lo Valdés.

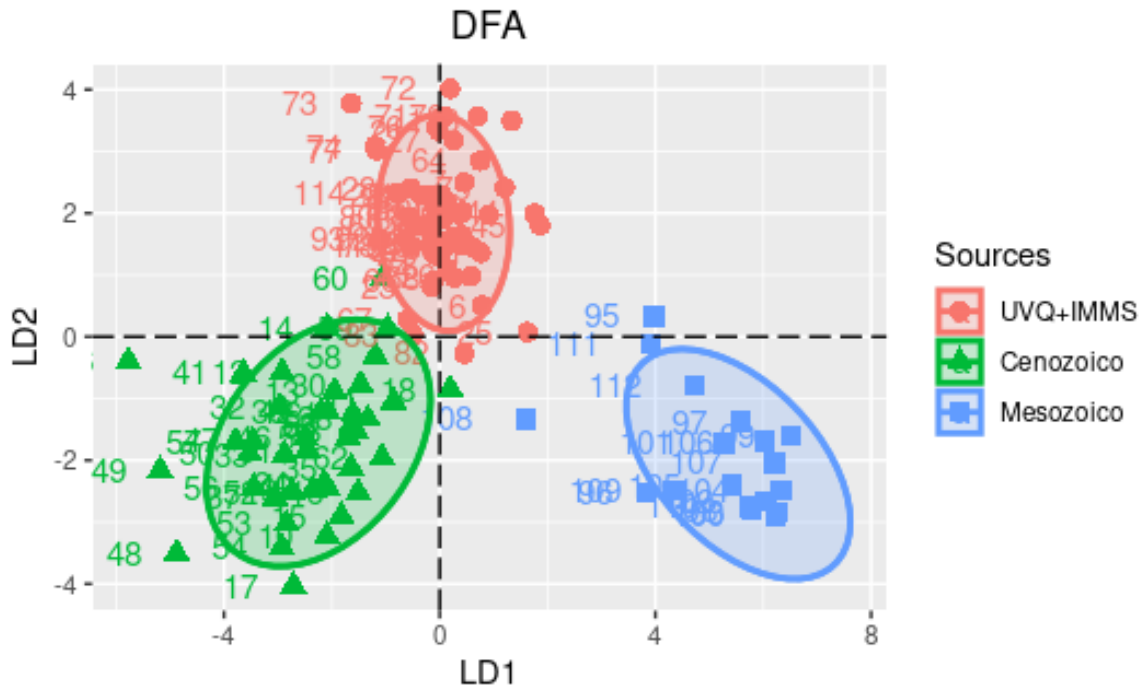


Figura 29. Gráfico LDA para las composiciones de elementos menores para las unidades geológicas de la subcuenca Río Maipo Alto, en donde se agrupan las unidades para conseguir 3 posibles fuentes. Se agrupan de la forma: Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior (UVQ+IMMS); Fm. Farellones y Fm. Abanico (Cenozoico); Fm. Río Damas, Fm. Río Colina, Fm. Colimapu y Fm. Lo Valdés (Mesozoico).

3.3.4.1 Variaciones espaciales

Se consiguieron los siguientes resultados para los modelos de mezcla empleados a los promedios de concentración de elementos menores de los puntos de muestreo para los meses de alto caudal:

En la Figura 30 se presenta el resultado para MBJC, donde se observa un aporte de ~40% de las rocas del Cenozoico, ~20% de las rocas del Mesozoico y ~39% desde la Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior.

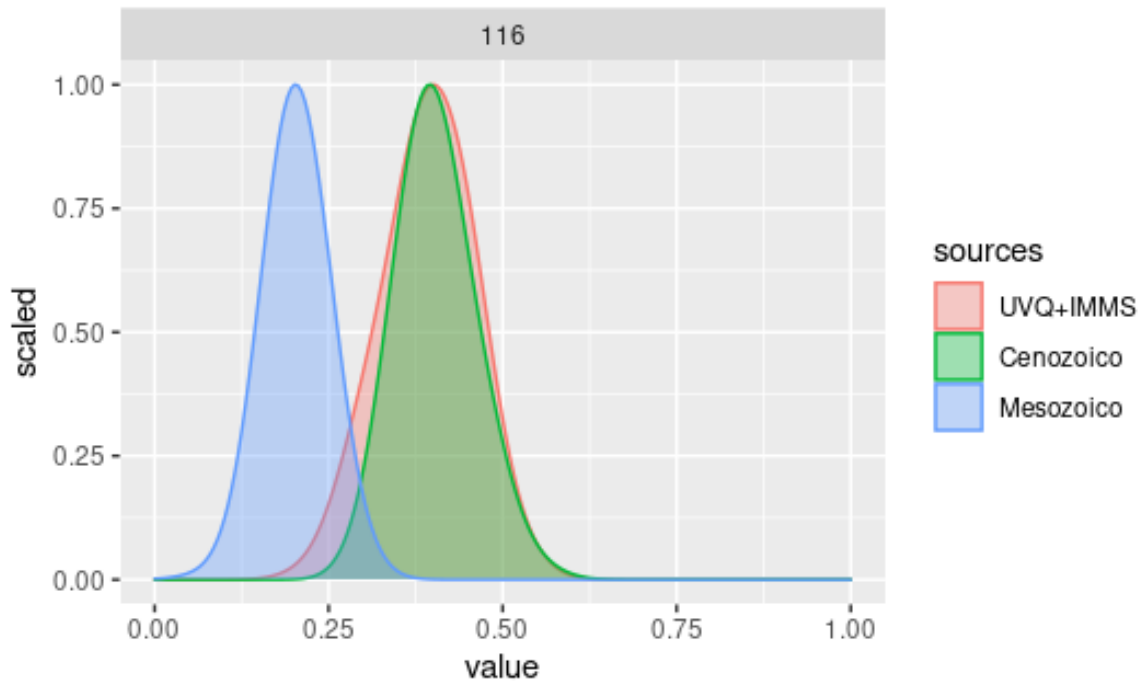


Figura 30. Gráfica de los aportes de las distintas fuentes en el punto MBJC obtenido del modelo de mezcla. Rojo: Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior, Azul: Mesozoico y Verde: Cenozoico.

Para la Figura 31 se tiene el resultado para Río Colorado, donde se obtiene un aporte de ~42% de las rocas del Cenozoico, ~32% de las rocas del Mesozoico y ~26% desde la Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior.

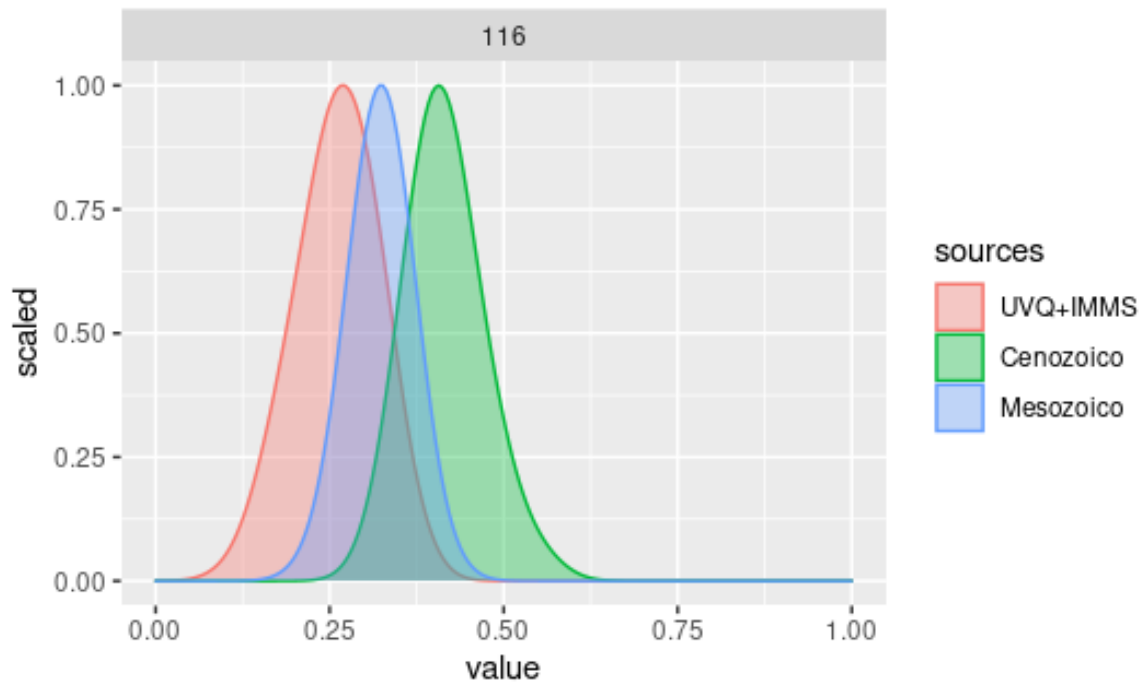


Figura 31. Gráfica de los aportes de las distintas fuentes en el punto Río Colorado obtenido del modelo de mezcla. Rojo: Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior, Azul: Mesozoico y Verde: Cenozoico.

El resultado para MAJC lo vemos en la *Figura 32*, donde se obtiene un aporte de ~56% de las rocas del Cenozoico, ~26% de las rocas del Mesozoico y ~18% desde la Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior.

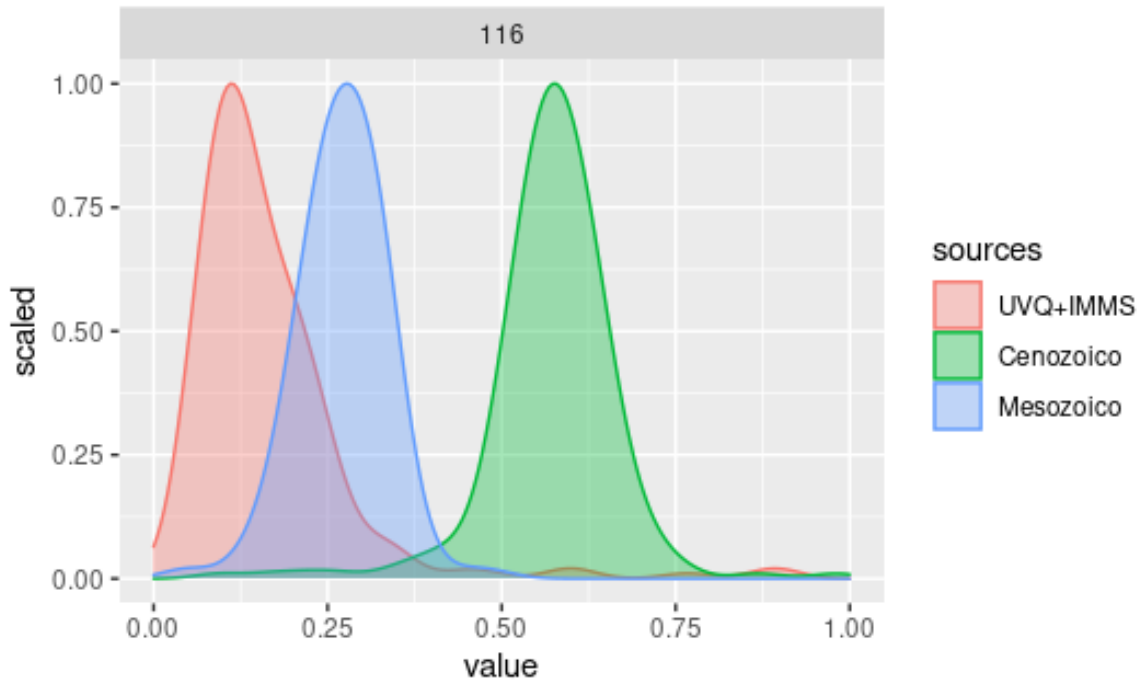


Figura 32. Gráfica de los aportes de las distintas fuentes en el punto MAJC obtenido del modelo de mezcla. Rojo: Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior, Azul: Mesozoico y Verde: Cenozoico.

En la *Figura 33* se ve el resultado para Río Volcán, donde se obtiene un aporte de ~43% de las rocas del Cenozoico, ~1% de las rocas del Mesozoico y ~56% desde la Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior.

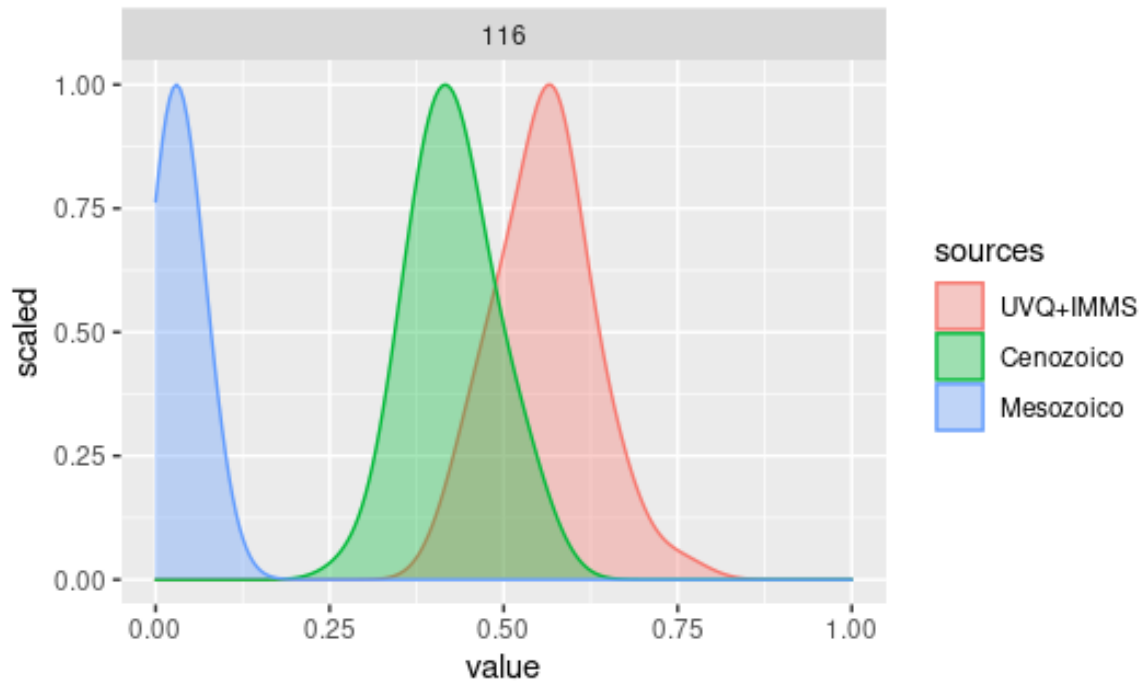


Figura 33. Gráfica de los aportes de las distintas fuentes en el punto Río Volcán obtenido del modelo de mezcla. Rojo: Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior, Azul: Mesozoico y Verde: Cenozoico.

En la Figura 34 se tiene el resultado para Río Maipo en Las Melosas, donde se obtiene un aporte de ~55% de las rocas del Cenozoico, ~30% de las rocas del Mesozoico y ~15% desde la Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior.

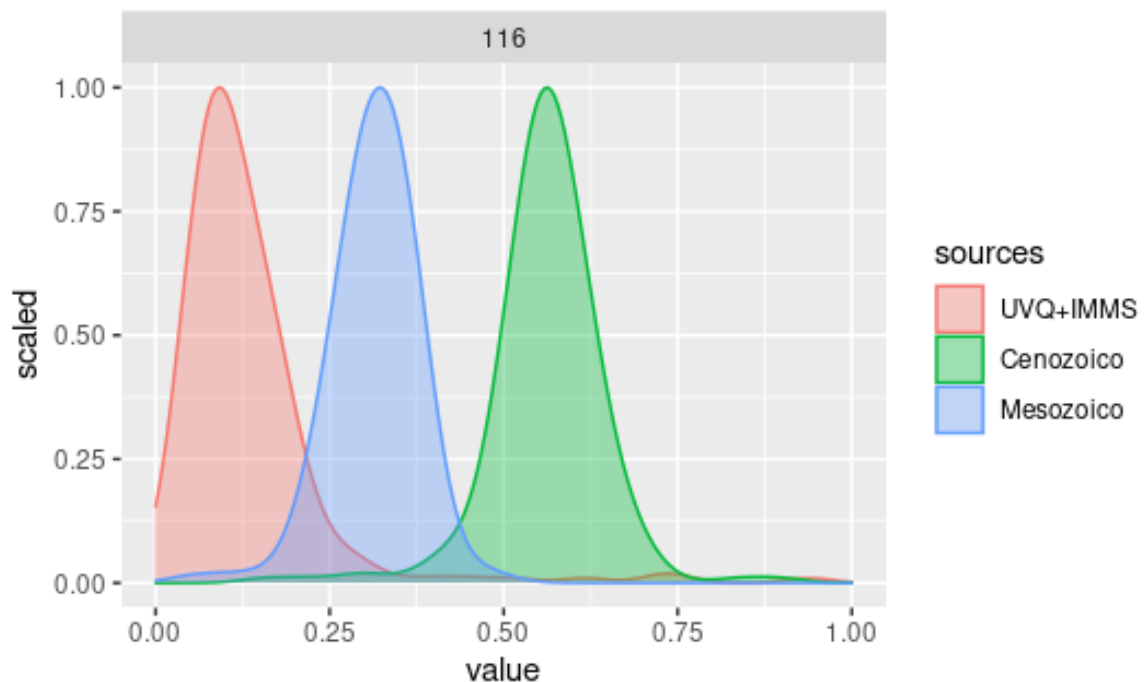


Figura 34. Gráfica de los aportes de las distintas fuentes en el punto RMLM obtenido del modelo de mezcla. Rojo: Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior, Azul: Mesozoico y Verde: Cenozoico.

Por último, la *Figura 35* nos muestra el resultado para Río Yeso, donde se obtiene que el sedimento está compuesto en mayor parte por rocas cenozoicas con el ~75%, seguidas por un aporte del ~19% de las rocas mesozoicas y con un ~6% de aporte de la Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior.

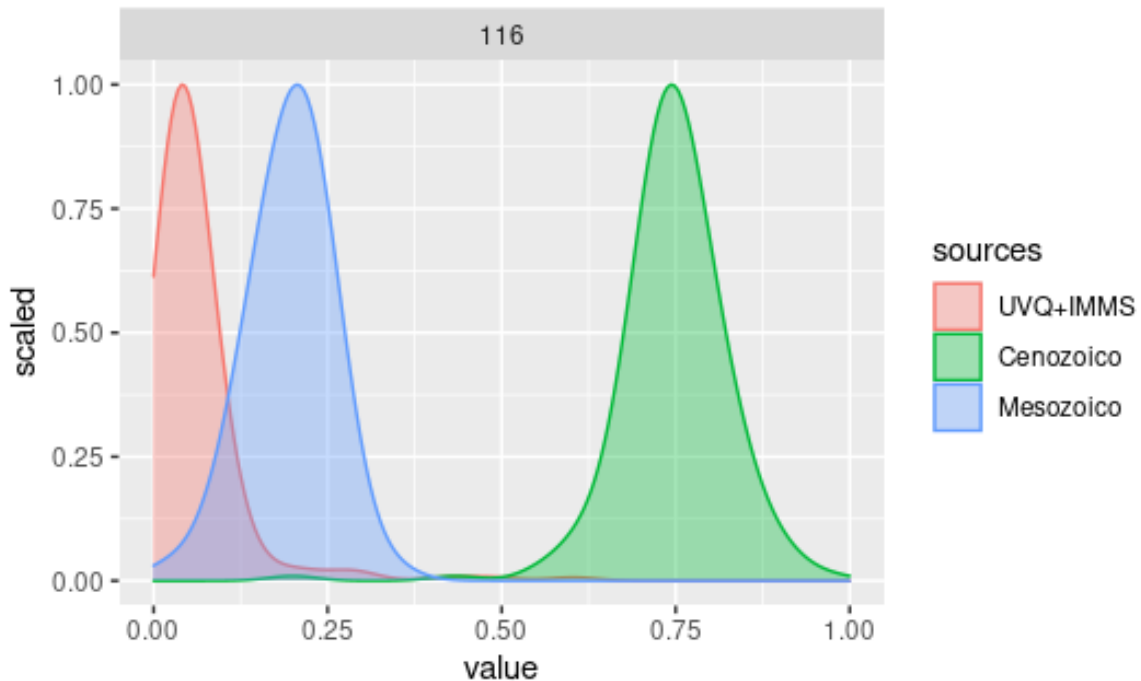


Figura 35. Gráfica de los aportes de las distintas fuentes en el punto Río Yeso obtenido del modelo de mezcla. Rojo: Unidad Volcánica Cuaternaria e Intrusivos del Mioceno Medio-Superior, Azul: Mesozoico, Verde: Cenozoico.

Al realizar los modelos de mezcla considerando como fuentes los distintos ríos que tributan al río Maipo, se obtienen los gráficos expuestos en las *Figura 36* y *37*. Se hacen dos modelos, considerando como mezcla al promedio de las muestras recolectadas en Maipo Antes Junta Colorado (MAJC) y también al promedio de las muestras provenientes de Maipo Bajo Junta Colorado (MBJC), y como fuentes a los puntos Río Yeso, Río Colorado, Río Volcán y Río Maipo en Las Melosas.

Del modelo con MAJC como mezcla (*Figura 36*), se obtiene que los aportes desde los tributarios del Maipo y lo que proviene del nacimiento y parte alta del mismo río Maipo, corresponden a 52% de sedimento proveniente de la parte alta del río Maipo (RMLM), el 44% lo aportaría el río Volcán y solo un 4% sería proveniente del río Yeso.

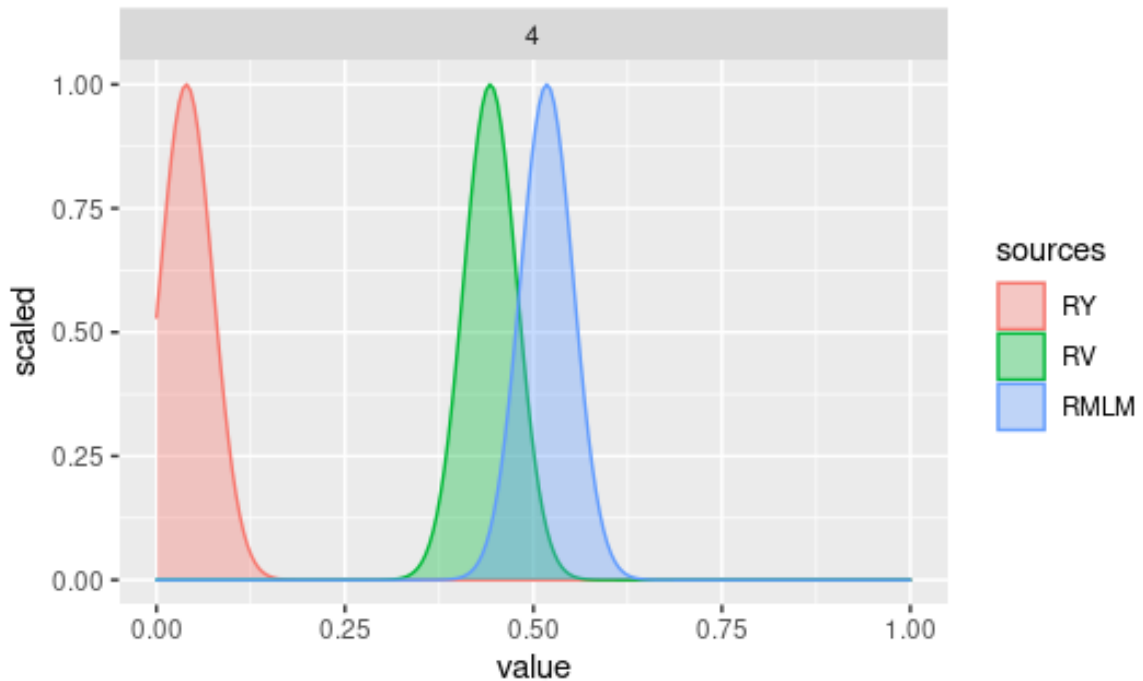


Figura 36. Gráfica de los aportes de los distintos tributarios en el punto Maipo Antes Junta Colorado (MAJC) obtenido del modelo de mezcla. Rojo: Río Yeso (RY), Verde: Río Volcán (RV), Azul: Río Maipo en Las Melosas (RMLM).

En la *Figura 37* se ve la gráfica de los aportes que tendrían los tributarios del río Maipo en la desembocadura de la subcuenca Río Maipo Alto (MBC), aquí se descarta el río Yeso como tributario dado el bajo aporte obtenido en MAJC (*Figura 34*). De este modo se tiene que el principal aporte es desde el río Colorado con un 56%, seguido el río Volcán con 33%, y por último se encuentra lo proveniente de la parte alta del río Maipo con un 11% de contribución.

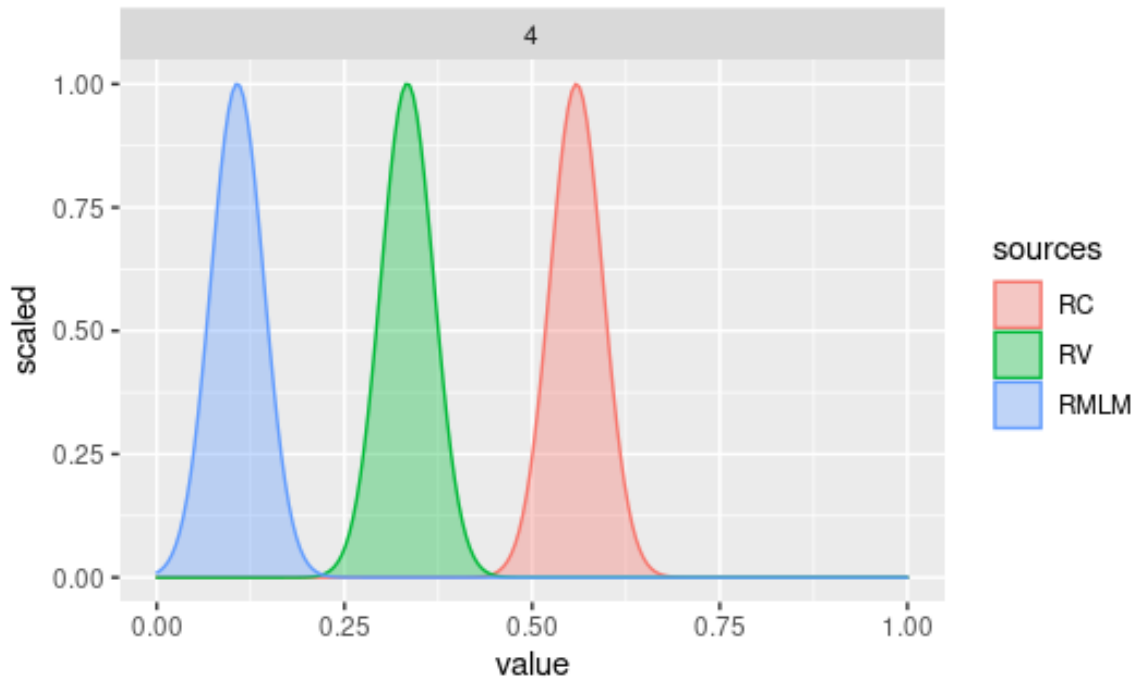


Figura 37. Gráfica de los aportes de los distintos tributarios en el punto Maipo Bajo Junta Colorado (MBJC) obtenido del modelo de mezcla. Rojo: Río Colorado (RC), Verde: Río Volcán (RV), Azul: Río Maipo en Las Melosas (RMLM).

3.3.4.2 Variaciones temporales

Con tal de ver las posibles variaciones temporales en el transporte de sedimento entre los meses de alto caudal, se ejecutaron modelos de mezcla a los puntos MAJC y MBJC como mezclas, y a los puntos Río Colorado, Río Yeso, Río Volcán y Río Maipo en Las Melosas, como las fuentes, para los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero.

MAJC

En la Figura 38 se tiene los resultados obtenidos para noviembre en MAJC. Aquí se tiene que el mayor aporte es desde el río Volcán, con un 90% de contribución, lo sigue RMLM con un 9% de aporte y por último el río Yeso con tan solo un <1%.

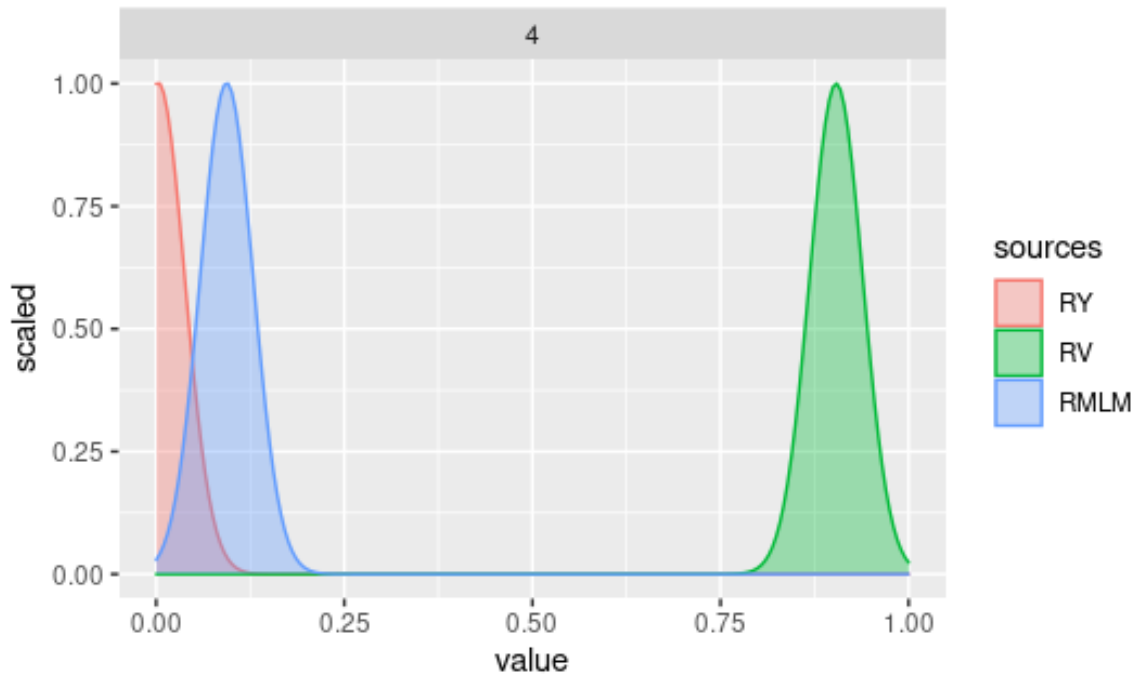


Figura 38. Gráfica de los aportes de los distintos tributarios en el punto Maipo Antes Junta Colorado (MAJC) obtenido del modelo de mezcla para noviembre. Rojo: Río Yeso (RY), Verde: Río Volcán (RV), Azul: Río Maipo en Las Melosas (RMLM).

Para enero en MAJC, se tiene el resultado del modelo de mezcla expuesto en el gráfico de la Figura 39, en el que se obtiene que esta vez es Río Yeso quien predomina aportando el 48%, seguida por Río Volcán con el 35% y por último RMLM con un 17%.

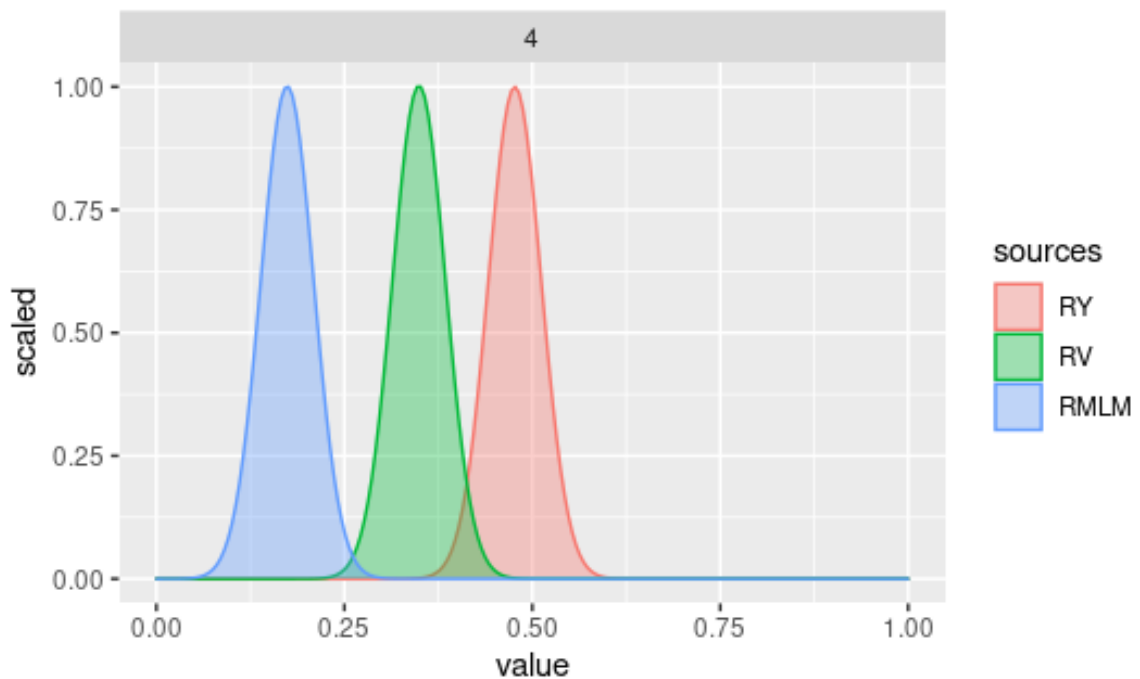


Figura 39. Gráfica de los aportes de los distintos tributarios en el punto Maipo Antes Junta Colorado (MAJC) obtenido del modelo de mezcla para enero. Rojo: Río Yeso (RY), Verde: Río Volcán (RV), Azul: Río Maipo en Las Melosas (RMLM).

MBJC

En cuanto al punto Maipo Bajo Junta Colorado, se tiene para diciembre (Figura 40), que el aporte principal es desde Río Colorado, con un 44% de contribución, luego está Río Volcán con el 39% y por último RMLM con el 16%.

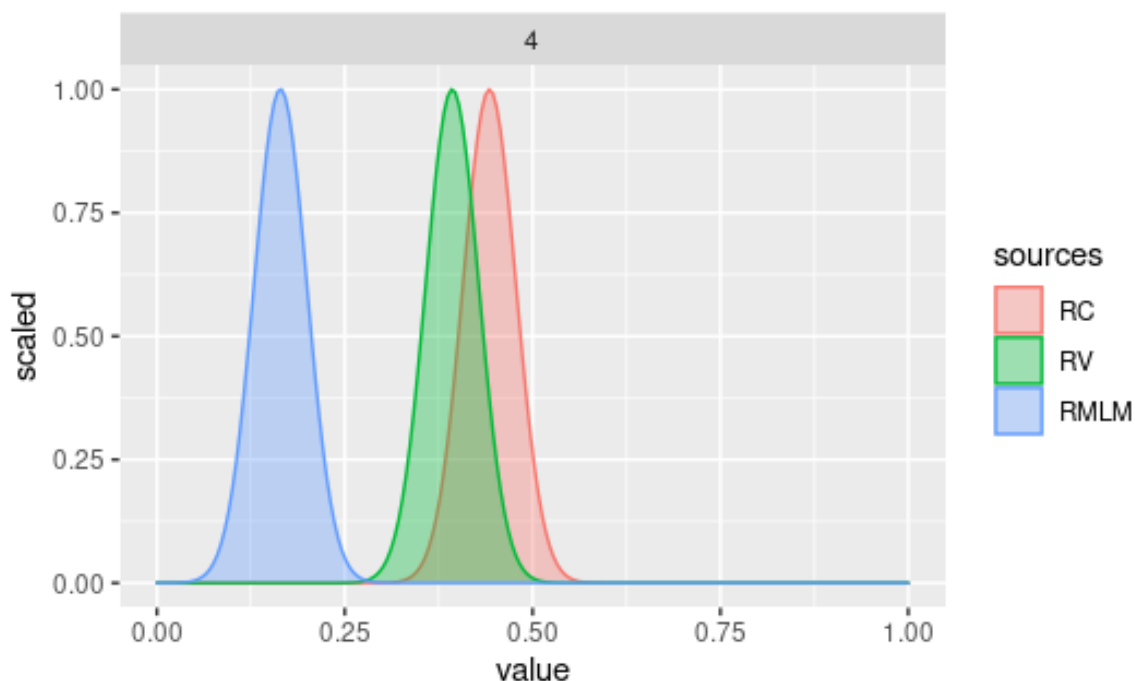


Figura 40. Gráfica de los aportes de los distintos tributarios en el punto Maipo Bajo Junta Colorado (MBJC) obtenido del modelo de mezcla para diciembre. Rojo: Río Colorado (RC), Verde: Río Volcán (RV), Azul: Río Maipo en Las Melosas (RMLM).

Lo que respecta al mes de febrero se ve en la Figura 41, donde se obtiene que el aporte principal es nuevamente desde Río Colorado, con el 64%, lo sigue esta vez RMLM, el que tendría un 20% de presencia y por último Río Volcán es responsable del 16%.

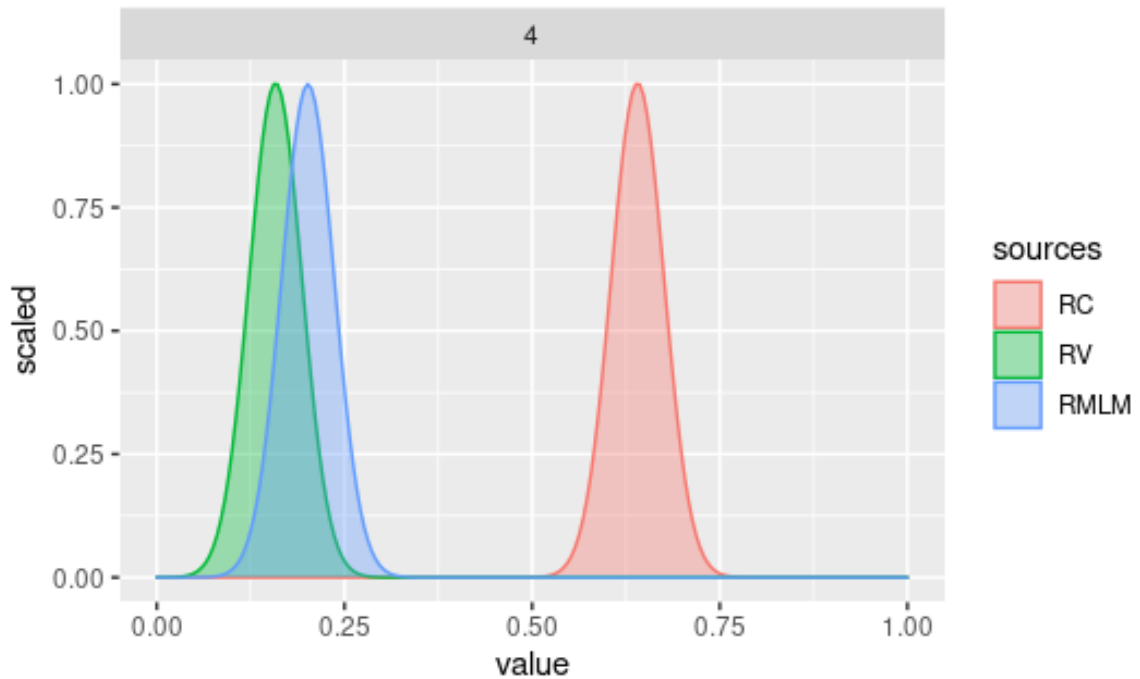


Figura 41. Gráfica de los aportes de los distintos tributarios en el punto Maipo Bajo Junta Colorado (MBJC) obtenido del modelo de mezcla para febrero. Rojo: Río Colorado (RC), Verde: Río Volcán (RV), Azul: Río Maipo en Las Melosas (RMLM).

Todos los resultados obtenidos en los modelos de mezcla se muestran en la *Tabla 4*, en la que se incluyen el par de trazadores seleccionados, el GOF asociado a cada modelo de mezcla hecho, y los porcentajes de aporte de cada fuente.

Tabla 4. Se indica el porcentaje de contribución de cada fuente en cada punto de monitoreo, con sus respectivos GOF asociados, y el par de indicadores seleccionados. Los primeros 6 resultados corresponde a los modelos realizados a los promedios de concentración en cada punto de muestreo, los resultados “_Des” corresponden a los modelos que se toma como fuente a los tributarios del río Maipo, y por último los datos “_Nov, _Dic, _Ene y _Feb” corresponden a los modelos para cada mes de alto caudal, con MBJC y MAJC de mezclas.

Punto de monitoreo	Indicadores	GOF	Mesozoico	Cenozoico	UVQ+IMMS	
MBJC	Lu-Th	0,99861	0,20334	0,40401	0,39265	
Río Colorado	Lu-Th	0,99861	0,32317	0,41565	0,26118	
MAJC	Lu-Ta	0,99793	0,25472	0,56140	0,18389	
Río Volcán	Ce-Yb	0,99870	0,01392	0,42717	0,55891	
RMLM	Lu-Ta	0,99808	0,30132	0,55114	0,14755	
Río Yeso	Lu-Ta	0,99839	0,19055	0,74748	0,06198	
			Río Colorado	Río Yeso	Río Volcán	RMLM
MBJC_Des	Sr-Ba	0,99851	0,55903	—	0,33370	0,10727
MAJC_Des	Ni-Sr	0,99836	—	0,03961	0,44263	0,51777
MBJC_Nov	Ba-Ce	0,95923	0,53058	—	-0,33218	0,80160
MBJC_Dic	Sr-Y	0,99886	0,44262	—	0,39304	0,16434
MBJC_Ene	Sr-Ba	0,99841	0,82069	—	0,24459	-0,06528
MBJC_Feb	Ni-Sr	0,99850	0,64050	—	0,15818	0,20132
MAJC_Nov	Rb-Ba	0,99880	—	0,00259	0,90379	0,09363
MAJC_Dic	Sr-Nb	0,99849	—	-0,16749	0,41910	0,74839
MAJC_Ene	Zr-Ba	0,99872	—	0,47673	0,34926	0,17400
MAJC_Feb	Ni-Zr	0,99865	—	-0,12769	0,50441	0,62328

4 Discusión

4.1 Composición geoquímica de las rocas de la cuenca del Maipo

Comenzando por el análisis geoquímico de elementos mayores, se observa una tendencia a la separación por Era de las unidades geológicas, un grupo de rocas mesozoicas (Fm. Colimapu, Fm. Río Colina, Fm. Río Damas y Fm. Lo Valdés) y otro grupo de rocas cenozoicas (Fm. Abanico, Fm. Farellones, Intrusivos del Mioceno Medio-Superior y la Unidad Volcánica Cuaternaria). La diferencia la marcaría principalmente el Ca de lo que se puede observar en los diagramas ternarios para las unidades geológicas (*Figura 17*, sección 3.2.2; Anexo D, *Figura 43* para más detalle). El hecho que se tenga esta diferencia en las concentraciones de Ca entre las rocas mesozoicas y cenozoicas, se debe a que las rocas mesozoicas corresponden principalmente a rocas sedimentarias calcáreas y con presencia fosilífera, reflejando así mayor concentración de carbonatos en relación a las rocas cenozoicas. Por su parte las rocas cenozoicas al ser en su mayoría rocas volcánicas, donde se tienen andesitas, riolitas y basaltos, presentan mayor concentración de SiO₂ en comparación a las mesozoicas, al igual que mayor concentración de alcalinos, vinculado al contenido de plagioclasas y feldespato.

Por otra parte, el análisis geoquímico de las REE, muestra igualmente una separación de unidades geológicas por Era, teniendo las unidades cenozoicas agrupadas con mayores concentraciones de REE y con notoria anomalía positiva de Eu, lo cual se relacionaría con las plagioclasas presentes en estas rocas que son principalmente de origen volcánico, en relación a las unidades mesozoicas que tienen bajas concentraciones de REE, con curvas más planas y con una leve anomalía en Gd (*Figura 18*), consistente con este tipo de roca sedimentaria que se asemeja a la corteza continental superior.

Esta agrupación de rocas por Era, se puede ver y corroborar a través del gráfico de análisis discriminante lineal (LDA) generado a través de FingerPro cuando se ejecutó el modelo de mezcla con datos de elementos menores (*Figura 28*), donde el LDA hace el uso del teorema de Bayes para estimar la probabilidad de que una observación, dado un determinado valor de los predictores, pertenezca a cada una de las variables consideradas.

En vista del gráfico LDA (*Figura 28*), se agrupan las formaciones Río Damas (FRD), Río Colina (FRC), Colimapu (FC) y Lo Valdés (FLV), correspondientes a las unidades mesozoicas, por otra parte se agrupan las formaciones Abanico (FA) y Farellones (FF), en esta oportunidad consideradas las unidades cenozoicas, y separadas esta vez en otro grupo la Unidad Volcánica Cuaternaria (UVQ) y los Intrusivos del Mioceno Medio-Superior (IMMS), obteniendo un nuevo gráfico LDA como el que se muestra en la *Figura 29*.

En lo que respecta a los análisis isotópicos de Sr y Nd en las unidades geológicas que se encuentran en la subcuenca RMA, realizados a través de los gráficos de la razón ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr versus el coeficiente

eNd (*Figura 19*), es inmediato notar como existe menor intersección entre los conjuntos de datos de las distintas unidades, incluso separándose las elipses de datos de cada unidad, no obstante, existe intersección significativa entre las formaciones Abanico, Farellones y Colimapu. Respecto a la disposición de las elipses de las distintas formaciones en el gráfico realizado (*Figura 19*), es consistente con lo conocido en la literatura, en donde se tiene que para valores eNd < 0 y una razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0,705$ se trata de fuentes enriquecidas, como también que si sus razones varían entre los 0,705-0,735 es debido a la diferenciación en la corteza (White, 2003), lo cual se tiene para las formaciones Lo Válde, Río Colina y Río Damas. Por el contrario, si se tiene valores eNd > 0 y una razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0,705$, se trata de rocas empobrecidas, y se estima que para razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ que varían entre los 0,699-0,706 se tendrían rocas derivadas del manto, lo cual se ve en las formaciones Abanico, Farellones y Colimapu.

El hecho que se tenga a la Fm. Colimapu intersectando a las formaciones Abanico y Farellones, causa curiosidad, ya que se trata de unidades con características muy distintas, dejando por lo tanto despierta la expectación a un análisis que explique las razones de esto.

4.2 Variaciones espaciales en la composición del sedimento analizado

Todas las muestras analizadas en este estudio, mediante el promedio de concentración de elementos mayores, se ubican ya sean cercanas o dentro del grupo de las unidades del Cenozoico (*Figura 20* y *21*, sección 3.3.1), implicando que sean estas unidades las principales fuentes de sedimento. En las muestras que tienden a despegarse un poco del grupo de rocas cenozoicas, pueden estar mostrando un aporte mayor desde las unidades mesozoicas, ya que se inclinan en la dirección del grupo de esas rocas.

En cuanto al diagrama A-CN-K para observar las variaciones espaciales relacionada a la meteorización de silicatos (Nesbitt y Young, 1982) (*Figura 20*), es posible apreciar diferencias en las concentraciones de Ca y Na entre los distintos puntos de muestreo, indicando que hay variación espacial entre zonas de la subcuenca RMA. Estas variaciones con tendencia paralela a la arista A-CN puede tener explicación por diferencias en la meteorización de plagioclasas, habiendo mayor influencia en el punto RMLM, que sería el punto en el que mayor carga en suspensión relacionada al Ca y Na transporta el río Maipo, y por tanto sobre este punto dominaría más la disolución de plagioclasas. Por otra parte, para el diagrama A-CNK-FM (*Figura 21*) se ve una alineación de los puntos con una tendencia en dirección del vértice FM, mostrando también una variación espacial entre los distintos puntos de muestreo, lo cual se explicaría como una diferencia en la mezcla de distintas rocas fuente, dado que tienen una variación perpendicular a la tendencia de meteorización esperada, siendo así inconsistente con que se tratase de meteorización según McLennan et al. 1993.

Al hacer el análisis de REE para las muestras de este estudio, se puede ver que casi todos los puntos de muestreo tendrían principal aporte de sedimento desde la Unidad Volcánica Cuaternaria, siendo solo Río Yeso el punto que tiene como fuentes principales las Fm. Abanico y Fm. Farellones, todo en relación a las similitudes en la forma de las curvas de REE de las muestras con las curvas de esas unidades geológicas de la subcuenca RMA (*Figura 24*). Las curvas de los distintos puntos de

muestreo presentan ciertas semejanzas por segmentos con algunas unidades geológicas u otras, lo que se interpreta como aportes en distintas proporciones desde las posibles fuentes en los distintos meses, esto se puede ver en las HREE (similitud en las anomalías de Gd) de las muestras que se asemejan al comportamiento de las rocas mesozoicas. Posiblemente porque estas unidades geológicas aportan más REE en el sedimento $<125 \mu\text{m}$, debido a que son meteorizadas principalmente en minerales que contienen REE, pero lo que no dice que predominen en el aporte de sedimento total al río Maipo y sus tributarios.

De la gráfica obtenida de isótopos de Sr y Nd (*Figura 26*), se ve que el promedio de concentración para todos los puntos de estudio, exceptuando Río Yeso, se encuentran ubicados en la elipse de datos de UVQ, lo que se podría interpretar como que es la Unidad Volcánica Cuaternaria la fuente de sedimento que más aporta material fino ($<125 \mu\text{m}$) a los ríos. Por su parte, el promedio de Río Yeso cae en la elipse FF, por lo que probablemente Fm. Farellones sea la mayor fuente de sedimento en la subsubcuenca Río Yeso.

De los modelos de mezcla aplicados y expuestos en la sección 3.3.4, se tiene que para todos los puntos de muestreo hay un mayor aporte desde las rocas del Cenozoico, exceptuando a Río Volcán, donde se obtiene que es desde la Unidad Volcánica Cuaternaria (UVQ) el principal aporte de sedimento (*Tabla 4*); si bien la fuente del modelo de mezcla se considera en conjunto de los Intrusivos del Mioceno Medio-Superior (IMMS), se asume que el aporte de IMMS debe ser menor ya que es solo el ~3% de la superficie de la subsubcuenca Río Volcán, mientras que UVQ es el ~16% de esta subsubcuenca (*Tabla 2*). El hecho que se tenga un mayor aporte de sedimento desde las rocas cenozoicas podría estar relacionado al área de ocupación de estas unidades en la cuenca, donde se tiene que en 5 de las 8 subsubcuencas el mayor porcentaje en área es de las unidades cenozoicas, y para el caso de río Yeso se tiene además una barrera de sedimento con el Embalse El Yeso que en ese valle se emplaza, atrapando ahí gran parte del sedimento proveniente de las unidades mesozoicas y de las unidades volcánicas. Para el caso del punto de estudio Río Volcán, si bien las unidades volcánicas más los intrusivos corresponden a solo el ~19% de la superficie de la subsubcuenca, se tiene que las unidades volcánicas se emplazan en la parte más alta de la cuenca y de mayores pendientes, donde a su vez se encuentran glaciares y nieves eternas, factores que provocarían la erosión de estas rocas y así un mayor aporte de sedimento al sistema desde estas unidades, otro factor es el lugar donde se tomaron las muestras, que es aproximadamente la zona donde aparecen recién las formaciones cenozoicas río abajo en el valle del río Volcán, y por tanto ha de predominar el sedimento proveniente de zonas más altas (unidades mesozoicas y unidades volcánicas).

De todos los puntos de muestreo donde el aporte de las rocas cenozoicas es mayor, exceptuando MBJC, se tiene a las unidades mesozoicas como la segunda fuente con mayor aporte, en el caso de MBJC se tiene que la segunda fuente de mayor aporte es UVQ+IMMS. Tener a las rocas mesozoicas como segunda fuente hace sentido ya que esas formaciones, en casi todas las subsubcuencas, ocupan el segundo porcentaje en área de las subsubcuencas. Lo que ocurre en MBJC tiene posiblemente explicación en el hecho que el punto de muestreo está ubicado entre dos afloramientos de la unidad de Intrusivos del Mioceno Inferior, los cuales posiblemente tengan firmas químicas similares a las de IMMS y estén aportando sedimento a corta distancia del punto de interés.

4.3 Variaciones temporales en la composición del sedimento analizado

Viendo las variaciones temporales en los diagramas A-CN-K y A-CN-K-FM (*Figura 22 y 23* respectivamente), muestran también variación entre los distintos meses en todos los puntos, exceptuando a RMLM que no presenta variación en ninguno de los dos gráficos, y Río Yeso que no muestra variación en el diagrama A-CN-K, lo cual entonces se puede interpretar como que en Río Yeso predomina la mezcla de fuentes (McLennan et al. 1993). Es para el mes de noviembre que en todos los puntos de muestreo, exceptuando Río Yeso, se ve una mayor concentración de Ca y Na en la *Figura 22*, siendo entonces en ese mes mayor la influencia de disolución de plagioclasa. En cuanto a los diagramas A-CN-K-FM (*Figura 23*), se ve que en febrero para los puntos MBJC, Río Colorado, MAJC tienen una mayor proporción de Fe y Mg, lo cual tiene explicación a través de la mezcla y el posible mayor aporte de carga de suspensión desde rocas andesíticas (McLennan et al. 1993).

Revisando los diagramas de REE de los puntos de muestreo con más detalle, tomando en cuenta los distintos meses de alto caudal (*Anexo D, Figura 44-47*), se puede ver como el punto Maipo Bajo Junta Colorado (MBJC) se asemeja y es casi coincidente con Río Maipo Las Melosas (RMLM) en el mes de noviembre (*Anexo D, Figura 44*), para el mes de diciembre (*Anexo D, Figura 45*) MBJC pasa a coincidir con Río Colorado, y Maipo Antes Junta Colorado (MAJC) es casi coincidente con Río Volcán en gran parte de la curva, a excepción de las HREE donde MAJC es idéntica y coincidente con MBJC y Río Colorado. En enero (*Anexo D, Figura 46*), MBJC es coincidente con MAJC y se asemejan a su vez con Río Colorado y RMLM, y por último en febrero (*Anexo D, Figura 47*), se tiene que MBJC es prácticamente idéntica a RMLM, e imitan en cierta medida a Río Volcán y MAJC. Todo lo mencionado demuestra como el río Maipo tiene mayor aporte de sedimento desde distintos tributarios, y por tanto desde distintas zonas de RMA, en los distintos meses de alto caudal, siendo en noviembre y febrero sedimento proveniente de la zona sur de la subcuenca RMA, en diciembre provendría de la zona norte de RMA, y en enero la similitud y coincidencia entre los puntos de muestreo imitan a su vez la curva de UVQ, indicando así que el aporte de sedimento vendría del borde Este de la subcuenca (*Figura 42*).

Todas las muestras consideradas en el presente estudio tienen variaciones temporales en las concentraciones de isótopos en los distintos meses de alto caudal. Se tiene en el caso de las muestras de diciembre a febrero de RMLM, una tendencia a salir levemente de la elipse de UVQ, en dirección de la elipse de FRC, lo que indicaría que en esos meses es muy probable que exista aportes de sedimento mayores desde Fm. Río Colina en este punto (RMLM, *Figura 27*), esto es particular y de destacar ya que Fm. Río Colina tiene un porcentaje de presencia muy baja (<0,06%) en el área que comprende RMLM (*Tabla 2*). Por otro lado, en Río Volcán se tiene que en noviembre este se mueve en dirección de FLV (Río Volcán, *Figura 27*), alejándose de los otros meses que se encuentran agrupados y más al centro de la elipse UVQ, dando a pensar que en noviembre se tiene un mayor aporte de sedimento desde Fm. Lo Valdés

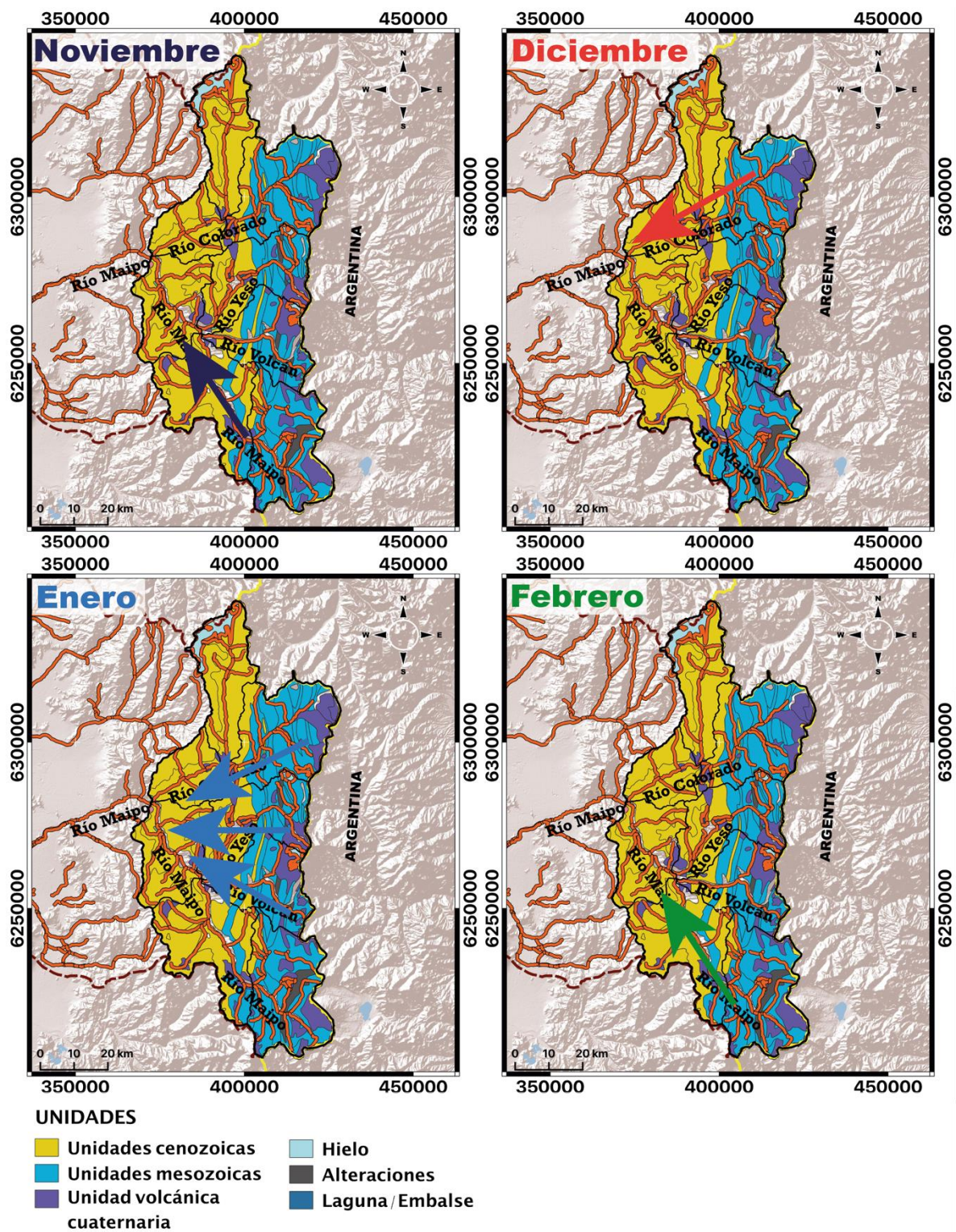


Figura 42. Mapa geológico de la subcuenca RMA simplificado a las unidades cenozoicas, unidades mesozoicas y la Unidad Volcánica Cuaternaria (considerando en ella a los Intrusivos del Mioceno Medio-Superior). Las flechas indica de donde vendría el aporte de sedimento principalmente en los distintos meses, donde la flecha morada corresponde a noviembre, la flecha roja a diciembre, las flechas azules a enero y la flecha verde a febrero.

En relación a los análisis estadísticos realizados para ver la variación temporal, se obtiene que existiría dicha variación en el aporte de cada tributario en los distintos meses de alto caudal, según lo indicado por el modelo de mezcla aplicado. Estas variaciones se ven utilizando dos puntos como mezcla, MBJC y MAJC, y es posibles notar diferencias a pesar de tener resultados con aportes negativos desde algunos tributarios, en los meses de noviembre y enero para MBJC, desde Río Volcán y desde la parte alta del río Maipo (RMLM) respectivamente, y en los meses de diciembre y febrero para MAJC, desde Río Yeso en ambos meses.

Estos aportes negativos, para el caso de MAJC, podrían tener explicación en el hecho que el río Yeso corre con aguas prácticamente traslucidas, con muy poco material en suspensión, y que ha de transportar más sedimento en las oportunidades que hay nieve a disposición para causar escorrentías con su derretimiento, o bien cuando abren las compuertas en el embalse El Yeso, haciendo que aumente el caudal del río aguas abajo. De este modo, el que indique aportes negativos puede que se trate por un prácticamente nulo aporte de sedimento menor a 125 μm desde este tributario. Siguiendo esta misma línea, para el caso de MBJC, el hecho que se obtengan aportes negativos, se puede deber a un bajo aporte desde esos tributarios al Maipo en esos meses.

Independiente a lo anterior, se tiene dos meses para MBJC y MAJC en los que el modelo de mezcla se desarrolla con “normalidad”. Primero, para MAJC se obtiene que en noviembre el 90% del sedimento proviene desde el río Volcán, y que para enero el principal aporte es desde el río Yeso con un 47% del total de sedimento transportado en el punto Maipo Antes Junta Colorado. El hecho que se tenga en enero mayor aporte desde el río Yeso, puede tener explicación en que en esas fechas quizás fueron abiertas las compuertas del embalse El Yeso, generando así un aumento de caudal y un consecuente mayor transporte de sedimento. Segundo, en el caso de MBJC se tiene que, tanto en diciembre como en febrero, el mayor aporte de sedimento proviene desde el río Colorado, aunque con un 20% de variación porcentual en el aporte entre diciembre y febrero. Por otra parte, el segundo tributario con mayor aporte de sedimento si varía entre meses para MBJC, teniendo que en diciembre el segundo mayor aporte proviene desde el río Volcán, y en febrero proviene desde la parte alta del río Maipo. Todo lo anterior, nos indicaría una variación temporal en las dinámicas de movimiento del sedimento en la subcuenca del río Maipo, proviniendo desde distintas subsubcuencas en los distintos meses de una temporada de alto caudal.

4.4 Aporte de los tributarios del río Maipo

Observando el aporte promedio de los distintos tributarios en dos puntos de interés el realizar modelos de mezcla, uno en el punto Maipo Antes Junta Colorado (MAJC), para ver en esa parte de la subcuenca los aportes desde los ríos Yeso, Volcán y desde la parte alta del río Maipo, donde se obtiene que el río Yeso solo aporta un ~4%, siendo la fuente con menor aporte al cause del Maipo, y que la principal contribución de sedimento al río Maipo en este punto, es desde su origen y parte alta (RMLM), con un ~52% del total. El otro punto de interés corresponde a Maipo Bajo Junta Colorado (MBJC), el cual es el punto de desembocadura de la subcuenca Río Maipo Alto, en el que se obtiene que el aporte vendría principalmente desde el río Colorado con un ~56%, seguido por río Volcán con ~33% y RMLM con un ~11%.

El que se tenga un bajo aporte de sedimento desde el río Yeso en MAJC, tendría explicación a la baja carga de sedimento en suspensión que transporta este tributario del río Maipo, seguramente debido al estancamiento que genera el embalse, y es por esta razón que luego en el modelo de mezcla aplicado a MBJC se hace sin considerar al río Yeso como tributario. Que el aporte principal sea desde el río Colorado en MBJC hace sentido, ya que este punto de muestreo se encuentra en el río Maipo cercano a la desembocadura del río Colorado, y se ve también una disminución en el porcentaje de contribución desde las fuentes a medida estas son más lejanas a MBJC. Todo esto entrega indicios de los posibles patrones de transporte de sedimento en esta parte de la cuenca del Maipo, donde se tiene por ejemplo que en MAJC la influencia de RMLM es de ~52%, pero luego en MBJC el aporte desde RMLM sería solo del ~11%, lo cual podría tratarse por que el sedimento queda atrapado entre MAJC y MBJC, o bien, más probablemente debido a que el aporte desde el río Colorado es mucho mayor haciendo que porcentualmente el sedimento desde RMLM se aprecie menor.

5 Conclusiones

Con los análisis de geoquímica aplicados en este trabajo, se evidencian variaciones espaciales y temporales en la proveniencia del sedimento $<125 \mu\text{m}$ transportado por el río Maipo y sus principales tributarios en la subcuenca Río Maipo Alto. Por otro lado, a raíz de los análisis estadísticos hechos en el modelo de mezcla, se encuentra que los mejores indicadores corresponden a algunas REE (Ce, Yb y Lu) y algunos elementos menores (Ni, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Ta y Th). Estos resultados entregan una base para enfocar los análisis en futuros estudios de proveniencia.

Los análisis geoquímicos de elementos mayores y REE, muestran una agrupación de rocas por Era geológica (mesozoicas y cenozoicas), pero no alcanzan a diferenciar a la Unidad Volcánica Cuaternaria y a los Intrusivos del Mioceno Medio-Superior, como si se logra en los modelos de mezcla. En los elementos mayores, el único elemento que marca una diferencia entre unidades es el Ca. De todas formas, los elementos mayores son una buena herramienta para entender tendencias de meteorización o influencia de mezclas de sedimento a través de los diagramas ternarios utilizados, relacionados a los estudios de McLennan et al. 1993.

Con la ejecución del modelo de mezcla fue posible cuantificar el aporte desde las unidades fuente, obteniendo que el sedimento $<125 \mu\text{m}$ transportado, proviene principalmente de las unidades Cenozoicas, donde en todos los puntos monitoreados hay contribuciones del 40% o mayores, exceptuando en Río Volcán que se obtiene el principal aporte desde UVQ+IMMS con un ~56%. En cuanto a los aportes de los distintos tributarios al río Maipo, se tiene que en la desembocadura de la subcuenca, la mayor contribución viene del río Colorado. Se ve variación temporal, con el río Volcán como segundo contribuyente algunos meses, o a la parte alta del río Maipo otros meses.

En los diagramas *spider* de REE se ve que los patrones de las muestras se ajustan con los de la Unidad Volcánica Antigua y con las unidades mesozoicas en las HREE, en contra del resultado del modelo de mezcla, interpretándolo como principal meteorización de minerales que contienen REE.

5.1 Recomendaciones

Todas las aseveraciones hechas pueden ser comparadas con análisis de otras temporadas de alto caudal en la subcuenca, para contrastar y establecer un posible patrón en la proveniencia de sedimento durante estas temporadas.

Con el fin de mejorar los análisis de transferencia de sedimento, sería pertinente realizar análisis adicionales, como una caracterización geomorfológica de la subcuenca, enfocada en el cause del río, con el fin de establecer posibles lugares de “estancamiento” del sedimento. Otro análisis que puede aportar, es considerar los datos de carga de sedimento en los ríos, que permite calcular la carga de sedimento en cada tributario. Por otra parte, lo que también sería oportuno es determinar más puntos de monitoreo, ayudando a seguir más detalladamente la transferencia de sedimento.

6 Bibliografía

- Allen, P. A. (2017). *Sediment routing systems: The fate of sediment from source to sink*. Cambridge University Press.
- Ayala, Á., Farías-Barahona, D., Huss, M., Pellicciotti, F., McPhee, J., & Farinotti, D. (2020). Glacier runoff variations since 1955 in the Maipo River basin, in the semiarid Andes of central Chile. *The Cryosphere*, 14(6), 2005-2027.
- Béguelin, P., Bizimis, M., Beier, C., & Turner, S. (2017). Rift–plume interaction reveals multiple generations of recycled oceanic crust in Azores lavas. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 218, 132-152.
- Boisier, J. P., Rondanelli, R., Garreaud, R. D., & Muñoz, F. (2016). Anthropogenic and natural contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent megadrought in central Chile. *Geophysical Research Letters*, 43(1), 413-421.
- Bozkurt, D., Rojas, M., Boisier, J. P., & Valdivieso, J. (2018). Projected hydroclimate changes over Andean basins in central Chile from downscaled CMIP5 models under the low and high emission scenarios. *Climatic Change*, 150(3), 131-147.
- Carretier, S., Regard, V., Vassallo, R., Aguilar, G., Martinod, J., Riquelme, R., ... & Lagane, C. (2013). Slope and climate variability control of erosion in the Andes of central Chile. *Geology*, 41(2), 195-198.
- Carretier, S., Tolorza, V., Rodríguez, M. P., Pepin, E., Aguilar, G., Regard, V., ... & Guyot, J. L. (2015). Erosion in the Chilean Andes between 27 S and 39 S: tectonic, climatic and geomorphic control. *Geological Society, London, Special Publications*, 399(1), 401-418.
- Carretier, S., Tolorza, V., Regard, V., Aguilar, G., Bermúdez, M. A., Martinod, J., ... & Riquelme, R. (2018). Review of erosion dynamics along the major NS climatic gradient in Chile and perspectives. *Geomorphology*, 300, 45-68.
- Deckart, K., Godoy, E., Bertens, A., Jerez, D., & Saeed, A. (2010). Barren Miocene granitoids in the Central Andean metallogenic belt, Chile: Geochemistry and Nd-Hf and U-Pb isotope systematics. *Andean Geology*, 37(1), 1-31.
- DGA. (2004). "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Maipo". Cade-ldepe. 195p
- Dussaillant, I., Berthier, E., Brun, F., Masiokas, M., Hugonnet, R., Favier, V., Rabatel, A., Pitte, P. & Ruiz, L. (2019). Two decades of glacier mass loss along the Andes. *Nature Geoscience*, 12(10), 802-808.
- Eberl, D. D. (2004). Quantitative mineralogy of the Yukon River system: Changes with reach and season, and determining sediment provenance. *American Mineralogist*, 89(11-12), 1784-1794.
- Ehrlich S., Gavrieli I., Dor L. B. and Halicz L. (2001) Direct high- precision measurements of the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotope ratio in natural water, carbonates and related materials by multiple collector inductively coupled plasma mass spectrometry (MC-ICP-MS). *J. Anal. At. Spectrom.* 16(12), 1389–1392.
- Fock A. (2005). Cronología y tectónica de la exhumación en el Neógeno de los Andes en Chile central entre los 33° y 34°S. MSc Thesis, Universidad de Chile, Departamento de Geología: p 179.
- Frisby, C., Bizimis, M., & Mallick, S. (2016). Hf–Nd isotope decoupling in bulk abyssal peridotites due to serpentinization. *Chemical Geology*, 440, 60-72.
- Futa, K., & Stern, C. R. (1988). Sr and Nd isotopic and trace element compositions of Quaternary volcanic centers of the southern Andes. *Earth and Planetary Science Letters*, 88(3-4), 253-262.
- Gana, P., Wall, R., Gutiérrez, A., 1996. Mapa geológico del área de Valparaíso-Curacaví,

- Regiones de Valparaíso y Metropolitana. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas geológicos N° 1, escala 1:100.000.
- Garreaud, R. D., Alvarez-Garretón, C., Barichivich, J., Boisier, J. P., Christie, D., Galleguillos, M., LeQuesne, C., McPhee, J. & Zambrano-Bigiarini, M. (2017). The 2010–2015 megadrought in central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrology and earth system sciences*, 21(12), 6307-6327.
- Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. H., & Veloso-Aguila, D. (2020). The central Chile mega drought (2010–2018): a climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology*, 40(1), 421-439.
- Garzanti, E., Vezzoli, G., Andò, S., Lavé, J., Attal, M., France-Lanord, C., & DeCelles, P. (2007). Quantifying sand provenance and erosion (Marsyandi river, Nepal Himalaya). *Earth and Planetary Science Letters*, 258(3-4), 500-515.
- Garzanti, E., Andò, S., France-Lanord, C., Vezzoli, G., Censi, P., Galy, V., & Najman, Y. (2010). Mineralogical and chemical variability of fluvial sediments: 1. Bedload sand (Ganga–Brahmaputra, Bangladesh). *Earth and Planetary Science Letters*, 299(3-4), 368-381.
- Garzanti, E., Andó, S., France-Lanord, C., Censi, P., Vignola, P., Galy, V., & Lupker, M. (2011). Mineralogical and chemical variability of fluvial sediments 2. Suspended-load silt (Ganga–Brahmaputra, Bangladesh). *Earth and Planetary Science Letters*, 302(1-2), 107-120.
- Grill, G., Lehner, B., Lumsdon, A. E., MacDonald, G. K., Zarfl, C., & Liermann, C. R. (2015). An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. *Environmental Research Letters*, 10(1), 015001.
- Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., Babu, S., Borelli, P., Cheng, L., Crochetiere, H., Ehalt Macedo, H., Filgueiras, R., Goichot, M., Higgins, J., Lip, B., McClain, M.E., Meng, J., Mulligan, M., Nilsson, C., Olden, J.D., Opperman, J.J., Petry, P., Reidy Liermann, C., Sáenz, L., Salinas-Rodríguez, S., Schelle, P., Schmitt, R.J.P., Snider, J., Tan, F., Tockner, K., Valdujo, P.H., van Soesbergen, A. and Zarfl, C. (2019). *Mapping the world's free-flowing rivers*. *Nature*, 569(7755), 215–221.
- Hildreth, W., & Moorbath, S. (1988). Crustal contributions to arc magmatism in the Andes of central Chile. *Contributions to mineralogy and petrology*, 98(4), 455-489.
- Hodgson, D. M., Bernhardt, A., Clare, M. A., Da Silva, A. C., Fosdick, J. C., Mauz, B., Midtkandal, I., Owen, A. & Romans, B. W. (2018). Grand challenges (and great opportunities) in sedimentology, stratigraphy, and diagenesis research. *Frontiers in Earth Science*, 6, 173.
- Hollings, P., Cooke, D., & Clark, A. (2005). Regional geochemistry of Tertiary igneous rocks in central Chile: Implications for the geodynamic environment of giant porphyry copper and epithermal gold mineralization. *Economic Geology*, 100(5), 887-904.
- Holm, P. M., Søger, N., Dyhr, C. T., & Nielsen, M. R. (2014). Enrichments of the mantle sources beneath the Southern Volcanic Zone (Andes) by fluids and melts derived from abraded upper continental crust. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 167(5), 1-27.
- Ingersoll, R. V. (1990). Actualistic sandstone petrofacies: discriminating modern and ancient source rocks. *Geology*, 18(8), 733-736.
- Jacobsen, S. B., & Wasserburg, G. J. (1980). Sm-Nd isotopic evolution of chondrites. *Earth and Planetary Science Letters*, 50(1), 139-155.
- Jerez, D. (2007). Contribución a la geocronología y geoquímica de los intrusivos estero Yerba Loca y batolito San Francisco, Cordillera de Chile Central. (33°s). Memoria para optar al título de geólogo, Universidad de Chile, Departamento de Geología.
- Jochum, K. P., Weis, U., Schwager, B., Stoll, B., Wilson, S. A., Haug, G. H., Andreae, M.O., & Enzweiler, J. (2016). Reference values following ISO guidelines for frequently requested rock reference materials. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 40(3), 333-350.

- Kay, S. M., Godoy, E., & Kurtz, A. (2005). Episodic arc migration, crustal thickening, subduction erosion, and magmatism in the south-central Andes. *Geological Society of America Bulletin*, 117(1-2), 67-88.
- Knight, J., & Harrison, S. (2013). The impacts of climate change on terrestrial Earth surface systems. *Nature Climate Change*, 3(1), 24-29.
- Latorre, B., Lizaga, I., Gaspar, L., & Navas, A. (2021). A novel method for analysing consistency and unravelling multiple solutions in sediment fingerprinting. *Science of The Total Environment*, 789, 147804.
- Li, C., & Yang, S. (2010). Is chemical index of alteration (CIA) a reliable proxy for chemical weathering in global drainage basins?. *American Journal of Science*, 310(2), 111-127.
- Lizaga, I., Latorre, B., Gaspar, L., & Navas, A. (2020). FingerPro: an R package for tracking the provenance of sediment. *Water Resources Management*, 34(12), 3879-3894.
- López-Escobar, L., Moreno, H., Tagiri, M., Notsu, K., & Onuma, N. (1985). Geochemistry and petrology of lavas from San José volcano. *Southern Andes (3345S): Geochemical Journal*, 19(4), 209-222.
- Mao, L., & Carrillo, R. (2017). Temporal dynamics of suspended sediment transport in a glacierized Andean basin. *Geomorphology*, 287, 116-125.
- Mardones, P., & Garreaud, R. D. (2020). Future changes in the free tropospheric freezing level and rain–snow limit: The case of central Chile. *Atmosphere*, 11(11), 1259.
- Mazza, S. E., Gazel, E., Johnson, E. A., Kunk, M. J., McAleer, R., Spotila, J. A., Bizimis, M., & Coleman, D. S. (2014). Volcanoes of the passive margin: The youngest magmatic event in eastern North America. *Geology*, 42(6), 483-486.
- McLennan, S. M. (1993). Weathering and global denudation. *The Journal of Geology*, 101(2), 295-303.
- McLennan, S. M., Hemming, S., McDaniel, D. K., & Hanson, G. N. (1993). Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. *Special Papers-Geological Society of America*, 21-21.
- McLennan, S. M. (2018). Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements* (pp. 169-200). De Gruyter.
- Miller, J. R., Mackin, G., & Miller, S. M. O. (2015). *Application of geochemical tracers to fluvial sediment* (p. 142). Cham: Springer International Publishing.
- Muñoz, M., Fuentes, F., Vergara, M., Aguirr, L., Olov Nyström, J., Féraud, G., & Demant, A. (2006). Abanico East Formation: petrology and geochemistry of volcanic rocks behind the Cenozoic arc front in the Andean Cordillera, central Chile (33° 50'S). *Revista geológica de Chile*, 33(1), 109-140.
- Muñoz-Gómez, M., Payacán, Í., Gutiérrez, F., Farías, M., Charrier, R., & Polvé, M. (2020). Silicic volcanism triggered by increased denudation rates in the Quaternary Andean arc of central Chile between 33° 50'-34° 30' S. *Lithos*, 354, 105242.
- Nesbitt, H., & Young, G. M. (1982). Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *nature*, 299(5885), 715-717.
- Nyström, J. O., Vergara, M., Morata, D., & Levi, B. (2003). Tertiary volcanism during extension in the Andean foothills of central Chile (33° 15'-33° 45' S). *Geological Society of America Bulletin*, 115(12), 1523-1537.
- O'Nions, R. K., Hamilton, P. J., & Evensen, N. M. (1977). Variations in ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd and ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios in oceanic basalts. *Earth and Planetary Science Letters*, 34(1), 13-22.
- Pelletier, J. D., Brad Murray, A., Pierce, J. L., Bierman, P. R., Breshears, D. D., Crosby, B. T., Ellis, M., Fofouka-Georgiou, E., Heimsath, A.M., Houser, C., Lancaster, N., Marani, M., Merritts, D.J., Moore, L.J., Pederson, J.L., Poulos, M.J., Rittenour, T.M., Rowland, J.C.,

- Ruggiero, P., Ward, D.J., Wickert, A.D. and Yager, E. M. (2015). *Forecasting the response of Earth's surface to future climatic and land use changes: A review of methods and research needs. Earth's Future*, 3(7), 220–251.
- Pfeiffer, M. (2021). *The Relevance of Pedogenic Carbonates in the Mediterranean Region of Chile as a Carbon Reservoir*, Fondecyt 11190029.
- Piquer, J., Hollings, P., Rivera, O., Cooke, D. R., Baker, M., & Testa, F. (2017). Along-strike segmentation of the Abanico Basin, central Chile: new chronological, geochemical and structural constraints. *Lithos*, 268, 174-197.
- Potter, P. E. (1978). Petrology and chemistry of modern big river sands. *The Journal of Geology*, 86(4), 423-449.
- Ritter, J., 2012. Soil erosion: Causes and effects. OMAFRA Factsheet. Order No. 12-053 p.
- Rudnick R.L. and Gao S. (2005). *The Crust. Vol. 3 of Treatise on geochemistry. Cap. 3.01 Composition of the Continental Crust, 1-64*. Elsevier.
- Sellés, D., Gana, P. (2001). Geología del área Talagante-San Francisco de Mostazal: Regiones Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins, Escala 1:100.000. SERNAGEOMIN, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, N° 74.
- Sruoga, P., Etcheverría, M. P., Feineman, M., Rosas, M., Bukert, C., & Ibañes, O. (2012). Complejo Caldera Diamante-volcán Maipo (34 10'S, 69°50'O): Evolución volcanológica y geoquímica e implicancias en su peligrosidad. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 69(4), 508-530.
- Stern, C. R., Futa, K., Muehlenbachs, K., Dobbs, F. M., Munoz, J., Godoy, E., & Charrier, R. (1984). Sr, Nd, Pb and O isotope composition of Late Cenozoic volcanics, northernmost SVZ (33–34° S). In *Andean Magmatism* (pp. 96-105). Birkhäuser Boston.
- Thiele, R. (1980). Hoja Santiago, Región Metropolitana. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile N° 29, 21p.
- Vaasma, T. (2008). *Grain-size analysis of lacustrine sediments: a comparison of pre-treatment methods*. Estonian Journal of Ecology, 57(4), 231-243.
- Valloni, R., & Maynard, J. B. (1981). Detrital modes of recent deep-sea sands and their relation to tectonic setting: a first approximation. *Sedimentology*, 28(1), 75-83.
- Vergara, M., López-Escobar, L., Palma, J. L., Hickey-Vargas, R., & Roeschmann, C. (2004). Late tertiary volcanic episodes in the area of the city of Santiago de Chile: new geochronological and geochemical data. *Journal of South American Earth Sciences*, 17(3), 227-238.
- Visher, F. N., & Hughes, G. H. (1969). The difference between rainfall and potential evaporation in Florida.
- Wall, R., Gana, P., Gutiérrez, A. (1996). Mapa geológico del área de San Antonio-Melipilla, Regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas geológicos N° 2, escala 1:100.000.
- Wall, R., Sellés, D., Gana, P. (1999). Área Til Til-Santiago, Región Metropolitana. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas geológicos N° 11, escala 1:100.000, 1 anexo, Santiago.
- Weis, D., Kieffer, B., Maerschalk, C., Pretorius, W., & Barling, J. (2005). High-precision Pb-Sr-Nd-Hf isotopic characterization of USGS BHVO-1 and BHVO-2 reference materials. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 6(2).
- Weis, D., Kieffer, B., Maerschalk, C., Barling, J., De Jong, J., Williams, G. A., Hanano, D., Pretorius, W., Mattielli, N., Scoates, J.S., Goolaerts, A., Friedman, R.M., & Mahoney, J. B. (2006). High-precision isotopic characterization of USGS reference materials by TIMS and MC-ICP-MS. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 7(8).
- Whalen, L., Gazel, E., Vidito, C., Puffer, J., Bizimis, M., Henika, W., & Caddick, M. J. (2015).

Supercontinental inheritance and its influence on supercontinental breakup: The Central Atlantic Magmatic Province and the breakup of Pangea. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 16(10), 3532-3554.

White W. M. (2003). *Geochemistry*, Cornell University, Press.

Wieser, P. E., Turner, S. J., Mather, T. A., Pyle, D. M., Savov, I. P., & Orozco, G. (2019).

New constraints from Central Chile on the origins of enriched continental compositions in thick-crustal arc magmas. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 267, 51-74.

Anexos

Anexo A

“Protocolo utilizado en laboratorio para la eliminación de materia orgánica”.

Materiales:

- Vasos precipitados de pyrex de 1 l y 250 ml.
- Tubos plásticos de ensayo de 20 ml.
- Rejillas para tubos de ensayo.
- Termómetro.
- Cuchara de plástico.
- Agua oxigenada.
- Agua destilada.
- Jeringas.

Procedimiento

1. Se llena cada tubo de ensayo con 5 g de muestra.
2. Se agrega 10 ml de agua oxigenada por muestra, observando su reacción.
3. En un plato caliente, se calienta agua en los vasos de 1 l de pyrex a 80° C. Se les pone unas tapas adaptadas con 4 hoyos a los vasos, en los cuales se colocan 4 tubos de muestras. El nivel de las muestras queda al mismo nivel del agua, dejando el espacio vacío de cada tubo sobre el nivel del agua, imitando un baño maría. Las muestras deben estar con tapa sin enroscar, solo sobrepuesta.
4. Los vasos ya con las muestras, se colocan en el horno por 2 horas a 80° C.
5. Se observa la reacción de las muestras con el agua oxigenada mientras están en el horno, procurando que estas no desborden. Después de las 2 hrs, se sacan las muestras del horno y se dejan en una rejilla para tubos de ensayo.
6. Se disponen 3 vasos precipitados de 1 l. Uno vacío, otro con agua potable y uno con agua destilada. A cada tubo de ensayo, se le extrae el líquido usando una jeringa evitando arrastrar sedimento. Este líquido se echa en el frasco vacío. Se seca la jeringa. Si la jeringa es usada en tubos con sedimento de distintas muestras, con el fin de no contaminar, se debe de enjuagar 2 a 3 veces en el vaso de agua potable (extrayendo y botando en el mismo) y se vuelve a secar. Se repite este enjuague en el vaso de agua destilada y se seca nuevamente.
7. Cada tubo con sedimento sin líquido, se rellena con 10 ml de agua destilada. Una vez rellenos los tubos, se pesan con la tapa puesta, procurando que la diferencia de peso entre ellos no exceda los 0.1 g, para esto se rellena o quita agua destilada hasta lograrlo. La prolijidad en este paso es importante para no dañar la centrífuga.

8. Teniendo equilibrados los pesos, con los tubos bien cerrados, se colocan en la centrífuga por 8 minutos a 3.500 rpm.
9. Después, se repiten los pasos 6 a 8, dos veces más.
10. Finalmente, se extrae y desecha el último líquido residual, para luego dejar secar en el horno a 60° C por 24 horas.

Anexo B

“Bases de datos generadas”

Se incluyen en este anexo las tablas de datos generadas a partir de recopilación bibliográfica de la información composicional de las unidades geológicas que constituyen a la subcuenca Río Maipo Alto. Comprende los archivos “Base de datos Geoquímica” (*Tabla 5-19*) y “Base de datos v2_py” (*Tabla 20-34*).

En el archivo “Base de Datos Geoquímica” los vectores se ordenan de la siguiente manera: en las columnas 1-6 se incluye información de la ubicación geográfica, coordenadas UTM, unidad geológica a la que pertenecen, tipo de roca y su clasificación. Luego, las columnas 7-13 contienen información de isótopos. Las columnas 14-25 contienen información de elementos mayores. Las columnas 26-62 contienen la información de elementos traza. Y por último, las columnas 63 y 64 contienen el ID de las muestras y la referencia asociada, respectivamente.

Para el archivo “Base de datos v2_py” se tiene un libro con 5 hojas, nombradas: Mayores, Mayores y Suma, REE, REE_Norm y REE_Norm_Prom (Anexo B, *Tabla 20-34*). La hoja “Mayores” se compone en su primera columna con la unidad geológica, y las columnas 2-11 con datos de concentración de elementos mayores (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K y P). La hoja “Mayores y Suma” es igual a la hoja “Mayores” pero se le adicionan las columnas 12-14 con la suma de Ca+Na, Ca+Na+K y Fe+Mg (hoja usada para diagramas ternarios). La hoja “REE” en su primera columna corresponde a la unidad geológica, y las columnas 2-15 los datos de concentración de las REE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu). La hoja “REE_Norm” es igual a la hoja “REE”, pero esta contiene los datos de concentración normalizados con la Corteza Continental Superior (CCS) y se le incluye, al final del conjunto de filas de cada unidad geológica, una fila con los datos promediados de la unidad. Por último, la hoja “REE_Norm_Prom” el formato de columnas es idéntico a las 2 hojas anteriores, pero esta hoja solo contiene una fila para cada unidad geológica, con los datos de concentración promedio y normalizados con la CCS. Las hojas “Mayores”, “Mayores y Suma” y “REE_Norm_Prom” contienen en las últimas 24 filas la información de las 24 muestras analizadas en este estudio.

Tabla 5. Base de Datos Geoquímica. Se muestran las columnas 1-13 de las primeras 38 muestras (Azul: datos de isótopos)

Ubicación	Este (UTM)	Norte (UTM)	Unidad	Roca	Clasificación	Sr [ppm]	Rb [ppm]	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	Nd (ppm)	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	ε _{Nd}
Cerro Mesón Alto	401432	6276245	Intrusivos del Mioceno Medio-Superior									
Cerro Mesón Alto	401432	6276245	Intrusivos del Mioceno Medio-Superior									
Plutón La Gloria	392427	6293008	Intrusivos del Mioceno Medio-Superior									
Plutón La Gloria	392427	6293008	Intrusivos del Mioceno Medio-Superior									
Plutón La Gloria	391979	6293338	Intrusivos del Mioceno Medio-Superior									
Volcán Maipo	426294	6215378	Unidad volcánica antigua			601	21,9		0,70492	18,2	0,512619	-0,37
Volcán Maipo	426294	6215378	Unidad volcánica antigua			64	141		0,70591	17,2	0,512546	-1,79
Volcán Marmolejo	416594	6270743	Unidad volcánica antigua			708	54,9		0,70481	25,2	0,512578	-1,17
Volcán Tupungato	426358	6309292	Unidad volcánica antigua			707	58,8		0,70474	22,4	0,512598	-0,78
	373215	6311865	Fm. Abanico									
	369271	6282557	Fm. Abanico									
	401933	6255896	Fm. Abanico									
	382664	6328739	Fm. Farellones									
	382806	6328260	Fm. Farellones					0,2174	0,70399		0,512824	3,63
	375953	6284829	Fm. Farellones									
	363374	6307314	Fm. Farellones									
	369107	6306589	Fm. Farellones									
	382881	6308109	Fm. Farellones									
	378555	6307593	Fm. Farellones									
	381726	6332690	Riolita La Copa						0,70429		0,512721	1,62
	381536	6332325	Riolita La Copa									
Volcán Maipo	435126	6217329	Unidad volcánica antigua	Lava		513,38	70,69		0,705448	26,41	0,512592	-0,90
Volcán Maipo	434501	6214441	Unidad volcánica antigua	Lava		384,5	139,92		0,705413	30,72	0,51252	-2,30
Volcán Maipo	431804	6217860	Unidad volcánica antigua	Lava		418,8	105,08		0,705281	28,36	0,512493	-2,83
Volcán Maipo	431804	6217860	Unidad volcánica antigua	Lava		501,38	65		0,704916	24,25	0,512576	-1,21
Volcán Maipo	434111	6217543	Unidad volcánica antigua	Lava		512,66	77,67		0,70501	26,04	0,512591	-0,92
Ignimbrita Diamante			Unidad volcánica antigua	Ignimbrita		51,57	147,75		0,705581	10,17	0,51252	-2,30
	382093	6312890	Fm. Farellones			677				13,9		
	380565	6311023	Fm. Farellones			439			0,703815	16,6	0,512889	4,90
	382093	6312890	Fm. Farellones			387			0,703649	19,5		
	362346	6283055	Fm. Farellones			379			0,703902	18,5	0,512833	3,80
	383689	6309213	Fm. Farellones			313				53		
	379268	6290676	Fm. Farellones			505				27,6		
	379268	6290676	Fm. Farellones			385			0,703734	26,6	0,512907	5,25
	382093	6312890	Fm. Farellones			529				15,8		
	382093	6312890	Fm. Farellones			298				25,6		
	377486	6309137	Fm. Farellones			312			0,703833	19,4		
	379014	6311004	Fm. Farellones			188				14,5		

Tabla 6. Base de Datos Geoquímica. Continuación de las columnas 14-40 de las 38 primeras muestras. (Verde: elementos mayores, Rojo: elementos traza)

SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	LOI	Total	Sc	Cu	V	Cr	Co	Ni	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Sn	Sb
66,57	0,43	15,99	3,31	0,03	1,24	2,99	5,28	2,92	0,12	1,07	99,94	4,7	6	54	2	6	3	14	51	337	10,6	5,9	5	0,1	0,8	0,4
66,83	0,43	15,6	3,71	0,03	1,28	3,03	4,8	3,19	0,12	0,88	99,9	5,5	6	54	4	6	4	15	60	338	11,4	6,3	5,3	0,1	0,9	0,4
61,61	0,62	16,84	5,31	0,09	2,39	5,11	4,7	2,68	0,19	0,34	99,87	10,3	34	124	24	12	11	47	65	569	13,6	8,5	4,5	0,2	1,4	0,4
66,84	0,45	15,66	3,56	0,04	1,53	3,17	4,69	3,42	0,11	0,44	99,91	6,2	5	68	21	8	9	21	99	375	10,3	6,4	5,2	0,2	1,3	0,3
63,02	0,62	16,19	4,83	0,06	2,35	4,67	4,61	2,91	0,15	0,48	99,88	9,8	10	119	29	10	16	31	70	504	14,1	13,7	5,7	0,3	1,7	0,4
53,99	1,32				4,51	8,36	3,7	1,31			99,14	19							21,9	601		135				
75,8	0,15				0,19	0,45	4,29	3,86			98,76	2,1							141	64		76				
57,05	1,01				4,34	7,1	3,55	2,11			99,46	19,1							54,9	708		166				
62,15	0,79				2,58	5,2	3,9	2,58			99,21	10,1							58,8	707		167				
55,57	1,01	17,29	10,18	0,19	3,64	6,75	4,06	1,13	0,18	1,7		28	80,7	273,2	11,39	27,3	7,12	55,2	20	353	18,5	81,6	1,93	0,8		
51,03	1,46	19,61	10,46	0,2	3,02	9,29	3,48	1,09	0,35	1,03		31,8	87,3	257,4	5,36	21,9	3,94	63,8	26	490	25,2	137,4	9,09	0,83		
57,32	1,13	17,77	9,57	0,12	2,02	2,27	5,58	3,84	0,38	2,06		18,8	103	129,9	25,83	24,5	13,4	14,6	80	589	22,4	201	9,5	0,84		
52,99	1,07	18,94	8,84	0,26	4,85	7,37	3,94	1,44	0,3	1,79		21,9	137	225,2	42,05	31,4	45,5	77,8	47	644	15,9	114,5	4,58	0,82		
56,04	1,01	17,69	7,85	0,33	4,43	5,65	4,5	2,25	0,27	2,41		19,2	287	184,4	135,7	25,7	69	34,4	55	740	15,8	170,6	4,92	1,19		
60,55	0,92	17,97	6,22	0,13	2	5,2	4,81	1,84	0,35	3,25		18,2	71	94,4	3	11	2,27	22,5	44	440	29,6	190,7	4,65	0,74		
50,95	1,15	19,66	9,92	0,19	4,09	9,77	3,48	0,56	0,25	2,59		32,4	76,5	302,3	60,37	29,3	14,9	89,3	8	495	18,7	87,3	3,18	0,6		
66,21	0,72	14,98	5,82	0,14	1,34	3,58	4,18	2,76	0,27	2,9		16,9	74,7	28,3	2,06	6,51	2,16	10	57	240	32,6	201,6	7	1,43		
63,55	0,73	17,07	5,37	0,11	2,27	3,86	4,58	2,08	0,37	2,97		11	69,7	73,3	2,06	6,06	1,34	11,5	43	438	17,9	156,7	5,05	1,01		
56,77	1,15	18,28	9,87	0,22	1,91	5,1	4,89	1,45	0,38	2,41		22	76,9	102,6	3,07	14,8	2,77	17,8	17	402	33,5	156,7	4,71	0,85		
70,78	0,21	16,72	1,41	0,04	0,44	2,35	5,27	2,71	0,07	2,17		2,7	85,3	23,6	3,07	2,46	1,84	52,2	108	788	4,3	99,4	2,66	0,75		
71,13	0,21	16,48	1,35	0,02	0,51	2,03	4,93	3,26	0,08	1,56		3	115	25,2	3,25	1,87	2,84	157	82	693	3,7		3,05	0,6		
58,29	0,91	17,26	6,93	0,11	4,09	6,73	3,7	2,24	0,23	0,5		18,2	29	167	76	23	32	64	70,69	513,38	20,48	185,2	8,54			
65,38	0,67	16,1	4,54	0,07	2	3,9	3,91	3,57	0,18	0,3		9	18	92	32	11	12	49	139,9	384,5	21,4	224,2	12,2			
63,76	0,73	17,03	5,11	0,09	1,76	4,33	4,29	3,04	0,22	0,7		9	17	98	6	11	4	50	105,1	418,8	20,86	205,9	10,4			
57,41	0,92	17,33	7,26	0,11	4,54	6,99	3,7	2,03	0,22	0,4		18,4	35	169	86	24	39	62	65	501,38	19,77	172,7	7,97			
58,72	0,88	17,46	6,8	0,11	3,68	6,45	3,85	2,3	0,23	0,4		15,6	25	151	42	21	23	59	77,67	512,66	20,32	195	8,8			
75,88	0,12	13,42	0,98	0,08	0,19	0,67	4,05	4,62	0,05	n,a,		2	3	1	n,d,	n,d,	1	18	147,8	51,57	14,99	55,16	13			
50,62	1,06	19,42		0,14	5,41	9,61	3,47	0,93	0,25		99,23	28			54	32	27			677						
52,32	1,05	18,1		0,25	4,96	8,77	3,73	1,03	0,19		99,77	36			142	33	21			439						
53,52	0,98	18,55		0,21	3,14	7,34	4,09	1,57	0,26		98,47	29			35	24	10			387						
55,77	0,95	18,09		0,17	3,74	7,2	3,9	1,38	0,19		99,11	22			15	24	6			379						
58,69	1,43	15,96		0,23	2,28	4,84	4,08	2,86	0,59		99,28	20			0	15	6			313						
59,52	1,22	17,44		0,17	1,83	5,18	4,88	2,18	0,34		99,55	20			13	14	11			505						
59,9	1,04	17,08		0,14	2,4	5,7	4,46	1,92	0,33		99,63	20			13	15	11			385						
59,2	0,7	18,22		0,11	2,56	5,65	4,71	2,26	0,2		99,12	16			14	17	7			529						
60,38	0,98	18,36		0,28	1,01	5,19	4,73	1,91	0,26		99,11	19			2	10	3			298						
60,96	0,9	16,99		0,15	2,29	5,84	4,06	2,09	0,22		100	19			5	17	4			312						
74,28	0,33	14,49		0,16	0,37	0,86	4,05	3,35	0,04		99,98	5			0	2	1			188						

Tabla 7. Base de Datos Geoquímica. Continuación de las columnas 41-64 de las 38 primeras muestras.

Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Pb	Th	U	ID	Referencia
0,4	497	18,9	36,2	4,3	16	2,99	0,87	2,77		1,91	0,39	1,11		1,07	0,15	0,31	0,44		3,75	14,2	1,31	FA-1	Deckart et al. 2010
0,6	541	26,4	48,8	5,44	18,4	3,12	0,9	3,11		2,01	0,41	1,17		1,16	0,17	0,31	0,48		4,26	14,6	1,41	FA-3	Deckart et al. 2010
2,6	501	17	37,6	4,87	19,3	3,82	1,07	3,45		2,4	0,49	1,37		1,28	0,19	0,59	0,31		8,31	10,3	2,67	FA-4	Deckart et al. 2010
2,4	558	13,2	29,2	3,77	14,4	2,79	0,83	2,55		1,8	0,37	1,04		0,98	0,14	0,34	0,42		6,96	12,8	1,43	FA-5	Deckart et al. 2010
1,3	513	18,7	42	5,54	21,1	4,07	1,08	3,66		2,54	0,52	1,44		1,36	0,2	0,72	0,41		7,28	10	3,04	FA-6	Deckart et al. 2010
0,7	342	20,8	38,7		18,2	5,48	1,56							0,95	0,22	4,4				3,6	0,8	MP-8	Futa & Stern 1988
4,2	715	20,3	48,4		17,2	3,7	0,57							1,51	0,27	3,3				15,1	4,4	MP-11	Futa & Stern 1988
2	516	26	60,9		25,2	4,98	1,58							1,53	0,28	4,6				8,5	1,6	MA-1	Futa & Stern 1988
1,8	701	27,1	59,3		22,4	4,02	1,4							1,02	0,22	4,7				7,4	1,9	T-1	Futa & Stern 1988
0,66	395,4	9,56	24,1	2,67	13,5	3,17	1,1	3,43	0,6	3,69	0,8	2,35		2,35	0,34	2,4	0,18		4,88	2,85	0,75	CA36	Hollings et al. 2005
1,97	300,1	15,1	32,4	4,44	20,8	4,96	1,61	5,23	0,82	4,89	1	2,91		2,65	0,41	3,7	0,62		5,15	2,22	0,66	CV3	Hollings et al. 2005
1,59	1091	21,9	50	6,67	28,4	6,14	1,66	5,68	0,82	4,67	0,9	2,54		2,35	0,36	5,58	0,76		4,19	6,64	1,39	CV7	Hollings et al. 2005
1,9	431,8	17,2	36,3	4,8	17,9	4,57	1,36	3,98	0,61	3,41	0,69	1,84		1,76	0,24	3,33	0,3		7,94	2,95	0,86	CA3	Hollings et al. 2005
0,65	602,1	17	39,6	5,65	19,6	4,79	1,2	3,98	0,62	3,32	0,66	1,77		1,62	0,24	4,74	0,38		28,5	5,74	1,59	CA13	Hollings et al. 2005
2,55	454,8	16,9	36	5,32	23,2	5,66	1,53	5,86	0,92	5,48	1,13	3,27		3,09	0,47	5,31	0,39		10	5,39	1,56	CV12	Hollings et al. 2005
0,09	213,4	9,86	24,4	3,24	14,3	3,83	1,24	3,97	0,66	3,92	0,84	2,33		2,27	0,33	2,43	0,22		2,67	1,54	0,44	CA19	Hollings et al. 2005
0,25	516,2	19,6	46,5	6,22	25	6,15	1,53	6,09	1,02	6,23	1,36	3,88		3,94	0,59	5,74	0,54		9,89	7,31	2,1	CA24	Hollings et al. 2005
0,54	470,6	19,6	43,8	5,41	23,7	4,75	1,37	4,18	0,64	3,59	0,75	2,05		2,01	0,3	4,34	0,36		8,97	4,43	1,21	CA28	Hollings et al. 2005
0,37	662,5	17,4	42,8	5,38	26,9	5,65	1,7	5,77	0,94	5,62	1,2	3,33		3,25	0,47	4,4	0,35		7,07	3,96	0,9	CA29	Hollings et al. 2005
40	816,6	10,1	20,8	2,33	7,67	1,7	0,51	1,16	0,18	0,84	0,17	0,42		0,45	0,07	2,75	0,24		18	1,74	1,44	CA30	Hollings et al. 2005
10,5	814,4	10	20,7	2,42	7,92	1,71	0,45	1,16	0,16	0,78	0,15	0,41		0,4	0,07	2,75	0,23		14,8	1,73	1,12	CA33	Hollings et al. 2005
2	547,1	26,3	55,2	6,91	26,4	5,23	1.195	4,56	0,67	3,63	0,69	2,02	0,3	1,81	0,28	4,69	0,57		12,8	9,23	2,54	127313	Holm et al. 2014
5	637,8	36,8	73,4	8,67	30,7	5,56	1.032	4,67	0,69	3,62	0,68	2,01	0,3	1,96	0,31	5,81	0,99		20,8	18,6	5,67	127314	Holm et al. 2014
3	669,8	32,7	65,9	7,91	28,4	5,18	1.088	4,49	0,66	3,68	0,68	2,01	0,31	1,93	0,31	5,15	0,73		17,2	12,8	3,42	127315	Holm et al. 2014
2	475,7	24,2	50,7	6,33	24,3	4,77	1.183	4,36	0,62	3,53	0,66	1,86	0,28	1,75	0,28	4,28	0,54		12,8	8,71	2,4	127316	Holm et al. 2014
2	529,6	27,5	57,4	6,87	26	4,89	1.170	4,36	0,64	3,54	0,66	1,96	0,3	1,74	0,29	4,72	0,56		13,1	9,7	2,6	127317	Holm et al. 2014
4	687,9	12,5	26,3	3,05	10,2	2,41	0,34	2,18	0,39	2,31	0,45	1,36	0,22	1,44	0,21	2,33	1		22,1	10,6	5,03	127331	Holm et al. 2014
0,2	256	9,2	22,2		13,9	3,37	1,03		0,49					1,48	0,21	2	0,12			1,5	0,4	TF-4	Kay et al. 2005
0,7	466	11,9	28,1		16,6	4,22	1,13		0,72					2,7	0,38	3,2	0,2			3,1	1	TF-7	Kay et al. 2005
0,5	524	13,2	31,4		19,5	4,9	1,3		0,85					2,95	0,4	3,9	0,27			3,8	1,2	TF-3	Kay et al. 2005
1,2	391	13,4	30,7		18,5	4,23	1,1		0,64					2,37	0,33	3,4	0,28			3,9	1,3	TF-10	Kay et al. 2005
3,4	561	36,7	86,1		53	12,6	2,29		1,9					5,33	0,73	10,6	0,81			14,6	4,7	TF-9	Kay et al. 2005
0,8	551	20,7	46,9		27,6	6,24	1,6		0,92					2,97	0,43	4,9	0,45			5,8	1,8	TF-1	Kay et al. 2005
0,9	602	19,6	46,9		26,6	6,31	1,59		0,91					2,9	0,42	4,8	0,46			5,8	1,9	TF-2	Kay et al. 2005
0,8	521	14,2	30,7		15,8	3,56	0,86		0,46					1,66	0,24	3,3	0,26			5,4	1,8	TF-5	Kay et al. 2005
1,1	571	18,9	46,5		25,6	6,22	1,61		0,94					3,47	0,49	5,6	0,42			6,1	2,1	TF-6	Kay et al. 2005
1	477	15,9	35,1		19,4	4,48	1,12		0,71					2,65	0,36	4,1	0,37			6,5	2,2	TF-11	Kay et al. 2005
1,5	1906	20,1	38,5		14,5	3,44	0,562		0,52					1,7	0,22	5	0,54			16,8	4,8	TF-8	Kay et al. 2005

Tabla 10. Base de Datos Geoquímica. Continuación de las columnas 41-64 de las 41 muestras siguientes.

	527	26,6	62		25,1	4,9	1,19		0,5					1,9	0,31	4,6	0,72			10,9		SJ 1-1	Lopez-Escobar et al. 1985	
	533	27,7	64		26,2	5,15	1,07		0,47					1,9	0,3	5	0,76			10,4		SJ 1-2	Lopez-Escobar et al. 1985	
	55	27,8	65		27,6	4,96	1,1		0,49					1,9	0,29	4,9	0,75			10,2		SJ 1-3	Lopez-Escobar et al. 1985	
	545	28,2	64		26,2	5,01	1,14		0,54					1,9	0,3	5	0,78			9,2		SJ 2-1	Lopez-Escobar et al. 1985	
	551	27	61		26,6	5,14	1,16		0,57					1,2	0,18	4,9	0,63			7,8		SJ 2-2	Lopez-Escobar et al. 1985	
																							SJ 3-1	Lopez-Escobar et al. 1985
	346	19,8	48		23,3	4,66	1,2		0,57					1,7	0,29	4	0,37			4,9		SJ 4-1	Lopez-Escobar et al. 1985	
	489	18,4	44,4	5,42	21,2	3,59	0,91	3,38		2,69	0,5	1,47		1,36	0,19	5,39	0,59		15,5	8,88	11,3	FA-7	Memoria de Título Daniela Jerez, 2007	
	423,4	23	52,2	6,76	27,8	5,51	1,25	4,85		4,27	0,82	2,39		1,92	0,29	5,33	0,67		18,5	8,99	5,68	FA-8	Memoria de Título Daniela Jerez, 2007	
	411,5	20,1	46,9	5,83	22,2	4,36	1,09	3,78		3,41	0,65	2,08		1,75	0,24	4,83	0,61		19,8	9,05	3,53	FA-10	Memoria de Título Daniela Jerez, 2007	
	370,6	15,8	37	4,67	18,6	3,68	1,05	3,62		2,76	0,61	1,93		1,58	0,23	3,76	0,42		30,3	7,19	2,26	FA-11	Memoria de Título Daniela Jerez, 2007	
	1441																						VAL93	Muñoz et al. 2006
	443																						VAL99	Muñoz et al. 2006
	66																						VAL117	Muñoz et al. 2006
	231	13	30		19	4,1	1,3	4,1		4,4	0,9	2,2		2,1	0,3	2	0,3			6			MV58	Muñoz et al. 2006
	165	6	15		10	2,2	1	3		3,3	0,7	1,8		1,8	0,3	2	0,2			7			MV66	Muñoz et al. 2006
	339	13,1	30,9		18,7	5,1	1,6	4,2		4,4		2,7		2,6	0,4	3	0,4			2			VAL126	Muñoz et al. 2006
	551																						VAL133	Muñoz et al. 2006
	453	13	30		18	4,2	1,5	4,3		4,9	1	2,5		2,5	0,4	2	0,4			1			MV83	Muñoz et al. 2006
	789	30,9	73,7		35	7,5	1,8	5,9		5,5		3,2		3,7	0,6								VAL138	Muñoz et al. 2006
	752																						VAL139	Muñoz et al. 2006
	684	23	55		32	6,7	1,6	6,9		8	1,8	4,9		4,8	0,7	6	0,7			6			MV175	Muñoz et al. 2006
	721	36	82		47	8,8	2,5	8,8		7,9	1,6	4,6		4,6	0,7	8	1,1			15			RB18	Muñoz et al. 2006
	552																						VAL144	Muñoz et al. 2006
	1010																						VAL149	Muñoz et al. 2006
	300	14,5	32,3		18,2	5	1,5	4		3,6		2		2,1	0,4	3	0,3			3			VAL159	Muñoz et al. 2006
	336	16	35		20	4	1,4	4,3		3,9	0,8	2		2	0,3	4	0,3			5			MV126	Muñoz et al. 2006
	312																						VAL163	Muñoz et al. 2006
	510	19	43		23	4,7	1,6	4,8		4,3	0,8	2,2		2,1	0,3	3	0,3			5			MV154	Muñoz et al. 2006
	461	21	47		25	4,8	1,5	4,7		4,3	1	2,6		2,5	0,4	0	0,4			6			RB9	Muñoz et al. 2006
	491	21	48		24	5,6	1,5	4,5		4,2	0,8	2,1		2,1	0,3	0	0,5			7			RB17	Muñoz et al. 2006
	527	20	43		25	4,8	1,6	4,9		4,4	1	2,7		2,7	0,4	5	0,3			5			MV60	Muñoz et al. 2006
	313	15	35		20	4	1,3	3,8		3,7	0,8	2		2	0,3	2	0,3			7			RB22	Muñoz et al. 2006
	234																						VAL129	Muñoz et al. 2006
					20,3	5,1																	MV-56	Muñoz et al. 2006
4,2	741	41,9	77,8	8,98	34,3	6,67	1,09	6,14	0,91	5,06	1,01	3,14	0,49	3,15	0,49	6,44	1,22	1,23	23,9	13,1	3,31	MM13	Muñoz-Gómez et al. 2020	
2,18	755,6	41,1	75,3	8,9	32,8	6,42	1,02	5,94	0,84	5,05	0,95	2,98	0,42	2,8	0,41	4,5	0,88	1,08	25	12,2	3,2	MM14	Muñoz-Gómez et al. 2020	
2,12	604,4	34,4	59	6,83	24,1	4,33	1,16	3,67	0,5	2,45	0,46	1,48	0,2	1,44	0,24	5,38	0,97	bdl	27,1	8,81	2,42	MM5	Muñoz-Gómez et al. 2020	
1,02	579,8	32,6	57,1	6,58	23,5	4,18	1,11	3,56	0,46	2,43	0,46	1,48	0,18	1,42	0,23	4,45	0,8	bdl	18,4	8,06	2,22	MM6	Muñoz-Gómez et al. 2020	
1,72	479,2	26,5	46	5,42	21,3	4,1	1,15	3,82	0,49	2,68	0,49	1,36	0,19	1,21	0,18	4,56	0,65	1,08	19,2	6,46	1,83	MM4	Muñoz-Gómez et al. 2020	
1,08	427,1	22,7	39,3	4,84	20,2	4,14	1,2	3,78	0,42	2,1	0,31	bdl	0,11	0,65	0,1	3,38	0,61	bdl	33,9	5,28	1,68	RB11	Muñoz-Gómez et al. 2020	

Tabla 11. Base de Datos Geoquímica. Continuación de las columnas 1-13 de las 45 muestras siguientes.

	364923	6293443	Fm. Abanico									
	363797	6307401	Fm. Abanico									
	363699	6307733	Fm. Abanico									
	363420	6307729	Fm. Abanico	Piroclasto	Riolita	218	35		0,70375	31	0,512916	5,42
	367148	6307337	Fm. Abanico									
	365760	6306763	Fm. Abanico	Lava	Basalto	505	24		0,70355	19,9	0,512923	5,56
	365388	6306758	Fm. Abanico	Lava	Andesita basáltica	398	10		0,70357	23,9	0,512927	5,64
	366221	6307102	Fm. Abanico	Lava	Andesita	364	48		0,70373	28	0,512918	5,46
	372913	6314844	Fm. Farellones	Lava	Andesita basáltica	502	38		0,70388	23,1	0,512862	4,37
	372672	6311847	Fm. Farellones									
	371783	6308730	Fm. Farellones									
	373535	6309973	Fm. Farellones									
	373910	6309756	Fm. Farellones	Piroclasto	Riolita	52	142		0,70576	17,3	0,512882	4,76
	372491	6311512	Fm. Farellones	Piroclasto	Riolita	109	148		0,7047	16	0,512887	4,86
	374465	6309985	Fm. Farellones									
	378816	6311926	Fm. Farellones	Lava	Andesita basáltica	500	21		0,70385	17,9	0,512862	4,37
	378638	6311258	Fm. Farellones	Lava	Andesita basáltica	308	33		0,70395	15,3	0,512862	4,37
	375489	6309998	Fm. Farellones	Lava	Andesita basáltica	545	29		0,70369	21	0,512888	4,88
	375967	6309006	Fm. Farellones	Lava	Andesita basáltica	360	45		0,704	19,2	0,512878	4,68
	375505	6308779	Fm. Farellones	Lava	Dacita	364	52		0,70375	25,1	0,512856	4,25
	381377	6315617	Fm. Farellones	Lava	Andesita basáltica	738	23		0,70376	16	0,512838	3,90
	381004	6315723	Fm. Farellones	Lava	Andesita basáltica	765	42		0,70385	16,8	0,512832	3,78
	380823	6315277	Fm. Farellones	Lava	Andesita	717	44		0,70385	18,4	0,512844	4,02
	380842	6313725	Fm. Farellones	Lava	Andesita	494	66		0,70378	18	0,512869	4,51
	380746	6313946	Fm. Farellones	Lava	Dacita	320	84		0,70389	21,6	0,512842	3,98
	378373	6310146	Fm. Farellones	Piroclasto	Riolita	79	142		0,70501	13,5	0,512864	4,41
	374470	6283891	Fm. Farellones							16,6		
			Fm. Farellones							11,9		
			Fm. Farellones							25		
			Fm. Farellones							27		
			Fm. Abanico							15,7		
			Fm. Abanico							25,2		
	394472	6299269	Fm. Abanico							27,4		
			Fm. Abanico							22,3		
Ignimbrita Diamante						68,9	173			12,9		
Volcán Maipo	423903	6213669	Unidad volcánica antigua			562	70			26,7		
Volcán Maipo	419396	6217227	Unidad volcánica antigua			446	56,65			23		
Volcán Maipo	418170	6220162	Unidad volcánica antigua			533	58			22,5		
Volcán Maipo	430877	6220568	Unidad volcánica antigua			529	56			22,4		
Volcán Maipo			Unidad volcánica antigua			353	114			26,4		
Volcán Maipo	421739	6220712	Unidad volcánica antigua			377	148			30,1		
Volcán Maipo	420747	6220229	Unidad volcánica antigua			318	163			30,4		
Volcán Maipo	422057	6217906	Unidad volcánica antigua			406	152			30,9		
Volcán Maipo	420380	6216632	Unidad volcánica antigua			348	157			31		
Volcán Maipo	423729	6216676	Unidad volcánica antigua			430	122			30		

Tabla 12. Base de Datos Geoquímica. Continuación de las columnas 14-40 de las 45 muestras siguientes.

51,72	1,59	16,68	4,42	0,23	3,86	8,99	3,63	0,55	0,36	0,51		39,9		319					11	511	27,6	109					
60,49	1,26	16,39	2,73	0,19	2,32	5,34	4,45	1,99	0,39	0,07				117					37	345	42	176					
68,7	0,67	15,13	4,42	0,11	0,4	1,15	5,65	3,33	0,17	0,05				57					50	135	45,2	213					
71,13	0,69	14,56	2,46	0,12	0,84	1,56	5,23	1,92	0,15	0,13		12,3		27	3	2	1		35	218	40,2	263	10,4				
48,2	1,42	20,06	4,92	0,23	4,19	10,27	3,41	0,58	0,32	0,07				292					12	500	34,6	86					
51,27	1,58	17,62	6,36	0,2	3,47	9,42	3,18	1,19	0,38	0,17		34,5		342	22	31	19		24	505	35,3	132	4,8				
53,77	1,73	15,13	4,08	0,25	3,38	7,91	3,59	1,11	0,47	0,04		38,4		262	1	25	4		10	398	35,4	124	4,6				
58,82	1,38	15,51	4,78	0,22	2,17	5,5	4,02	2,44	0,44	0,17		27,1		127	1	15	3		48	364	37,6	169	5,8				
54,21	1,33	17,43	3,9	0,21	3,28	7,6	3,7	1,86	0,38	0,12		27,9		261	4	20	9		38	502	29,1	135	4,5				
54,88	1,14	17,4	3,14	0,19	4,06	6,93	4,15	1,12	0,17	0,09				270					14	329	23	73					
66,23	0,68	15,5	4	0,13	1,27	3,41	4,52	2,51	0,18	0,08				97					59	194	29,6	141					
70,57	0,45	14,48	1,58	0,09	0,87	2,37	4,5	3,13	0,02	0,84				84					55	157	25,7	183					
74,06	0,15	15,06	1,6	0,05	0,12	0,02	2,98	5,76	0,05	0,11		3,5		8	3	1	1		142	52	21	148	5,7				
75,97	0,14	12,92	1,18	0,04	0,1	0,44	3,67	5,01	0,04	0,07		2,9		6	2	1	1		148	109	20,1	155	5,4				
77,16	0,31	12,27	1,88	0,04	0,03	0,87	3,53	3,58	0,02	0,19				0,1					112	70	20,3	134					
53,61	1,06	18,04	5,32	0,23	4,51	8,12	3,33	1,49	0,32	0,2		25,8		243	72	45	20		21	500	28,5	147	4,1				
53,97	0,92	17,22	4,57	0,23	4,21	8,87	3,37	1,34	0,27	0,56		30,1		235	99	27	25		33	308	23,6	123	2,9				
55,68	1,38	16,71	3,19	0,22	3,24	7,65	3,97	1,16	0,3	0,1		24,9		240	6	20	4		29	545	23,7	119	4,6				
56,09	1,12	17,77	6,97	0,18	2,56	6,64	3,99	1,84	0,3	0,18		20,4		190	1	20	4		45	360	26,8	141	4,1				
63,32	0,94	16,72	4,67	0,13	1,6	4,27	4,51	2,17	0,34	0,08		15,4		80	1	8	3		52	364	30,4	200	6,3				
53,77	1,1	18,17	3,25	0,12	5,57	8,29	3,88	1,09	0,18	0,11				224	119	27	64		23	738	13,2	78	2,9				
55,65	1,08	17,81	4,23	0,13	4,12	7,54	3,93	2,15	0,17	0,12		16,8		222	84	24	34		42	765	16,2	109	3,6				
57,58	0,99	17,86	4,67	0,09	3,54	6,8	4,25	1,83	0,16	0,1		14,6		183	112	21	48		44	717	12,5	96	3,4				
61,05	0,82	17,41	3,87	0,11	2,65	5,51	4,11	2,48	0,15	0,14		12,5		131	30	15	18		66	494	17	159	4				
64,54	0,75	16,89	4,95	0,11	1,28	2,92	3,57	4,31	0,11	0,17		10,8		97	24	17	18		84	320	20,6	176	4,3				
74,24	0,25	13,56	1,87	0,05	0,2	1,47	2,85	5,19	0,04	0,64		3,3		22	1	3	2		142	79	11,9	159	4,3				
66,57	0,5	14,9	4,3	0,08	1,09	3,04	3,6	3,44	0,1			10									22,8						
73,57	0,29	13,28	2,42	0,07	0,13	0,69	3,67	4,75	0,07			4									15,2						
61,36	0,97	16,22	6,4	0,18	1,78	4,18	4,6	2,18	0,33			17									27,1						
52,12	1,24	18,22	8,37	0,21	3,43	6,47	4,88	0,51	0,36			20									21,1						
49,96	1,21	18,57	10,09	0,1	4,43	8,6	3,97	1,31	0,31			25									18,8						
55,53	1,26	15,74	10,42	0,18	3,11	6,75	3,98	1,33	0,5			29									28,3						
62,11	0,96	15,72	7,34	0,13	0,7	3,21	4,4	3,5	0,4			15									31						
56,03	1,14	17,01	8,16	0,1	2,44	6,7	4,26	1,71	0,39			21									26						
74,29	0,12	13,14		0,08	0,19	0,66	3,97	4,52	0,05	2,96	100,9			-5	16	0,7	58	48	173	68,9	17	91	15				
58,26	1,03	18,08		0,1	2,54	6,64	4,21	2,12	0,29	0,02	100			173	13	17	-10	97	70	562	21	195	9,2				
57,05	0,95	17,11		0,11	4,15	7,03	3,67	1,99	0,23	-0,28	99,13				54,9	12	-15		56,65	446	18,97	149,8	6,2				
56,43	0,96	17,33		0,1	4,3	7,82	3,66	1,9	0,18	0,23	100,5			187	60	22	20	80	58	533	14	158	6				
56,53	0,96	17,26		0,1	4,22	7,66	3,67	1,85	0,21	-0,16	99,52			181	50	21	-20	50	56	529	14	137	8				
66,44	0,48	15,92		0,09	1,1	3,27	4,49	3,14	0,18	1,02	99,45			51	13	4,7	-10	64	114	353	18	224	10				
65,05	0,64	15,87		0,07	1,99	3,98	4,01	3,27	0,15	-0,04	99,29			89	42	11	-10	93	148	377	22	255	13				
66,66	0,51	14,76		0,06	1,47	3,12	3,8	3,87	0,18	0,36	98,53			67	32	8,8	-10	76	163	318	22	262	14				
65,18	0,64	15,68		0,08	1,99	4,13	3,99	3,47	0,21	0,04	100,2			93	56	14	-10	82	152	406	22	252	13				
66,78	0,6	15,41		0,07	1,67	3,55	3,91	3,66	0,16	0,25	100,1				27	9	23		157	348	21	229	11				
63,52	0,73	16,03		0,08	2,5	4,69	3,94	3,08	0,2	0,3	100,2				51	13	31		122	430	21	213	10				

Tabla 14. Base de Datos Geoquímica. Continuación de las columnas 1-13 de las 45 muestras siguientes.

Volcán Maipo			Unidad volcánica antigua			516	73				27	
Volcán Maipo			Unidad volcánica antigua			329	166				30	
Volcán Maipo			Unidad volcánica antigua			359,41	126,18				28	
Volcán Maipo	422510	6219328	Unidad volcánica antigua			589	77				24	
Volcán Maipo	423564	6217395	Unidad volcánica antigua			558	71				24	
Cerro El Abanico	360890	6290343	Fm. Abanico	Lava	Basalto							
Cerro El Abanico	361758	6291288	Fm. Abanico	Lava	Basalto							
Cerro El Abanico	362727	6290469	Fm. Abanico	Lava	Andesita							
Volcán Maipo	421745	6214080	Unidad volcánica antigua			551,69	35,98		0,704936	17,9	0,512578	-1,17
Volcán Maipo	420168	6216233	Unidad volcánica antigua			546,1	39,08		0,704937	19,11	0,5125782	-1,17
Volcán Maipo	421090	6211483	Unidad volcánica antigua			562,79	45,14		0,704909	23,62	0,512555	-1,72
DonCasimiro	416529	6215761	Unidad volcánica antigua			573,12	36,3		0,704892	20,45	0,512592	-0,90
DonCasimiro	415838	6216184	Unidad volcánica antigua			694,7	36,13			23,87		
DonCasimiro	415838	6216184	Unidad volcánica antigua			673,53	38,71			23,94		
DonCasimiro	415838	6216184	Unidad volcánica antigua			610,37	32,71			22,71		
DonCasimiro	415838	6216184	Unidad volcánica antigua			632,35	36,63			23,03		
DonCasimiro	417868	6214260	Unidad volcánica antigua			635,46	37,78			22,93		
DonCasimiro	417868	6214260	Unidad volcánica antigua			620,17	36,34			22,34		
DonCasimiro	417868	6214260	Unidad volcánica antigua			587,51	34,67		0,704505	21,34	0,51265	0,23
DonCasimiro	417868	6214260	Unidad volcánica antigua			568,78	30,82		0,704425	20,15	0,512662	0,47
Volcán Maipo	424828	6213984	Unidad volcánica antigua			542,05	71,76			25,28		
Volcán Maipo	424871	6214266	Unidad volcánica antigua			544,06	87,07			25,41		
Volcán Maipo	424903	6214394	Unidad volcánica antigua			543,61	61,41			24,38		
Tupungato	428322	6308697	Unidad volcánica antigua			733	57	0,226	0,70466			
Tupungato	428322	6308697	Unidad volcánica antigua			872	54	0,179	0,70458			
Tupungato	428322	6308697	Unidad volcánica antigua			719	40	0,162	0,7048			
Tupungato	428322	6308697	Unidad volcánica antigua			788	59	0,217	0,70461			
Tupungato	428322	6308697	Unidad volcánica antigua			793	60	0,22	0,70468			
Tupungato	428322	6308697	Unidad volcánica antigua			723	67	0,269	0,70487			
Tupungato	428322	6308697	Unidad volcánica antigua			692	61	0,255	0,70483			
Tupungato	428322	6308697	Unidad volcánica antigua			702	72	0,298	0,70475			
Tupungato	428322	6308697	Unidad volcánica antigua			673	72	0,31	0,70474			
Tupungato	428322	6308697	Unidad volcánica antigua			732	63	0,249	0,7047			
Tupungato	428322	6308697	Unidad volcánica antigua			741	64	0,249	0,70476			
Tupungatito	422490	6305905	Unidad volcánica nueva			549	122	0,642	0,70481			
Tupungatito	422490	6305905	Unidad volcánica nueva			589	86	0,422	0,70489			
Tupungatito	422490	6305905	Unidad volcánica nueva			634	62	0,284	0,70488			
Tupungatito	422490	6305905	Unidad volcánica nueva			630	62	0,284	0,70499			
Tupungatito	422490	6305905	Unidad volcánica nueva			457	163	1,033	0,70484		0,512589	-0,96
Tupungatito	422490	6305905	Unidad volcánica nueva			37	119	9,35	0,75556			
Tupungatito	422490	6305905	Unidad volcánica nueva			40	247	17,97	0,76353			
Tupungatito	422490	6305905	Unidad volcánica nueva			194	134	2	0,72501			
Cerro Alto	362578	6300773				739	50	0,197	0,70487			
Cerro Alto	362578	6300773				747	42	0,162	0,70488			
Cerro Alto	362578	6300773				712	61	0,249	0,70508			

Tabla 16. Base de Datos Geoquímica. Continuación de las columnas 41-64 de las 45 muestras siguientes.

2,4	554	27,9	56,8	27,3	27	5,32	1,08	4,71	0,66	3,48	0,67	2,08	0,31	1,84	0,27	4,8	0,64	8	11	3,23	M12	Sruoga et al. 2012	
6,3	663	39	80,9	8,12	30	5,51	0,88	5,01	0,61	3,25	0,67	2,13	0,33	1,99	0,31	6,3	1,15	38	24,6	8,16	M13	Sruoga et al. 2012	
	612,7	36,4	71,4	7,77	28	5,11	1,11	4,31	0,64	3,51	0,67	1,95	0,28	1,91	0,29	5,89	1,04		16,5	5,05	M23	Sruoga et al. 2012	
	524	28	58,6	6,21	24	4,6	1,29	4,2	0,6	3,1	0,6	1,6	0,24	1,5	0,21	4,5	0,6		8,9	2,8	M37	Sruoga et al. 2012	
2,4	565	24,9	52	6,3	24	4,8	1,17	3,9	0,6	3,1	0,6	1,6	0,23	1,5	0,22	4,6	0,6	7	9,8	2,8	M57	Sruoga et al. 2012	
		13	33,5		17,2	4,59	1,27	4,42		4,44	0,62	2,56		2,38	0,37						Rb-07	Vergara et al. 2004	
		14,7	39		18,6	5,03	1,39	4,95		4,91	0,75	2,84		2,7	0,42						Rb-9B	Vergara et al. 2004	
		14,7	39,4		19,8	5,19	1,02	5,01		5,15	0,78	3,16		3,14	0,49						Rb-6A	Vergara et al. 2004	
0,99	484,6	17,2	36,3	4,57	17,9	3,85	1,06	3,2	0,46	2,55	0,48	1,27	0,18	1,16	0,19	3,34	0,39	7,35	4,19	1,24	G0020315-1	Wieser et al., 2019	
0,75	505,3	17,8	37	4,6	19,1	3,74	1,06	3,28	0,47	2,56	0,49	1,28	0,19	1,16	0,18	3,44	0,4	8,22	3,64	1,34	G0020315-2	Wieser et al., 2019	
0,75	538	23,1	48,6	5,92	23,6	4,74	1,27	4,23	0,61	3,39	0,63	1,77	0,27	1,72	0,26	4,45	0,58	9,15	5,08	1,7	G0030315-1	Wieser et al., 2019	
1,12	492	18,7	39,6	5,01	20,5	4,34	1,23	3,86	0,58	3,37	0,63	1,71	0,26	1,62	0,25	3,81	0,47	9,3	5,19	1,52	G0030315-4	Wieser et al., 2019	
0,62	465,7	21,1	46,4	5,88	23,9	4,83	1,35	4,11	0,59	3,27	0,59	1,57	0,23	1,41	0,2	3,97	0,48	8,2	3,68	1,3	G0260215-2B	Wieser et al., 2019	
0,84	463,5	21,5	46,5	5,77	23,9	4,81	1,36	4,16	0,58	3,19	0,59	1,56	0,23	1,44	0,2	3,76	0,47	8,34	5,2	1,27	G0260215-2C	Wieser et al., 2019	
0,81	450,6	20,4	45,1	5,57	22,7	4,53	1,3	3,84	0,54	2,97	0,55	1,44	0,21	1,27	0,19	3,9	0,46	8,53	4,36	1,25	G0260215-2D	Wieser et al., 2019	
0,61	463,8	20,4	44,5	5,6	23	4,51	1,28	3,84	0,56	2,96	0,56	1,42	0,21	1,3	0,2	3,85	0,45	7,88	4,75	1,31	G0260215-2G	Wieser et al., 2019	
0,73	444,9	20,9	44,9	5,74	22,9	4,44	1,27	3,84	0,55	2,95	0,58	1,46	0,23	1,33	0,22	3,88	0,44	7,34	5,21	1,25	G0270215-1A	Wieser et al., 2019	
0,77	414,5	19,7	41,8	5,33	22,3	4,4	1,29	3,7	0,54	2,98	0,58	1,5	0,22	1,4	0,22	3,3	0,42	10,3	4,51	1,17	G0270215-1B	Wieser et al., 2019	
0,59	398,2	19,3	40,6	5,12	21,3	4,19	1,2	3,63	0,52	2,9	0,56	1,48	0,22	1,37	0,21	3,57	0,42	8,68	4,34	1,21	G0270215-1C	Wieser et al., 2019	
0,72	365,1	17,4	38,3	4,87	20,2	4,13	1,17	3,54	0,51	2,98	0,58	1,55	0,23	1,49	0,22	3,34	0,41	8,43	3,75	1,11	G0270215-1D	Wieser et al., 2019	
1,3	472,1	25,7	52,3	6,55	25,3	4,85	1,24	4,35	0,67	3,73	0,71	2,01	0,31	1,87	0,3	4,51	0,58	10,4	9,37	2,27	G0280215-1	Wieser et al., 2019	
2,66	474	26,3	53,3	6,67	25,4	4,59	1,23	4,46	0,66	3,8	0,72	1,97	0,31	1,94	0,3	4,56	0,58	11,7	10,6	2,27	G0280215-2	Wieser et al., 2019	
1,14	461,6	23,8	48,7	5,84	24,4	4,76	1,23	4,3	0,6	3,57	0,7	1,9	0,29	1,77	0,27	4,08	0,55	9,76	8,04	2,02	G0280215-3	Wieser et al., 2019	
																					T5	Hildreth&Moorbarth 1988	
																						T12	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T15	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T17	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T20	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T41	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T49	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T53	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T55	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T57	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T65	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T6	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T29	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T32	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T33	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T48	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T27	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T31	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T38	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T84	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T85	Hildreth&Moorbarth 1988
																						T88	Hildreth&Moorbarth 1988

Tabla 17. Base de Datos Geoquímica. Continuación de las columnas 1-13 de las últimas 45 muestras.

Cerro Alto	362578	6300773				771	68	0,255	0,70463			
Cerro Alto	362578	6300773				727	46	0,182	0,70484			
Cerro Alto	362578	6300773				856	46	0,161	0,70468			
Cerro Alto	362578	6300773				705	50	0,205	0,70492			
Cerro Alto	362578	6300773				554	95	0,495	0,70481		0,512587	-0,99
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			647	55	0,246	0,70476		0,512622	-0,31
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			425	166	1,13	0,70488			
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			596	51	0,249	0,70494		0,512591	-0,92
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			469	109	0,671	0,70533			
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			460	94	0,59	0,7052		0,512552	-1,68
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			627	12	0,055	0,70494			
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			368	102	0,802	0,7056			
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			488	67	0,396	0,70502			
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			413	82	0,576	0,70541			
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			383	106	0,802	0,70556		0,512534	-2,03
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			516	57	0,318	0,7052			
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			339	109	0,932	0,70566		0,51251	-2,50
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			426	82	0,556	0,70536		0,512553	-1,66
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			473	61	0,373	0,70508			
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			528	65	0,356	0,70489			
Marmolejo	418658	6266919	Unidad volcánica antigua			481	66	0,396	0,7054			
Volcán Tupungato/Tupungatito	425591	6305929			Basalto	600	22	0,7049			0,51262	-0,35
Volcán Marmolejo/San José	419745	6263377			Andesita	660	62	0,705			0,51259	-0,94
Volcán Maipo	423298	6219356	Unidad volcánica antigua		Riolita	65	141	0,706			0,51255	-1,72
			Fm. Río Damas	Clasto conglomerado					0,705278			
			Fm. Lo Valdés	Margas					0,708159			
			Fm. Río Colina	Lutitas					0,707151		0,5124812	-3,06
			Fm. Río Damas	Arenisca					0,705051		0,512797	3,10
			Fm. Lo Valdés	Caliza arenosa					0,707172			
			Fm. Río Damas	Conglomerado					0,705260		0,5127708	2,59
			Fm. Colimapu	Arenisca					0,703801		0,5128482	4,10
			Fm. Río Damas	Areniscas					0,704863		0,5127084	1,37
			Fm. Lo Valdés	Arenisca sin fósiles					0,707208		0,5125717	-1,29
			Fm. Lo Valdés	Arenisca con fósiles					0,707208			
			Fm. Lo Valdés	Coquinas					0,707206			
			Fm. Río Damas	Fangolitas					0,705730		0,5126695	0,61
			Fm. Lo Valdés	Arenisca					0,707050		0,5125557	-1,61
			Fm. Río Colina	Arenisca calcárea					0,705959		0,5126521	0,28
Piuquenes			Fm. Lo Valdés	Arenisca					0,707156			
Piuquenes			Fm. Lo Valdés	Arenisca					0,707203		0,5123406	-5,80
			Fm. Lo Valdés	Yeso					0,707317			
			Fm. Lo Valdés	Lutita					0,707200		0,5125382	-1,95
			Fm. Lo Valdés	Tobas					0,705216		0,5128382	3,90
			Fm. Colimapu	Andesita					0,703881		0,5128356	3,85
			Fm. Río Colina	Lutita					0,709618			

Tabla 20. Base de datos v2 py. Hoja “Mayores”.

Unidad	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5
FC	42,30	0,33	8,22	1,96	0,01	3,03	38,22	0,38	3,63	0,74
FRC	22,92	0,21	4,46	1,92	0,03	2,82	56,49	0,43	1,67	6,23
FRC	19,21	0,14	3,18	0,90	0,02	2,95	70,50	0,43	0,46	1,36
FRD	30,26	0,17	4,24	1,71	0,02	2,04	57,24	0,24	1,73	0,46
FRD	61,35	0,37	11,86	3,38	0,48	0,67	12,88	4,22	1,45	0,18
FRD	53,23	0,83	18,09	10,12	0,16	5,81	5,27	4,53	1,50	0,21
FRD	60,39	0,71	17,61	7,00	0,05	1,08	3,04	9,04	0,65	0,16
FRD	32,10	0,42	9,81	5,11	0,52	1,36	45,33	4,00	0,21	0,25
UVN	61,43	0,83	18,12	3,19	0,09	2,77	4,83	4,06	2,74	0,15
UVN	62,02	0,78	17,01	3,30	0,09	2,22	4,77	4,20	2,88	0,21
UVN	62,30	0,76	17,40	3,78	0,09	2,18	4,74	4,28	2,80	0,21
UVN	61,48	0,83	17,45	2,89	0,10	2,38	5,01	4,22	2,72	0,21
UVN	62,22	0,86	18,25	2,01	0,07	2,14	4,84	4,35	2,48	0,22
UVN	62,78	0,76	17,65	2,28	0,09	2,25	4,49	4,38	2,70	0,21
UVN	56,06	1,04	18,64	2,74	0,12	4,67	7,36	3,79	1,64	0,21
FLV	25,45	0,08	1,43	0,71	0,01	6,37	64,45	0,08	0,62	0,32
FLV	61,58	0,44	18,58	5,34	0,06	2,39	0,90	8,94	1,44	0,16
FLV	28,72	0,14	3,31	1,44	0,06	1,04	63,11	0,91	0,42	0,28
FLV	51,36	0,19	5,09	1,82	0,03	1,04	34,85	1,51	0,60	1,75
FLV	29,04	0,12	3,17	1,47	0,07	0,67	62,72	0,15	0,37	0,31
FLV	75,91	0,11	13,70	0,16	0,01	0,04	1,04	5,03	3,75	0,03
FLV	60,04	0,96	17,50	8,48	0,08	1,04	3,25	5,56	2,85	0,31
FLV	54,98	0,97	16,97	9,61	0,12	6,22	4,78	3,67	1,96	0,27
FLV	54,59	1,28	18,23	11,22	0,20	2,25	7,53	2,70	1,57	0,43
IMMS	66,57	0,43	15,99	3,31	0,03	1,24	2,99	5,28	2,92	0,12
IMMS	66,83	0,43	15,60	3,71	0,03	1,28	3,03	4,80	3,19	0,12
IMMS	61,61	0,62	16,84	5,31	0,09	2,39	5,11	4,70	2,68	0,19
IMMS	66,84	0,45	15,66	3,56	0,04	1,53	3,17	4,69	3,42	0,11
IMMS	63,02	0,62	16,19	4,83	0,06	2,35	4,67	4,61	2,91	0,15
IMMS	62,17	0,77	16,07	5,15	0,05	2,68	4,41	4,62	2,91	0,17
IMMS	56,29	1,14	16,45	8,02	0,13	3,81	5,88	4,21	2,59	0,30
IMMS	57,51	0,98	17,14	6,88	0,12	3,16	6,10	4,46	2,44	0,25
IMMS	54,01	0,95	17,49	7,80	0,11	4,35	7,06	4,27	2,04	0,24
IMMS	62,17	0,77	16,07	5,15	0,05	2,68	4,41	4,62	2,91	0,17
IMMS	56,29	1,14	16,45	8,02	0,13	3,81	5,88	4,21	2,59	0,30
IMMS	57,51	0,98	17,14	6,88	0,12	3,16	6,10	4,46	2,44	0,25
IMMS	54,01	0,95	17,49	7,80	0,11	4,35	7,06	4,27	2,04	0,24
FA	49,96	1,21	18,57	10,09	0,10	4,43	8,60	3,97	1,31	0,31
FA	55,53	1,26	15,74	10,42	0,18	3,11	6,75	3,98	1,33	0,50
FA	62,11	0,96	15,72	7,34	0,13	0,70	3,21	4,40	3,50	0,40
FA	56,03	1,14	17,01	8,16	0,10	2,44	6,70	4,26	1,71	0,39
FA	55,57	1,01	17,29	10,18	0,19	3,64	6,75	4,06	1,13	0,18
FA	51,03	1,46	19,61	10,46	0,20	3,02	9,29	3,48	1,09	0,35
FA	57,32	1,13	17,77	9,57	0,12	2,02	2,27	5,58	3,84	0,38
FA	49,24	1,62	16,71	6,18	0,44	6,14	5,37	4,64	2,04	0,14
FA	48,43	1,42	19,47	5,82	0,20	3,67	8,58	3,71	1,37	2,00
FA	51,38	1,83	16,35	7,03	0,24	3,41	7,41	3,64	0,40	0,67
FA	48,55	1,40	20,48	9,52	0,13	3,61	7,50	3,47	0,62	0,28
FA	46,23	0,95	18,55	8,36	0,19	6,39	11,32	2,76	0,41	0,14
FA	51,75	1,19	17,88	6,51	0,16	3,79	7,62	3,73	1,06	0,32
FA	58,44	0,91	18,64	4,04	0,12	1,10	4,70	5,50	2,36	0,46
FA	49,88	1,45	18,69	5,90	0,24	4,02	8,52	3,40	0,80	0,31
FA	63,56	0,72	17,16	3,92	0,13	0,74	3,05	5,29	2,95	0,30
FA	67,18	0,51	13,94	2,36	0,12	1,17	3,71	2,79	1,84	0,07
FA	67,13	0,44	14,16	2,33	0,15	0,76	5,88	0,90	1,47	0,13
FA	58,73	1,25	16,95	5,14	0,17	1,17	4,72	4,53	2,94	0,55
FA	56,24	1,35	17,09	6,66	0,20	1,60	5,50	5,04	1,30	0,62
FA	55,85	1,34	16,62	6,38	0,19	1,56	4,84	4,93	2,24	0,67
FA	49,77	1,21	18,07	5,30	0,18	4,07	8,00	3,54	0,94	0,39
FA	49,03	1,22	19,91	6,69	0,15	3,48	8,75	3,92	0,96	0,33
FA	49,73	1,26	17,36	4,88	0,19	5,09	8,60	3,24	1,08	0,33
FA	51,05	1,16	19,65	4,97	0,16	3,15	8,00	3,54	1,25	0,13

Tabla 21. Base de datos v2 py. Hoja "Mayores". Continuación.

FA	55,16	0,89	18,45	4,74	0,15	1,62	7,76	4,21	1,46	0,31
FA	55,34	1,20	16,99	4,24	0,13	3,01	7,06	3,42	1,69	0,34
FA	55,60	0,90	18,67	4,00	0,22	2,42	3,17	6,34	1,92	0,36
FA	53,43	1,08	18,93	4,83	0,19	3,72	7,80	4,09	0,86	0,22
FA	47,17	1,30	19,05	6,29	0,19	4,07	10,33	2,65	0,85	0,19
FA	49,94	1,40	16,97	13,00	0,19	3,80	9,14	3,07	0,60	0,33
FA	50,54	1,55	16,30	12,96	0,22	3,77	8,78	3,55	0,54	0,36
FA	58,54	0,73	15,53	8,25	0,13	3,59	6,17	3,42	2,04	0,27
FA	51,72	1,59	16,68	4,42	0,23	3,86	8,99	3,63	0,55	0,36
FA	60,49	1,26	16,39	2,73	0,19	2,32	5,34	4,45	1,99	0,39
FA	68,70	0,67	15,13	4,42	0,11	0,40	1,15	5,65	3,33	0,17
FA	71,13	0,69	14,56	2,46	0,12	0,84	1,56	5,23	1,92	0,15
FA	48,20	1,42	20,06	4,92	0,23	4,19	10,27	3,41	0,58	0,32
FA	51,27	1,58	17,62	6,36	0,20	3,47	9,42	3,18	1,19	0,38
FA	53,77	1,73	15,13	4,08	0,25	3,38	7,91	3,59	1,11	0,47
FA	58,82	1,38	15,51	4,78	0,22	2,17	5,50	4,02	2,44	0,44
FF	52,99	1,07	18,94	8,84	0,26	4,85	7,37	3,94	1,44	0,30
FF	56,04	1,01	17,69	7,85	0,33	4,43	5,65	4,50	2,25	0,27
FF	60,55	0,92	17,97	6,22	0,13	2,00	5,20	4,81	1,84	0,35
FF	50,95	1,15	19,66	9,92	0,19	4,09	9,77	3,48	0,56	0,25
FF	66,21	0,72	14,98	5,82	0,14	1,34	3,58	4,18	2,76	0,27
FF	63,55	0,73	17,07	5,37	0,11	2,27	3,86	4,58	2,08	0,37
FF	56,77	1,15	18,28	9,87	0,22	1,91	5,10	4,89	1,45	0,38
FF	54,21	1,33	17,43	3,90	0,21	3,28	7,60	3,70	1,86	0,38
FF	54,88	1,14	17,40	3,14	0,19	4,06	6,93	4,15	1,12	0,17
FF	66,23	0,68	15,50	4,00	0,13	1,27	3,41	4,52	2,51	0,18
FF	70,57	0,45	14,48	1,58	0,09	0,87	2,37	4,50	3,13	0,02
FF	74,06	0,15	15,06	1,60	0,05	0,12	0,02	2,98	5,76	0,05
FF	75,97	0,14	12,92	1,18	0,04	0,10	0,44	3,67	5,01	0,04
FF	77,16	0,31	12,27	1,88	0,04	0,03	0,87	3,53	3,58	0,02
FF	53,61	1,06	18,04	5,32	0,23	4,51	8,12	3,33	1,49	0,32
FF	53,97	0,92	17,22	4,57	0,23	4,21	8,87	3,37	1,34	0,27
FF	55,68	1,38	16,71	3,19	0,22	3,24	7,65	3,97	1,16	0,30
FF	56,09	1,12	17,77	6,97	0,18	2,56	6,64	3,99	1,84	0,30
FF	63,32	0,94	16,72	4,67	0,13	1,60	4,27	4,51	2,17	0,34
FF	53,77	1,10	18,17	3,25	0,12	5,57	8,29	3,88	1,09	0,18
FF	55,65	1,08	17,81	4,23	0,13	4,12	7,54	3,93	2,15	0,17
FF	57,58	0,99	17,86	4,67	0,09	3,54	6,80	4,25	1,83	0,16
FF	61,05	0,82	17,41	3,87	0,11	2,65	5,51	4,11	2,48	0,15
FF	64,54	0,75	16,89	4,95	0,11	1,28	2,92	3,57	4,31	0,11
FF	74,24	0,25	13,56	1,87	0,05	0,20	1,47	2,85	5,19	0,04
FF	66,57	0,50	14,90	4,30	0,08	1,09	3,04	3,60	3,44	0,10
FF	73,57	0,29	13,28	2,42	0,07	0,13	0,69	3,67	4,75	0,07
FF	61,36	0,97	16,22	6,40	0,18	1,78	4,18	4,60	2,18	0,33
FF	52,12	1,24	18,22	8,37	0,21	3,43	6,47	4,88	0,51	0,36
FF	50,62	1,06	19,42		0,14	5,41	9,61	3,47	0,93	0,25
FF	52,32	1,05	18,10		0,25	4,96	8,77	3,73	1,03	0,19
FF	53,52	0,98	18,55		0,21	3,14	7,34	4,09	1,57	0,26
FF	55,77	0,95	18,09		0,17	3,74	7,20	3,90	1,38	0,19
FF	58,69	1,43	15,96		0,23	2,28	4,84	4,08	2,86	0,59
FF	59,52	1,22	17,44		0,17	1,83	5,18	4,88	2,18	0,34
FF	59,90	1,04	17,08		0,14	2,40	5,70	4,46	1,92	0,33
FF	59,20	0,70	18,22		0,11	2,56	5,65	4,71	2,26	0,20
FF	60,38	0,98	18,36		0,28	1,01	5,19	4,73	1,91	0,26
FF	60,96	0,90	16,99		0,15	2,29	5,84	4,06	2,09	0,22
FF	74,28	0,33	14,49		0,16	0,37	0,86	4,05	3,35	0,04
UVA	54,35	1,09	17,34	8,17	0,14	5,25	7,51	3,78	1,49	0,30
UVA	54,25	1,11	17,58	8,27	0,12	5,34	7,55	3,88	1,50	0,30
UVA	53,55	0,97	17,45	8,39	0,14	6,09	8,16	3,57	1,15	0,25
UVA	55,33	0,83	15,15	8,38	0,12	6,82	7,08	3,43	1,37	0,19
UVA	56,39	0,83	15,48	8,05	0,12	6,73	7,05	3,49	1,46	0,19
UVA	57,50	0,99	17,23	7,08	0,11	2,99	6,41	4,08	1,75	0,23
UVA	55,76	1,02	17,92	7,64	0,11	3,87	7,84	3,80	1,54	0,23

Tabla 22. Base de datos v2 py. Hoja “Mayores”. Continuación.

UVA	55,34	1,10	17,18	8,15	0,12	5,01	7,43	3,94	1,44	0,30
UVA	55,54	1,09	16,99	8,11	0,12	4,87	7,38	4,01	1,46	0,29
UVA	56,61	1,05	17,52	7,83	0,12	4,49	7,02	4,08	1,49	0,27
UVA	55,99	1,05	17,22	7,82	0,12	4,53	7,04	4,03	1,46	0,28
UVA	55,42	1,04	17,00	7,79	0,12	4,78	7,17	3,99	1,46	0,26
UVA	56,62	0,99	17,51	7,62	0,11	4,92	7,18	3,88	1,36	0,25
UVA	55,88	0,99	17,22	7,67	0,12	4,85	7,11	4,01	1,39	0,24
UVA	56,48	0,95	17,12	7,73	0,12	5,63	7,43	3,91	1,29	0,23
UVA	56,80	0,94	16,77	7,25	0,11	3,83	7,00	3,70	1,94	0,23
UVA	56,90	0,94	16,73	7,16	0,11	3,80	7,07	3,68	1,92	0,22
UVA	57,86	0,95	17,40	7,41	0,12	4,11	7,42	3,81	1,82	0,22
UVA	70,58	0,40	14,63	2,72	0,06	0,57	2,77	4,14	3,03	0,19
UVA	69,96	0,38	15,33	2,87	0,07	0,49	2,98	4,41	2,74	0,22
UVA	58,29	0,91	17,26	6,93	0,11	4,09	6,73	3,70	2,24	0,23
UVA	65,38	0,67	16,10	4,54	0,07	2,00	3,90	3,91	3,57	0,18
UVA	63,76	0,73	17,03	5,11	0,09	1,76	4,33	4,29	3,04	0,22
UVA	57,41	0,92	17,33	7,26	0,11	4,54	6,99	3,70	2,03	0,22
UVA	58,72	0,88	17,46	6,80	0,11	3,68	6,45	3,85	2,30	0,23
UVA	75,88	0,12	13,42	0,98	0,08	0,19	0,67	4,05	4,62	0,05
UVA	58,26	1,03	18,08		0,10	2,54	6,64	4,21	2,12	0,29
UVA	57,05	0,95	17,11		0,11	4,15	7,03	3,67	1,99	0,23
UVA	56,43	0,96	17,33		0,10	4,30	7,82	3,66	1,90	0,18
UVA	56,53	0,96	17,26		0,10	4,22	7,66	3,67	1,85	0,21
UVA	66,44	0,48	15,92		0,09	1,10	3,27	4,49	3,14	0,18
UVA	65,05	0,64	15,87		0,07	1,99	3,98	4,01	3,27	0,15
UVA	66,66	0,51	14,76		0,06	1,47	3,12	3,80	3,87	0,18
UVA	65,18	0,64	15,68		0,08	1,99	4,13	3,99	3,47	0,21
UVA	66,78	0,60	15,41		0,07	1,67	3,55	3,91	3,66	0,16
UVA	63,52	0,73	16,03		0,08	2,50	4,69	3,94	3,08	0,20
UVA	57,89	0,91	17,21		0,11	3,98	6,77	3,85	2,20	0,25
UVA	67,86	0,53	15,36		0,06	1,43	3,21	3,95	3,90	0,18
UVA	64,06	0,66	15,82		0,08	2,06	4,59	3,79	3,52	0,19
UVA	53,47	0,85	16,85		0,07	1,68	8,70	3,60	2,08	0,22
UVA	57,76	0,96	18,36		0,08	1,99	6,52	4,00	2,30	0,24
UVA	74,70	0,10	12,60			0,20	0,40	4,10	3,90	
UVA	53,99	1,32				4,51	8,36	3,70	1,31	
UVA	75,80	0,15				0,19	0,45	4,29	3,86	
UVA	57,05	1,01				4,34	7,10	3,55	2,11	
UVA	62,15	0,79				2,58	5,20	3,90	2,58	
MA01f	53,17	0,99	14,09	8,57	0,12	2,67	8,08	3,35	1,82	0,28
MA03f	54,04	0,94	14,12	7,96	0,12	2,36	8,27	3,43	1,78	0,28
MA04f	50,81	1,57	15,95	12,8	0,2	2,13	5,73	3,9	1,58	0,29
MA05f	52,71	0,88	13,93	7,4	0,12	2,97	9,78	3,47	1,76	0,25
MA06f	54,98	0,88	13,57	7,71	0,09	2,24	8,1	3,34	1,76	0,32
MA07f	53,43	0,74	14,29	5,91	0,11	2,72	8,84	3,37	2,12	0,26
MA08f										
MA09f	55,80	1,31	13,67	11,95	0,14	3,10	8,15	3,48	1,68	0,37
MA10f										
MA11f	55,72	1,35	15,28	11,20	0,16	4,06	6,24	3,73	1,77	0,27
MA12f	60,45	0,78	14,10	7,14	0,09	2,04	8,84	3,66	1,97	0,36
MA13f	55,14	1,29	15,07	11,01	0,16	3,17	8,04	3,63	1,91	0,31
MA14f	55,54	0,83	14,45	6,5	0,12	2,58	7,81	3,45	2	0,24
MA15f	57,34	0,76	15,85	5,93	0,09	2,46	7,19	3,98	1,97	0,24
MA16f	53,58	1,18	16,49	9,65	0,17	2,16	5,64	4,04	1,69	0,29
MA17f	50,09	1,86	13,19	15,73	0,2	5,34	6,61	3,11	1,42	0,27
MA18f	55,11	0,89	13,09	8,24	0,08	1,97	7,96	3,39	1,67	0,33
MA19f	53,11	1,04	13,8	8,9	0,13	2,72	7,91	3,21	1,92	0,26
MA20f	54,66	1,45	14,36	13,14	0,16	3,09	7,09	3,46	1,78	0,31
MA21f	54,77	1,56	13,23	16,09	0,13	3,37	5,87	3,41	1,45	0,35
MA22f	51,81	1,94	15,99	16,14	0,19	2,24	5,77	3,75	1,53	0,30
MA23f	54,65	1,47	15,06	12,60	0,16	4,45	6,26	3,62	1,67	0,27
MA24f										
MA25f	54,78	1,35	14,21	12,36	0,20	2,95	8,30	3,36	1,86	0,32

Tabla 23. Base de datos v2 py. Hoja “Mayores y Suma”.

Unidad	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Ca+Na	Ca+Na+K	Fe+Mg
FC	42,3	0,33	8,22	1,96	0,01	3,03	38,22	0,38	3,63	0,74	38,6	42,23	4,99
FRC	22,92	0,21	4,46	1,92	0,03	2,82	56,49	0,43	1,67	6,23	56,92	58,59	4,74
FRC	19,21	0,14	3,18	0,9	0,02	2,95	70,5	0,43	0,46	1,36	70,93	71,39	3,85
FRD	30,26	0,17	4,24	1,71	0,02	2,04	57,24	0,24	1,73	0,46	57,48	59,21	3,75
FRD	61,35	0,37	11,86	3,38	0,48	0,67	12,88	4,22	1,45	0,18	17,1	18,55	4,05
FRD	53,23	0,83	18,09	10,12	0,16	5,81	5,27	4,53	1,5	0,21	9,8	11,3	15,93
FRD	60,39	0,71	17,61	7	0,05	1,08	3,04	9,04	0,65	0,16	12,08	12,73	8,08
FRD	32,1	0,42	9,81	5,11	0,52	1,36	45,33	4	0,21	0,25	49,33	49,54	6,47
UVQ	61,43	0,83	18,12	3,19	0,09	2,77	4,83	4,06	2,74	0,15	8,89	11,63	5,96
UVQ	62,02	0,78	17,01	3,3	0,09	2,22	4,77	4,2	2,88	0,21	8,97	11,85	5,52
UVQ	62,3	0,76	17,4	3,78	0,09	2,18	4,74	4,28	2,8	0,21	9,02	11,82	5,96
UVQ	61,48	0,83	17,45	2,89	0,1	2,38	5,01	4,22	2,72	0,21	9,23	11,95	5,27
UVQ	62,22	0,86	18,25	2,01	0,07	2,14	4,84	4,35	2,48	0,22	9,19	11,67	4,15
UVQ	62,78	0,76	17,65	2,28	0,09	2,25	4,49	4,38	2,7	0,21	8,87	11,57	4,53
UVQ	56,06	1,04	18,64	2,74	0,12	4,67	7,36	3,79	1,64	0,21	11,15	12,79	7,41
FLV	25,45	0,08	1,43	0,71	0,01	6,37	64,45	0,08	0,62	0,32	64,53	65,15	7,08
FLV	61,58	0,44	18,58	5,34	0,06	2,39	0,9	8,94	1,44	0,16	9,84	11,28	7,73
FLV	28,72	0,14	3,31	1,44	0,06	1,04	63,11	0,91	0,42	0,28	64,02	64,44	2,48
FLV	51,36	0,19	5,09	1,82	0,03	1,04	34,85	1,51	0,6	1,75	36,36	36,96	2,86
FLV	29,04	0,12	3,17	1,47	0,07	0,67	62,72	0,15	0,37	0,31	62,87	63,24	2,14
FLV	75,91	0,11	13,7	0,16	0,01	0,04	1,04	5,03	3,75	0,03	6,07	9,82	0,2
FLV	60,04	0,96	17,5	8,48	0,08	1,04	3,25	5,56	2,85	0,31	8,81	11,66	9,52
FLV	76,18	0,37	10,75	2,33	0,06	0,65	3,47	2,54	2,82	0,36	6,01	8,83	2,98
FLV	54,98	0,97	16,97	9,61	0,12	6,22	4,78	3,67	1,96	0,27	8,45	10,41	15,83
FLV	54,59	1,28	18,23	11,22	0,2	2,25	7,53	2,7	1,57	0,43	10,23	11,8	13,47
IMMS	66,57	0,43	15,99	3,31	0,03	1,24	2,99	5,28	2,92	0,12	8,27	11,19	4,55
IMMS	66,83	0,43	15,6	3,71	0,03	1,28	3,03	4,8	3,19	0,12	7,83	11,02	4,99
IMMS	61,61	0,62	16,84	5,31	0,09	2,39	5,11	4,7	2,68	0,19	9,81	12,49	7,7
IMMS	66,84	0,45	15,66	3,56	0,04	1,53	3,17	4,69	3,42	0,11	7,86	11,28	5,09
IMMS	63,02	0,62	16,19	4,83	0,06	2,35	4,67	4,61	2,91	0,15	9,28	12,19	7,18
IMMS	62,17	0,77	16,07	5,15	0,05	2,68	4,41	4,62	2,91	0,17	9,03	11,94	7,83
IMMS	56,29	1,14	16,45	8,02	0,13	3,81	5,88	4,21	2,59	0,3	10,09	12,68	11,83
IMMS	57,51	0,98	17,14	6,88	0,12	3,16	6,1	4,46	2,44	0,25	10,56	13	10,04
IMMS	54,01	0,95	17,49	7,8	0,11	4,35	7,06	4,27	2,04	0,24	11,33	13,37	12,15
IMMS	62,17	0,77	16,07	5,15	0,05	2,68	4,41	4,62	2,91	0,17	9,03	11,94	7,83
IMMS	56,29	1,14	16,45	8,02	0,13	3,81	5,88	4,21	2,59	0,3	10,09	12,68	11,83
IMMS	57,51	0,98	17,14	6,88	0,12	3,16	6,1	4,46	2,44	0,25	10,56	13	10,04
IMMS	54,01	0,95	17,49	7,8	0,11	4,35	7,06	4,27	2,04	0,24	11,33	13,37	12,15
FA	49,96	1,21	18,57	10,09	0,1	4,43	8,6	3,97	1,31	0,31	12,57	13,88	14,52
FA	55,53	1,26	15,74	10,42	0,18	3,11	6,75	3,98	1,33	0,5	10,73	12,06	13,53
FA	62,11	0,96	15,72	7,34	0,13	0,7	3,21	4,4	3,5	0,4	7,61	11,11	8,04
FA	56,03	1,14	17,01	8,16	0,1	2,44	6,7	4,26	1,71	0,39	10,96	12,67	10,6
FA	55,57	1,01	17,29	10,18	0,19	3,64	6,75	4,06	1,13	0,18	10,81	11,94	13,82
FA	51,03	1,46	19,61	10,46	0,2	3,02	9,29	3,48	1,09	0,35	12,77	13,86	13,48
FA	57,32	1,13	17,77	9,57	0,12	2,02	2,27	5,58	3,84	0,38	7,85	11,69	11,59
FA	49,24	1,62	16,71	6,18	0,44	6,14	5,37	4,64	2,04	0,14	10,01	12,05	12,32
FA	48,43	1,42	19,47	5,82	0,2	3,67	8,58	3,71	1,37	2	12,29	13,66	9,49

Tabla 24. Base de datos v2 py. Hoja "Mayores y Suma". Continuación.

FA	51,38	1,83	16,35	7,03	0,24	3,41	7,41	3,64	0,4	0,67	11,05	11,45	10,44
FA	48,55	1,4	20,48	9,52	0,13	3,61	7,5	3,47	0,62	0,28	10,97	11,59	13,13
FA	46,23	0,95	18,55	8,36	0,19	6,39	11,32	2,76	0,41	0,14	14,08	14,49	14,75
FA	51,75	1,19	17,88	6,51	0,16	3,79	7,62	3,73	1,06	0,32	11,35	12,41	10,3
FA	58,44	0,91	18,64	4,04	0,12	1,1	4,7	5,5	2,36	0,46	10,2	12,56	5,14
FA	49,88	1,45	18,69	5,9	0,24	4,02	8,52	3,4	0,8	0,31	11,92	12,72	9,92
FA	63,56	0,72	17,16	3,92	0,13	0,74	3,05	5,29	2,95	0,3	8,34	11,29	4,66
FA	67,18	0,51	13,94	2,36	0,12	1,17	3,71	2,79	1,84	0,07	6,5	8,34	3,53
FA	67,13	0,44	14,16	2,33	0,15	0,76	5,88	0,9	1,47	0,13	6,78	8,25	3,09
FA	58,73	1,25	16,95	5,14	0,17	1,17	4,72	4,53	2,94	0,55	9,25	12,19	6,31
FA	56,24	1,35	17,09	6,66	0,2	1,6	5,5	5,04	1,3	0,62	10,54	11,84	8,26
FA	55,85	1,34	16,62	6,38	0,19	1,56	4,84	4,93	2,24	0,67	9,77	12,01	7,94
FA	49,77	1,21	18,07	5,3	0,18	4,07	8	3,54	0,94	0,39	11,54	12,48	9,37
FA	49,03	1,22	19,91	6,69	0,15	3,48	8,75	3,92	0,96	0,33	12,67	13,63	10,17
FA	49,73	1,26	17,36	4,88	0,19	5,09	8,6	3,24	1,08	0,33	11,84	12,92	9,97
FA	51,05	1,16	19,65	4,97	0,16	3,15	8	3,54	1,25	0,13	11,54	12,79	8,12
FA	55,16	0,89	18,45	4,74	0,15	1,62	7,76	4,21	1,46	0,31	11,97	13,43	6,36
FA	55,34	1,2	16,99	4,24	0,13	3,01	7,06	3,42	1,69	0,34	10,48	12,17	7,25
FA	55,6	0,9	18,67	4	0,22	2,42	3,17	6,34	1,92	0,36	9,51	11,43	6,42
FA	53,43	1,08	18,93	4,83	0,19	3,72	7,8	4,09	0,86	0,22	11,89	12,75	8,55
FA	47,17	1,3	19,05	6,29	0,19	4,07	10,33	2,65	0,85	0,19	12,98	13,83	10,36
FA	49,94	1,4	16,97	13	0,19	3,8	9,14	3,07	0,6	0,33	12,21	12,81	16,8
FA	50,54	1,55	16,3	12,96	0,22	3,77	8,78	3,55	0,54	0,36	12,33	12,87	16,73
FA	58,54	0,73	15,53	8,25	0,13	3,59	6,17	3,42	2,04	0,27	9,59	11,63	11,84
FA	51,72	1,59	16,68	4,42	0,23	3,86	8,99	3,63	0,55	0,36	12,62	13,17	8,28
FA	60,49	1,26	16,39	2,73	0,19	2,32	5,34	4,45	1,99	0,39	9,79	11,78	5,05
FA	68,7	0,67	15,13	4,42	0,11	0,4	1,15	5,65	3,33	0,17	6,8	10,13	4,82
FA	71,13	0,69	14,56	2,46	0,12	0,84	1,56	5,23	1,92	0,15	6,79	8,71	3,3
FA	48,2	1,42	20,06	4,92	0,23	4,19	10,27	3,41	0,58	0,32	13,68	14,26	9,11
FA	51,27	1,58	17,62	6,36	0,2	3,47	9,42	3,18	1,19	0,38	12,6	13,79	9,83
FA	53,77	1,73	15,13	4,08	0,25	3,38	7,91	3,59	1,11	0,47	11,5	12,61	7,46
FA	58,82	1,38	15,51	4,78	0,22	2,17	5,5	4,02	2,44	0,44	9,52	11,96	6,95
FF	52,99	1,07	18,94	8,84	0,26	4,85	7,37	3,94	1,44	0,3	11,31	12,75	13,69
FF	56,04	1,01	17,69	7,85	0,33	4,43	5,65	4,5	2,25	0,27	10,15	12,4	12,28
FF	60,55	0,92	17,97	6,22	0,13	2	5,2	4,81	1,84	0,35	10,01	11,85	8,22
FF	50,95	1,15	19,66	9,92	0,19	4,09	9,77	3,48	0,56	0,25	13,25	13,81	14,01
FF	66,21	0,72	14,98	5,82	0,14	1,34	3,58	4,18	2,76	0,27	7,76	10,52	7,16
FF	63,55	0,73	17,07	5,37	0,11	2,27	3,86	4,58	2,08	0,37	8,44	10,52	7,64
FF	56,77	1,15	18,28	9,87	0,22	1,91	5,1	4,89	1,45	0,38	9,99	11,44	11,78
FF	54,21	1,33	17,43	3,9	0,21	3,28	7,6	3,7	1,86	0,38	11,3	13,16	7,18
FF	54,88	1,14	17,4	3,14	0,19	4,06	6,93	4,15	1,12	0,17	11,08	12,2	7,2
FF	66,23	0,68	15,5	4	0,13	1,27	3,41	4,52	2,51	0,18	7,93	10,44	5,27
FF	70,57	0,45	14,48	1,58	0,09	0,87	2,37	4,5	3,13	0,02	6,87	10	2,45
FF	74,06	0,15	15,06	1,6	0,05	0,12	0,02	2,98	5,76	0,05	3	8,76	1,72
FF	75,97	0,14	12,92	1,18	0,04	0,1	0,44	3,67	5,01	0,04	4,11	9,12	1,28
FF	77,16	0,31	12,27	1,88	0,04	0,03	0,87	3,53	3,58	0,02	4,4	7,98	1,91
FF	53,61	1,06	18,04	5,32	0,23	4,51	8,12	3,33	1,49	0,32	11,45	12,94	9,83
FF	53,97	0,92	17,22	4,57	0,23	4,21	8,87	3,37	1,34	0,27	12,24	13,58	8,78

Tabla 25. Base de datos v2 py. Hoja "Mayores y Suma". Continuación.

FF	55,68	1,38	16,71	3,19	0,22	3,24	7,65	3,97	1,16	0,3	11,62	12,78	6,43
FF	56,09	1,12	17,77	6,97	0,18	2,56	6,64	3,99	1,84	0,3	10,63	12,47	9,53
FF	63,32	0,94	16,72	4,67	0,13	1,6	4,27	4,51	2,17	0,34	8,78	10,95	6,27
FF	53,77	1,1	18,17	3,25	0,12	5,57	8,29	3,88	1,09	0,18	12,17	13,26	8,82
FF	55,65	1,08	17,81	4,23	0,13	4,12	7,54	3,93	2,15	0,17	11,47	13,62	8,35
FF	57,58	0,99	17,86	4,67	0,09	3,54	6,8	4,25	1,83	0,16	11,05	12,88	8,21
FF	61,05	0,82	17,41	3,87	0,11	2,65	5,51	4,11	2,48	0,15	9,62	12,1	6,52
FF	64,54	0,75	16,89	4,95	0,11	1,28	2,92	3,57	4,31	0,11	6,49	10,8	6,23
FF	74,24	0,25	13,56	1,87	0,05	0,2	1,47	2,85	5,19	0,04	4,32	9,51	2,07
FF	66,57	0,5	14,9	4,3	0,08	1,09	3,04	3,6	3,44	0,1	6,64	10,08	5,39
FF	73,57	0,29	13,28	2,42	0,07	0,13	0,69	3,67	4,75	0,07	4,36	9,11	2,55
FF	61,36	0,97	16,22	6,4	0,18	1,78	4,18	4,6	2,18	0,33	8,78	10,96	8,18
FF	52,12	1,24	18,22	8,37	0,21	3,43	6,47	4,88	0,51	0,36	11,35	11,86	11,8
FF	50,62	1,06	19,42		0,14	5,41	9,61	3,47	0,93	0,25	13,08	14,01	
FF	52,32	1,05	18,1		0,25	4,96	8,77	3,73	1,03	0,19	12,5	13,53	
FF	53,52	0,98	18,55		0,21	3,14	7,34	4,09	1,57	0,26	11,43	13	
FF	55,77	0,95	18,09		0,17	3,74	7,2	3,9	1,38	0,19	11,1	12,48	
FF	58,69	1,43	15,96		0,23	2,28	4,84	4,08	2,86	0,59	8,92	11,78	
FF	59,52	1,22	17,44		0,17	1,83	5,18	4,88	2,18	0,34	10,06	12,24	
FF	59,9	1,04	17,08		0,14	2,4	5,7	4,46	1,92	0,33	10,16	12,08	
FF	59,2	0,7	18,22		0,11	2,56	5,65	4,71	2,26	0,2	10,36	12,62	
FF	60,38	0,98	18,36		0,28	1,01	5,19	4,73	1,91	0,26	9,92	11,83	
FF	60,96	0,9	16,99		0,15	2,29	5,84	4,06	2,09	0,22	9,9	11,99	
FF	74,28	0,33	14,49		0,16	0,37	0,86	4,05	3,35	0,04	4,91	8,26	
UVQ	54,35	1,09	17,34	8,17	0,14	5,25	7,51	3,78	1,49	0,3	11,29	12,78	13,42
UVQ	54,25	1,11	17,58	8,27	0,12	5,34	7,55	3,88	1,5	0,3	11,43	12,93	13,61
UVQ	53,55	0,97	17,45	8,39	0,14	6,09	8,16	3,57	1,15	0,25	11,73	12,88	14,48
UVQ	55,33	0,83	15,15	8,38	0,12	6,82	7,08	3,43	1,37	0,19	10,51	11,88	15,2
UVQ	56,39	0,83	15,48	8,05	0,12	6,73	7,05	3,49	1,46	0,19	10,54	12	14,78
UVQ	57,5	0,99	17,23	7,08	0,11	2,99	6,41	4,08	1,75	0,23	10,49	12,24	10,07
UVQ	55,76	1,02	17,92	7,64	0,11	3,87	7,84	3,8	1,54	0,23	11,64	13,18	11,51
UVQ	55,34	1,1	17,18	8,15	0,12	5,01	7,43	3,94	1,44	0,3	11,37	12,81	13,16
UVQ	55,54	1,09	16,99	8,11	0,12	4,87	7,38	4,01	1,46	0,29	11,39	12,85	12,98
UVQ	56,61	1,05	17,52	7,83	0,12	4,49	7,02	4,08	1,49	0,27	11,1	12,59	12,32
UVQ	55,99	1,05	17,22	7,82	0,12	4,53	7,04	4,03	1,46	0,28	11,07	12,53	12,35
UVQ	55,42	1,04	17	7,79	0,12	4,78	7,17	3,99	1,46	0,26	11,16	12,62	12,57
UVQ	56,62	0,99	17,51	7,62	0,11	4,92	7,18	3,88	1,36	0,25	11,06	12,42	12,54
UVQ	55,88	0,99	17,22	7,67	0,12	4,85	7,11	4,01	1,39	0,24	11,12	12,51	12,52
UVQ	56,48	0,95	17,12	7,73	0,12	5,63	7,43	3,91	1,29	0,23	11,34	12,63	13,36
UVQ	56,8	0,94	16,77	7,25	0,11	3,83	7	3,7	1,94	0,23	10,7	12,64	11,08
UVQ	56,9	0,94	16,73	7,16	0,11	3,8	7,07	3,68	1,92	0,22	10,75	12,67	10,96
UVQ	57,86	0,95	17,4	7,41	0,12	4,11	7,42	3,81	1,82	0,22	11,23	13,05	11,52
UVQ	70,58	0,4	14,63	2,72	0,06	0,57	2,77	4,14	3,03	0,19	6,91	9,94	3,29
UVQ	69,96	0,38	15,33	2,87	0,07	0,49	2,98	4,41	2,74	0,22	7,39	10,13	3,36
UVQ	58,29	0,91	17,26	6,93	0,11	4,09	6,73	3,7	2,24	0,23	10,43	12,67	11,02
UVQ	65,38	0,67	16,1	4,54	0,07	2	3,9	3,91	3,57	0,18	7,81	11,38	6,54
UVQ	63,76	0,73	17,03	5,11	0,09	1,76	4,33	4,29	3,04	0,22	8,62	11,66	6,87
UVQ	57,41	0,92	17,33	7,26	0,11	4,54	6,99	3,7	2,03	0,22	10,69	12,72	11,8

Tabla 26. Base de datos v2 py. Hoja "Mayores y Suma". Continuación.

UVQ	58,72	0,88	17,46	6,8	0,11	3,68	6,45	3,85	2,3	0,23	10,3	12,6	10,48
UVQ	75,88	0,12	13,42	0,98	0,08	0,19	0,67	4,05	4,62	0,05	4,72	9,34	1,17
UVQ	58,26	1,03	18,08		0,1	2,54	6,64	4,21	2,12	0,29	10,85	12,97	2,54
UVQ	57,05	0,95	17,11		0,11	4,15	7,03	3,67	1,99	0,23	10,7	12,69	4,15
UVQ	56,43	0,96	17,33		0,1	4,3	7,82	3,66	1,9	0,18	11,48	13,38	4,3
UVQ	56,53	0,96	17,26		0,1	4,22	7,66	3,67	1,85	0,21	11,33	13,18	4,22
UVQ	66,44	0,48	15,92		0,09	1,1	3,27	4,49	3,14	0,18	7,76	10,9	1,1
UVQ	65,05	0,64	15,87		0,07	1,99	3,98	4,01	3,27	0,15	7,99	11,26	1,99
UVQ	66,66	0,51	14,76		0,06	1,47	3,12	3,8	3,87	0,18	6,92	10,79	1,47
UVQ	65,18	0,64	15,68		0,08	1,99	4,13	3,99	3,47	0,21	8,12	11,59	1,99
UVQ	66,78	0,6	15,41		0,07	1,67	3,55	3,91	3,66	0,16	7,46	11,12	1,67
UVQ	63,52	0,73	16,03		0,08	2,5	4,69	3,94	3,08	0,2	8,63	11,71	2,5
UVQ	57,89	0,91	17,21		0,11	3,98	6,77	3,85	2,2	0,25	10,62	12,82	3,98
UVQ	67,86	0,53	15,36		0,06	1,43	3,21	3,95	3,9	0,18	7,16	11,06	1,43
UVQ	64,06	0,66	15,82		0,08	2,06	4,59	3,79	3,52	0,19	8,38	11,9	2,06
UVQ	53,47	0,85	16,85		0,07	1,68	8,7	3,6	2,08	0,22	12,3	14,38	1,68
UVQ	57,76	0,96	18,36		0,08	1,99	6,52	4	2,3	0,24	10,52	12,82	1,99
UVQ	74,7	0,1	12,6			0,2	0,4	4,1	3,9		4,5	8,4	0,2
UVQ	53,99	1,32				4,51	8,36	3,7	1,31		12,06	13,37	4,51
UVQ	75,8	0,15				0,19	0,45	4,29	3,86		4,74	8,6	0,19
UVQ	57,05	1,01				4,34	7,1	3,55	2,11		10,65	12,76	4,34
UVQ	62,15	0,79				2,58	5,2	3,9	2,58		9,1	11,68	2,58
MA01f	53,17	0,99	14,09	8,57	0,12	2,67	8,08	3,35	1,82	0,28	11,43	13,25	11,24
MA03f	54,04	0,94	14,12	7,96	0,12	2,36	8,27	3,43	1,78	0,28	11,7	13,48	10,32
MA04f	50,81	1,57	15,95	12,8	0,2	2,13	5,73	3,9	1,58	0,29	9,63	11,21	14,93
MA05f	52,71	0,88	13,93	7,4	0,12	2,97	9,78	3,47	1,76	0,25	13,25	15,01	10,37
MA06f	54,98	0,88	13,57	7,71	0,09	2,24	8,1	3,34	1,76	0,32	11,44	13,2	9,95
MA07f	53,43	0,74	14,29	5,91	0,11	2,72	8,84	3,37	2,12	0,26	12,21	14,33	8,63
MA08f													
MA09f	55,8	1,31	13,67	11,95	0,14	3,1	8,15	3,48	1,68	0,37	11,63	13,31	15,05
MA10f													
MA11f	55,72	1,35	15,28	11,2	0,16	4,06	6,24	3,73	1,77	0,27	9,97	11,74	15,26
MA12f	60,45	0,78	14,1	7,14	0,09	2,04	8,84	3,66	1,97	0,36	12,5	14,47	9,18
MA13f	55,14	1,29	15,07	11,01	0,16	3,17	8,04	3,63	1,91	0,31	11,67	13,58	14,18
MA14f	55,54	0,83	14,45	6,5	0,12	2,58	7,81	3,45	2	0,24	11,26	13,26	9,08
MA15f	57,34	0,76	15,85	5,93	0,09	2,46	7,19	3,98	1,97	0,24	11,17	13,14	8,39
MA16f	53,58	1,18	16,49	9,65	0,17	2,16	5,64	4,04	1,69	0,29	9,68	11,37	11,81
MA17f	50,09	1,86	13,19	15,73	0,2	5,34	6,61	3,11	1,42	0,27	9,72	11,14	21,07
MA18f	55,11	0,89	13,09	8,24	0,08	1,97	7,96	3,39	1,67	0,33	11,35	13,02	10,21
MA19f	53,11	1,04	13,8	8,9	0,13	2,72	7,91	3,21	1,92	0,26	11,12	13,04	11,62
MA20f	54,66	1,45	14,36	13,14	0,16	3,09	7,09	3,46	1,78	0,31	10,55	12,33	16,23
MA21f	54,77	1,56	13,23	16,09	0,13	3,37	5,87	3,41	1,45	0,35	9,28	10,73	19,46
MA22f	51,81	1,94	15,99	16,14	0,19	2,24	5,77	3,75	1,53	0,3	9,52	11,05	18,38
MA23f	54,65	1,47	15,06	12,6	0,16	4,45	6,26	3,62	1,67	0,27	9,88	11,55	17,05
MA24f													
MA25f	54,78	1,35	14,21	12,36	0,2	2,95	8,3	3,36	1,86	0,32	11,66	13,52	15,31

Tabla 27. Base de datos v2 py. Hoja “REE”.

Unidad	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
FC	7,92	16,18	2,09	8,31	1,80	0,37	1,79	0,24	1,26	0,24	0,62	0,09	0,55	0,08
FRC	10,63	14,28	1,96	7,98	1,67	0,41	1,90	0,27	1,67	0,37	1,02	0,14	0,82	0,12
FRC	4,06	7,67	1,05	4,16	0,88	0,17	0,92	0,12	0,71	0,14	0,38	0,05	0,33	0,05
FRD	7,51	14,78	1,80	6,83	1,40	0,32	1,44	0,19	1,08	0,22	0,59	0,08	0,53	0,08
FRD	25,12	41,02	4,79	17,39	3,07	0,72	3,24	0,41	2,24	0,46	1,25	0,18	1,11	0,16
FRD	3,74	11,71	1,49	6,25	1,34	0,40	1,17	0,18	1,03	0,21	0,59	0,08	0,50	0,07
FRD	5,46	15,36	2,03	8,08	1,56	0,40	1,30	0,17	0,93	0,18	0,49	0,07	0,42	0,06
FRD	16,88	32,68	4,05	15,30	2,87	0,54	2,58	0,30	1,38	0,26	0,67	0,10	0,62	0,09
UVQ	26,60	62,00		25,10	4,90	1,19		0,50					1,90	0,31
UVQ	27,70	64,00		26,20	5,15	1,07		0,47					1,90	0,30
UVQ	27,80	65,00		27,60	4,96	1,10		0,49					1,90	0,29
UVQ	28,20	64,00		26,20	5,01	1,14		0,54					1,90	0,30
UVQ	27,00	61,00		26,60	5,14	1,16		0,57					1,20	0,18
UVQ	19,80	48,00		23,30	4,66	1,20		0,57					1,70	0,29
IMMS	18,90	36,20	4,30	16,00	2,99	0,87	2,77		1,91	0,39	1,11		1,07	0,15
IMMS	26,40	48,80	5,44	18,40	3,12	0,90	3,11		2,01	0,41	1,17		1,16	0,17
IMMS	17,00	37,60	4,87	19,30	3,82	1,07	3,45		2,40	0,49	1,37		1,28	0,19
IMMS	13,20	29,20	3,77	14,40	2,79	0,83	2,55		1,80	0,37	1,04		0,98	0,14
IMMS	18,70	42,00	5,54	21,10	4,07	1,08	3,66		2,54	0,52	1,44		1,36	0,20
IMMS	18,40	44,36	5,42	21,15	3,59	0,91	3,38		2,69	0,50	1,47		1,36	0,19
IMMS	22,96	52,17	6,76	27,79	5,51	1,25	4,85		4,27	0,82	2,39		1,92	0,29
IMMS	20,05	46,94	5,83	22,16	4,36	1,09	3,78		3,41	0,65	2,08		1,75	0,24
IMMS	15,76	37,00	4,67	18,63	3,68	1,05	3,62		2,76	0,61	1,93		1,58	0,23
FLV	0,07	0,11	0,01	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FLV	3,97	5,57	0,86	3,29	0,63	0,17	0,75	0,10	0,61	0,13	0,38	0,06	0,37	0,06
FLV	5,57	13,85	1,45	5,07	1,11	0,37	1,27	0,23	1,61	0,35	1,04	0,17	1,12	0,18
FLV	7,03	18,33	2,50	9,88	1,92	0,58	1,63	0,22	1,15	0,22	0,56	0,08	0,45	0,06
FLV	11,39	16,50	2,25	8,73	1,77	0,34	1,94	0,27	1,51	0,31	0,80	0,11	0,66	0,10
FLV	2,98	4,42	0,60	2,26	0,44	0,10	0,49	0,07	0,40	0,08	0,23	0,03	0,20	0,03
FLV	1,79	5,86	0,80	3,32	0,69	0,18	0,55	0,08	0,41	0,08	0,22	0,03	0,19	0,03
FLV	7,45	11,73	1,52	5,77	1,17	0,31	1,25	0,16	0,92	0,18	0,48	0,07	0,43	0,07
FLV	10,92	26,80	3,82	17,55	3,89	0,89	3,64	0,47	2,38	0,42	1,04	0,14	0,82	0,12
FLV	9,08	24,34	3,21	13,47	2,88	0,78	2,61	0,37	2,01	0,38	1,00	0,14	0,83	0,12
FA	9,56	24,11	2,67	13,53	3,17	1,10	3,43	0,60	3,69	0,80	2,35		2,35	0,34
FA	15,05	32,43	4,44	20,81	4,96	1,61	5,23	0,82	4,89	1,00	2,91		2,65	0,41
FA	21,85	50,03	6,67	28,39	6,14	1,66	5,68	0,82	4,67	0,90	2,54		2,35	0,36

Tabla 28. Base de datos v2 py. Hoja "REE". Continuación.

FA	12,20	27,30	3,63	15,70	3,82	1,33	3,98	0,64	3,42	0,78	2,42		1,89	0,29
FA	16,60	38,50	5,14	25,20	5,29	1,66	5,51	0,94	5,74	1,07	3,58		2,74	0,42
FA	24,00	54,70	6,61	27,40	6,22	1,50	5,81	0,93	5,83	1,15	3,19		3,23	0,49
FA	17,20	39,20	4,87	22,30	4,53	1,32	4,70	0,76	4,27	0,98	2,78		2,59	0,39
FA	25,60	29,70		31,00	7,10	1,91	6,23	1,07	6,74		4,02		4,70	0,70
FA	14,80	38,00		19,90	5,15	1,53	4,50	0,80	4,63		2,66		2,75	0,38
FA	15,90	45,50		23,90	5,89	1,91	5,56	0,85	5,68		3,59		3,69	0,57
FA	19,50	39,30		28,00	6,48	1,96	5,68	0,96	6,14		3,57		3,88	0,61
FA	13,03	33,50		17,22	4,59	1,27	4,42		4,44	0,62	2,56		2,38	0,37
FA	14,70	38,97		18,57	5,03	1,39	4,95		4,91	0,75	2,84		2,70	0,42
FA	14,74	39,41		19,79	5,19	1,02	5,01		5,15	0,78	3,16		3,14	0,49
FA	13,00	30,00		19,00	4,10	1,30	4,10		4,40	0,90	2,20		2,10	0,30
FA	6,00	15,00		10,00	2,20	1,00	3,00		3,30	0,70	1,80		1,80	0,30
FA	13,00	30,00		18,00	4,20	1,50	4,30		4,90	1,00	2,50		2,50	0,40
FA	23,00	55,00		32,00	6,70	1,60	6,90		8,00	1,80	4,90		4,80	0,70
FA	36,00	82,00		47,00	8,80	2,50	8,80		7,90	1,60	4,60		4,60	0,70
FA	16,00	35,00		20,00	4,00	1,40	4,30		3,90	0,80	2,00		2,00	0,30
FA	19,00	43,00		23,00	4,70	1,60	4,80		4,30	0,80	2,20		2,10	0,30
FA	21,00	47,00		25,00	4,80	1,50	4,70		4,30	1,00	2,60		2,50	0,40
FA	21,00	48,00		24,00	5,60	1,50	4,50		4,20	0,80	2,10		2,10	0,30
FA	20,00	43,00		25,00	4,80	1,60	4,90		4,40	1,00	2,70		2,70	0,40
FA	15,00	35,00		20,00	4,00	1,30	3,80		3,70	0,80	2,00		2,00	0,30
FA	13,10	30,90		18,70	5,10	1,60	4,20		4,40		2,70		2,60	0,40
FA	30,90	73,70		35,00	7,50	1,80	5,90		5,50		3,20		3,70	0,60
FA	14,50	32,30		18,20	5,00	1,50	4,00		3,60		2,00		2,10	0,40
FA	13,00	39,00		18,60	5,03	1,39	4,95		4,91		2,84		2,70	0,58
FA	12,20	34,60		19,80	5,27	1,67	4,73		5,23		2,83		2,96	0,48
FF	17,18	36,33	4,80	17,92	4,57	1,36	3,98	0,61	3,41	0,69	1,84		1,76	0,24
FF	17,01	39,55	5,65	19,57	4,79	1,20	3,98	0,62	3,32	0,66	1,77		1,62	0,24
FF	16,89	35,97	5,32	23,15	5,66	1,53	5,86	0,92	5,48	1,13	3,27		3,09	0,47
FF	9,86	24,43	3,24	14,27	3,83	1,24	3,97	0,66	3,92	0,84	2,33		2,27	0,33
FF	19,57	46,45	6,22	25,03	6,15	1,53	6,09	1,02	6,23	1,36	3,88		3,94	0,59
FF	19,58	43,80	5,41	23,70	4,75	1,37	4,18	0,64	3,59	0,75	2,05		2,01	0,30
FF	17,42	42,83	5,38	26,85	5,65	1,70	5,77	0,94	5,62	1,20	3,33		3,25	0,47
FF	15,40	32,30	3,97	16,60	3,60	0,83	3,68	0,60	3,87	0,74	2,19		2,54	0,40
FF	20,80	38,20	4,14	11,90	2,68	0,57	2,21	0,44	2,10	0,53	1,73		1,64	0,29
FF	20,10	43,90	5,78	25,00	5,43	1,42	5,14	0,89	5,36	0,95	3,24		2,75	0,44

Tabla 29. Base de datos v2 py. Hoja "REE".

FF	21,00	48,40	6,10	27,00	5,58	1,38	4,53	0,68	4,07	0,77	2,01		1,66	0,28
FF	19,10	42,70		19,20	4,34	0,95	3,90	0,52	3,78		2,31		2,73	0,42
FF	23,70	36,00		17,30	3,39	0,44	3,10	0,48	3,08		2,04		2,61	0,41
FF	20,80	33,30		16,00	3,30	0,48	2,81	0,62	3,10		1,96		2,59	0,42
FF	14,90	37,80		17,90	4,34	1,24	3,67	0,61	3,71		2,09		2,24	0,32
FF	11,60	33,20		15,30	4,15	1,19	3,56	0,67	3,81		2,17		2,47	0,36
FF	16,50	46,80		21,00	4,82	1,47	4,51	0,73	4,00		2,39		2,24	0,33
FF	14,50	28,20		19,20	4,94	1,49	4,13	0,86	4,34		2,64		2,76	0,44
FF	20,90	31,90		25,10	5,99	1,79	5,06	0,39	5,16		2,91		2,98	0,53
FF	12,50	35,00		16,00	3,44	1,08	2,76	0,40	2,33		1,21		1,17	0,21
FF	14,60	36,10		16,80	3,50	1,08	2,85	0,39	2,23		1,16		1,16	0,17
FF	16,40	42,60		18,40	3,35	1,04	2,63	0,50	2,26		1,20		1,11	0,18
FF	16,20	41,00		18,00	3,95	1,03	2,88	0,59	2,70		1,55		1,71	0,27
FF	17,20			23,10	5,64	1,57	5,05	0,77	4,55		2,84		3,08	0,48
FF	17,50			21,60	4,44	1,01	3,55	0,32	3,57		1,91		2,06	0,35
FF	19,50			13,50	2,52	0,55	2,09		2,01		1,16		1,54	0,23
FF	9,20	22,20		13,90	3,37	1,03		0,49					1,48	0,21
FF	11,90	28,10		16,60	4,22	1,13		0,72					2,70	0,38
FF	13,20	31,40		19,50	4,90	1,30		0,85					2,95	0,40
FF	13,40	30,70		18,50	4,23	1,10		0,64					2,37	0,33
FF	36,70	86,10		53,00	12,60	2,29		1,90					5,33	0,73
FF	20,70	46,90		27,60	6,24	1,60		0,92					2,97	0,43
FF	19,60	46,90		26,60	6,31	1,59		0,91					2,90	0,42
FF	14,20	30,70		15,80	3,56	0,86		0,46					1,66	0,24
FF	18,90	46,50		25,60	6,22	1,61		0,94					3,47	0,49
FF	15,90	35,10		19,40	4,48	1,12		0,71					2,65	0,36
FF	20,10	38,50		14,50	3,44	0,56		0,52					1,70	0,22
UVQ	26,30	55,19	6,91	26,41	5,23	1,20	4,56	0,67	3,63	0,69	2,02	0,30	1,81	0,28
UVQ	36,77	73,38	8,67	30,72	5,56	1,03	4,67	0,69	3,62	0,68	2,01	0,30	1,96	0,31
UVQ	32,70	65,93	7,91	28,36	5,18	1,09	4,49	0,66	3,68	0,68	2,01	0,31	1,93	0,31
UVQ	24,19	50,71	6,33	24,25	4,77	1,18	4,36	0,62	3,53	0,66	1,86	0,28	1,75	0,28
UVQ	27,45	57,35	6,87	26,04	4,89	1,17	4,36	0,64	3,54	0,66	1,96	0,30	1,74	0,29
UVQ	12,53	26,32	3,05	10,17	2,41	0,34	2,18	0,39	2,31	0,45	1,36	0,22	1,44	0,21
UVQ	34,41	59,00	6,83	24,12	4,33	1,16	3,67	0,50	2,45	0,46	1,48	0,20	1,44	0,24
UVQ	32,60	57,10	6,58	23,54	4,18	1,11	3,56	0,46	2,43	0,46	1,48	0,18	1,42	0,23
UVQ	26,90	54,10	6,01	26,70	5,33	1,20	4,66	0,65	3,54	0,67	2,04	0,30	1,80	0,26
UVQ	24,36	50,07	5,91	23,00	4,52	1,26	4,30	0,61	3,40	0,67	1,97	0,27	1,80	0,27

Tabla 30. Base de datos v2 py. Hoja "REE". Continuación.

UVQ	21,90	46,60	5,77	22,50	4,70	1,18	3,90	0,60	3,30	0,70	1,80	0,28	1,80	0,26
UVQ	21,50	45,70	5,63	22,40	4,60	1,17	4,00	0,60	3,30	0,70	1,80	0,27	1,70	0,26
UVQ	34,90	67,70	6,57	26,40	4,65	0,94	4,14	0,54	3,00	0,58	1,95	0,32	1,88	0,30
UVQ	36,30	74,80	7,92	30,10	5,42	0,96	5,21	0,64	3,39	0,67	2,17	0,33	1,97	0,29
UVQ	39,10	80,50	8,06	30,40	5,41	0,92	5,06	0,60	3,37	0,69	2,17	0,33	1,99	0,32
UVQ	37,80	75,50	7,83	30,90	5,70	0,99	5,11	0,66	3,52	0,68	2,17	0,34	1,93	0,30
UVQ	42,50	84,70	8,57	31,00	5,60	1,15	4,80	0,70	3,70	0,70	2,10	0,32	2,10	0,28
UVQ	38,50	78,30	8,05	30,00	5,50	1,25	4,80	0,70	3,70	0,70	2,10	0,31	2,00	0,28
UVQ	27,90	56,80	27,30	27,00	5,32	1,08	4,71	0,66	3,48	0,67	2,08	0,31	1,84	0,27
UVQ	39,00	80,90	8,12	30,00	5,51	0,88	5,01	0,61	3,25	0,67	2,13	0,33	1,99	0,31
UVQ	36,40	71,42	7,77	28,00	5,11	1,11	4,31	0,64	3,51	0,67	1,95	0,28	1,91	0,29
UVQ	28,00	58,60	6,21	24,00	4,60	1,29	4,20	0,60	3,10	0,60	1,60	0,24	1,50	0,21
UVQ	24,90	52,00	6,30	24,00	4,80	1,17	3,90	0,60	3,10	0,60	1,60	0,23	1,50	0,22
UVQ	17,24	36,30	4,57	17,90	3,85	1,06	3,20	0,46	2,55	0,48	1,27	0,18	1,16	0,19
UVQ	17,77	36,99	4,60	19,11	3,74	1,06	3,28	0,47	2,56	0,49	1,28	0,19	1,16	0,18
UVQ	23,09	48,63	5,92	23,62	4,74	1,27	4,23	0,61	3,39	0,63	1,77	0,27	1,72	0,26
UVQ	18,65	39,63	5,01	20,45	4,34	1,23	3,86	0,58	3,37	0,63	1,71	0,26	1,62	0,25
UVQ	21,05	46,41	5,88	23,87	4,83	1,35	4,11	0,59	3,27	0,59	1,57	0,23	1,41	0,20
UVQ	21,47	46,54	5,77	23,94	4,81	1,36	4,16	0,58	3,19	0,59	1,56	0,23	1,44	0,20
UVQ	20,39	45,06	5,57	22,71	4,53	1,30	3,84	0,54	2,97	0,55	1,44	0,21	1,27	0,19
UVQ	20,43	44,53	5,60	23,03	4,51	1,28	3,84	0,56	2,96	0,56	1,42	0,21	1,30	0,20
UVQ	20,93	44,91	5,74	22,93	4,44	1,27	3,84	0,55	2,95	0,58	1,46	0,23	1,33	0,22
UVQ	19,71	41,82	5,33	22,34	4,40	1,29	3,70	0,54	2,98	0,58	1,50	0,22	1,40	0,22
UVQ	19,25	40,58	5,12	21,34	4,19	1,20	3,63	0,52	2,90	0,56	1,48	0,22	1,37	0,21
UVQ	17,43	38,30	4,87	20,15	4,13	1,17	3,54	0,51	2,98	0,58	1,55	0,23	1,49	0,22
UVQ	25,73	52,31	6,55	25,28	4,85	1,24	4,35	0,67	3,73	0,71	2,01	0,31	1,87	0,30
UVQ	26,32	53,34	6,67	25,41	4,59	1,23	4,46	0,66	3,80	0,72	1,97	0,31	1,94	0,30
UVQ	23,83	48,73	5,84	24,38	4,76	1,23	4,30	0,60	3,57	0,70	1,90	0,29	1,77	0,27
UVQ	22,00	46,50		24,00	4,83	1,46		0,56					1,37	0,21
UVQ	22,20	54,70		24,10	4,85	1,48		0,64					1,40	0,21
UVQ	15,60	37,90		18,70	3,99	1,25		0,71					1,44	0,23
UVQ	20,80	38,70		18,20	5,48	1,56							0,95	0,22
UVQ	20,30	48,40		17,20	3,70	0,57							1,51	0,27
UVQ	26,00	60,90		25,20	4,98	1,58							1,53	0,28
UVQ	27,10	59,30		22,40	4,02	1,40							1,02	0,22

Tabla 31. Base de datos v2 py. Hoja “REE_Norm”.

Unidad	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
FC	0,26	0,26	0,29	0,31	0,38	0,37	0,45	0,34	0,32	0,29	0,27	0,29	0,27	0,26
FRC	0,34	0,23	0,28	0,30	0,36	0,41	0,48	0,39	0,43	0,44	0,44	0,46	0,41	0,40
FRC	0,13	0,12	0,15	0,15	0,19	0,17	0,23	0,18	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,16
FRC_Prom	0,24	0,17	0,21	0,22	0,27	0,29	0,35	0,28	0,30	0,31	0,30	0,31	0,29	0,28
FRD	0,24	0,23	0,25	0,25	0,30	0,32	0,36	0,28	0,28	0,26	0,25	0,28	0,27	0,27
FRD	0,81	0,65	0,68	0,64	0,65	0,72	0,81	0,59	0,57	0,55	0,54	0,59	0,55	0,53
FRD	0,12	0,19	0,21	0,23	0,28	0,40	0,29	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27	0,25	0,23
FRD	0,18	0,24	0,29	0,30	0,33	0,40	0,33	0,25	0,24	0,22	0,21	0,22	0,21	0,20
FRD	0,54	0,52	0,57	0,57	0,61	0,54	0,65	0,42	0,35	0,31	0,29	0,32	0,31	0,29
FRD_Prom	0,38	0,37	0,40	0,40	0,44	0,48	0,49	0,36	0,34	0,32	0,31	0,34	0,32	0,30
IMMS	0,61	0,57	0,61	0,59	0,64	0,87	0,69		0,49	0,47	0,48		0,54	0,48
IMMS	0,85	0,77	0,77	0,68	0,66	0,90	0,78		0,52	0,49	0,51		0,58	0,55
IMMS	0,55	0,60	0,69	0,71	0,81	1,07	0,86		0,62	0,59	0,60		0,64	0,61
IMMS	0,43	0,46	0,53	0,53	0,59	0,83	0,64		0,46	0,45	0,45		0,49	0,45
IMMS	0,60	0,67	0,78	0,78	0,87	1,08	0,92		0,65	0,63	0,63		0,68	0,65
IMMS	0,59	0,70	0,76	0,78	0,76	0,91	0,85		0,69	0,60	0,64		0,68	0,61
IMMS	0,74	0,83	0,95	1,03	1,17	1,25	1,21		1,09	0,99	1,04		0,96	0,94
IMMS	0,65	0,75	0,82	0,82	0,93	1,09	0,95		0,87	0,78	0,90		0,88	0,77
IMMS	0,51	0,59	0,66	0,69	0,78	1,05	0,91		0,71	0,73	0,84		0,79	0,74
IMMS_Prom	0,61	0,66	0,73	0,70	0,76	1,01	0,82		0,63	0,64	0,63		0,69	0,65
FLV	0,13	0,09	0,12	0,12	0,13	0,17	0,19	0,14	0,16	0,16	0,16	0,19	0,18	0,19
FLV	0,18	0,22	0,20	0,19	0,24	0,37	0,32	0,34	0,41	0,42	0,45	0,56	0,56	0,57
FLV	0,23	0,29	0,35	0,37	0,41	0,58	0,41	0,31	0,29	0,26	0,24	0,26	0,22	0,21
FLV	0,62	0,64	0,79	0,82	0,93	0,80	0,98	0,74	0,71	0,67	0,70	0,82	0,83	0,79
FLV	0,37	0,26	0,32	0,32	0,38	0,34	0,49	0,38	0,39	0,37	0,35	0,36	0,33	0,32
FLV	0,10	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,12	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10
FLV	0,06	0,09	0,11	0,12	0,15	0,18	0,14	0,11	0,11	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09
FLV	0,24	0,19	0,21	0,21	0,25	0,31	0,31	0,23	0,23	0,22	0,21	0,23	0,22	0,22
FLV	0,35	0,43	0,54	0,65	0,83	0,89	0,91	0,68	0,61	0,51	0,45	0,46	0,41	0,37
FLV	0,29	0,39	0,45	0,50	0,61	0,78	0,65	0,52	0,52	0,46	0,43	0,46	0,41	0,37
FLV_Prom	0,23	0,24	0,29	0,31	0,37	0,41	0,41	0,32	0,32	0,30	0,29	0,32	0,31	0,29
FA	0,31	0,38	0,38	0,50	0,67	1,10	0,86	0,86	0,95	0,96	1,02		1,18	1,10
FA	0,49	0,51	0,63	0,77	1,06	1,61	1,31	1,17	1,25	1,20	1,27		1,33	1,32
FA	0,70	0,79	0,94	1,05	1,31	1,66	1,42	1,17	1,20	1,08	1,10		1,18	1,16
FA	0,39	0,43	0,51	0,58	0,81	1,33	1,00	0,91	0,88	0,94	1,05		0,95	0,94
FA	0,54	0,61	0,72	0,93	1,13	1,66	1,38	1,34	1,47	1,29	1,56		1,37	1,35
FA	0,77	0,87	0,93	1,01	1,32	1,50	1,45	1,33	1,49	1,39	1,39		1,62	1,58
FA	0,55	0,62	0,69	0,83	0,96	1,32	1,18	1,09	1,09	1,18	1,21		1,30	1,26
FA	0,83	0,47		1,15	1,51	1,91	1,56	1,53	1,73		1,75		2,35	2,26
FA	0,48	0,60		0,74	1,10	1,53	1,13	1,14	1,19		1,16		1,38	1,23
FA	0,51	0,72		0,89	1,25	1,91	1,39	1,21	1,46		1,56		1,85	1,84
FA	0,63	0,62		1,04	1,38	1,96	1,42	1,37	1,57		1,55		1,94	1,97
FA	0,42	0,53		0,64	0,98	1,27	1,11		1,14	0,75	1,11		1,19	1,19
FA	0,47	0,62		0,69	1,07	1,39	1,24		1,26	0,90	1,23		1,35	1,35
FA	0,48	0,63		0,73	1,10	1,02	1,25		1,32	0,94	1,37		1,57	1,58
FA	0,42	0,48		0,70	0,87	1,30	1,03		1,13	1,08	0,96		1,05	0,97
FA	0,19	0,24		0,37	0,47	1,00	0,75		0,85	0,84	0,78		0,90	0,97
FA	0,42	0,48		0,67	0,89	1,50	1,08		1,26	1,20	1,09		1,25	1,29
FA	0,74	0,87		1,19	1,43	1,60	1,73		2,05	2,17	2,13		2,40	2,26
FA	1,16	1,30		1,74	1,87	2,50	2,20		2,03	1,93	2,00		2,30	2,26

Tabla 32. Base de datos v2_py. Hoja "REE_Norm". Continuación.

FA	0,52	0,56		0,74	0,85	1,40	1,08		1,00	0,96	0,87		1,00	0,97
FA	0,61	0,68		0,85	1,00	1,60	1,20		1,10	0,96	0,96		1,05	0,97
FA	0,68	0,75		0,93	1,02	1,50	1,18		1,10	1,20	1,13		1,25	1,29
FA	0,68	0,76		0,89	1,19	1,50	1,13		1,08	0,96	0,91		1,05	0,97
FA	0,65	0,68		0,93	1,02	1,60	1,23		1,13	1,20	1,17		1,35	1,29
FA	0,48	0,56		0,74	0,85	1,30	0,95		0,95	0,96	0,87		1,00	0,97
FA	0,42	0,49		0,69	1,09	1,60	1,05		1,13		1,17		1,30	1,29
FA	1,00	1,17		1,30	1,60	1,80	1,48		1,41		1,39		1,85	1,94
FA	0,47	0,51		0,67	1,06	1,50	1,00		0,92		0,87		1,05	1,29
FA	0,42	0,62		0,69	1,07	1,39	1,24		1,26		1,23		1,35	1,87
FA	0,39	0,55		0,73	1,12	1,67	1,18		1,34		1,23		1,48	1,55
FA_Prom	0,54	0,59	0,68	0,73	0,84	1,53	1,20	0,89	0,92	0,92	1,03		1,41	0,96
FF	0,55	0,58	0,68	0,66	0,97	1,36	1,00	0,87	0,87	0,83	0,80		0,88	0,77
FF	0,55	0,63	0,80	0,72	1,02	1,20	1,00	0,89	0,85	0,80	0,77		0,81	0,77
FF	0,54	0,57	0,75	0,86	1,20	1,53	1,47	1,31	1,41	1,36	1,42		1,55	1,52
FF	0,32	0,39	0,46	0,53	0,81	1,24	0,99	0,94	1,01	1,01			1,14	1,06
FF	0,63	0,74	0,88	0,93	1,31	1,53	1,52	1,46	1,60	1,64	1,69		1,97	1,90
FF	0,63	0,70	0,76	0,88	1,01	1,37	1,05	0,91	0,92	0,90	0,89		1,01	0,97
FF	0,56	0,68	0,76	0,99	1,20	1,70	1,44	1,34	1,44	1,45	1,45		1,63	1,52
FF	0,50	0,51	0,56	0,61	0,77	0,83	0,92	0,86	0,99	0,89	0,95		1,27	1,29
FF	0,67	0,61	0,58	0,44	0,57	0,57	0,55	0,63	0,54	0,64	0,75		0,82	0,94
FF	0,65	0,70	0,81	0,93	1,16	1,42	1,29	1,27	1,37	1,14	1,41		1,38	1,42
FF	0,68	0,77	0,86	1,00	1,19	1,38	1,13	0,97	1,04	0,93	0,87		0,83	0,90
FF	0,62	0,68		0,71	0,92	0,95	0,98	0,74	0,97		1,00		1,37	1,35
FF	0,76	0,57		0,64	0,72	0,44	0,78	0,69	0,79		0,89		1,31	1,32
FF	0,67	0,53		0,59	0,70	0,48	0,70	0,89	0,79		0,85		1,30	1,35
FF	0,48	0,60		0,66	0,92	1,24	0,92	0,87	0,95		0,91		1,12	1,03
FF	0,37	0,53		0,57	0,88	1,19	0,89	0,96	0,98		0,94		1,24	1,16
FF	0,53	0,74		0,78	1,03	1,47	1,13	1,04	1,03		1,04		1,12	1,06
FF	0,47	0,45		0,71	1,05	1,49	1,03	1,23	1,11		1,15		1,38	1,42
FF	0,67	0,51		0,93	1,27	1,79	1,27	0,56	1,32		1,27		1,49	1,71
FF	0,40	0,56		0,59	0,73	1,08	0,69	0,57	0,60		0,53		0,59	0,68
FF	0,47	0,57		0,62	0,74	1,08	0,71	0,56	0,57		0,50		0,58	0,55
FF	0,53	0,68		0,68	0,71	1,04	0,66	0,71	0,58		0,52		0,56	0,58
FF	0,52	0,65		0,67	0,84	1,03	0,72	0,84	0,69		0,67		0,86	0,87
FF	0,55			0,86	1,20	1,57	1,26	1,10	1,17		1,23		1,54	1,55
FF	0,56			0,80	0,94	1,01	0,89	0,46	0,92		0,83		1,03	1,13
FF	0,63			0,50	0,54	0,55	0,52		0,52		0,50		0,77	0,74
FF	0,30	0,35		0,51	0,72	1,03		0,70					0,74	0,68
FF	0,38	0,45		0,61	0,90	1,13		1,02					1,35	1,21
FF	0,43	0,50		0,72	1,04	1,30		1,22					1,48	1,28
FF	0,43	0,49		0,69	0,90	1,10		0,91					1,19	1,08
FF	1,18	1,37		1,96	2,68	2,29		2,71					2,67	2,35
FF	0,67	0,74		1,02	1,33	1,60		1,32					1,49	1,37
FF	0,63	0,74		0,99	1,34	1,59		1,30					1,45	1,35
FF	0,46	0,49		0,59	0,76	0,86		0,66					0,83	0,76
FF	0,61	0,74		0,95	1,32	1,61		1,34					1,74	1,57
FF	0,51	0,56		0,72	0,95	1,12		1,01					1,33	1,15
FF	0,65	0,61		0,54	0,73	0,56		0,75					0,85	0,71
FF_Prom	0,54	0,59	0,72	0,72	0,82	1,21	0,81	0,78	0,78	0,83	0,76		1,04	0,76

Tabla 33. Base de datos v2 py. Hoja “REE Norm”. Continuación.

UVQ	0,85	0,88	0,97	0,98	1,11	1,20	1,14	0,95	0,93	0,83	0,88	0,99	0,91	0,92
UVQ	1,19	1,16	1,22	1,14	1,18	1,03	1,17	0,99	0,93	0,82	0,87	1,00	0,98	0,99
UVQ	1,05	1,05	1,11	1,05	1,10	1,09	1,12	0,94	0,94	0,82	0,87	1,04	0,97	0,99
UVQ	0,78	0,80	0,89	0,90	1,01	1,18	1,09	0,89	0,91	0,79	0,81	0,92	0,88	0,91
UVQ	0,89	0,91	0,97	0,96	1,04	1,17	1,09	0,91	0,91	0,80	0,85	1,00	0,87	0,92
UVQ	0,40	0,42	0,43	0,38	0,51	0,34	0,55	0,56	0,59	0,54	0,59	0,73	0,72	0,68
UVQ	1,11	0,94	0,96	0,89	0,92	1,16	0,92	0,71	0,63	0,55	0,64	0,67	0,72	0,77
UVQ	1,05	0,91	0,93	0,87	0,89	1,11	0,89	0,66	0,62	0,55	0,64	0,60	0,71	0,74
UVQ	0,87	0,86	0,85	0,99	1,13	1,20	1,17	0,93	0,91	0,81	0,89	1,00	0,90	0,84
UVQ	0,79	0,79	0,83	0,85	0,96	1,26	1,08	0,87	0,87	0,81	0,86	0,90	0,90	0,87
UVQ	0,71	0,74	0,81	0,83	1,00	1,18	0,98	0,86	0,85	0,84	0,78	0,93	0,90	0,84
UVQ	0,69	0,73	0,79	0,83	0,98	1,17	1,00	0,86	0,85	0,84	0,78	0,90	0,85	0,84
UVQ	1,13	1,07	0,93	0,98	0,99	0,94	1,04	0,77	0,77	0,70	0,85	1,07	0,94	0,97
UVQ	1,17	1,19	1,12	1,11	1,15	0,96	1,30	0,91	0,87	0,81	0,94	1,10	0,99	0,94
UVQ	1,26	1,28	1,14	1,13	1,15	0,92	1,27	0,86	0,86	0,83	0,94	1,10	1,00	1,03
UVQ	1,22	1,20	1,10	1,14	1,21	0,99	1,28	0,94	0,90	0,82	0,94	1,13	0,97	0,97
UVQ	1,37	1,34	1,21	1,15	1,19	1,15	1,20	1,00	0,95	0,84	0,91	1,07	1,05	0,90
UVQ	1,24	1,24	1,13	1,11	1,17	1,25	1,20	1,00	0,95	0,84	0,91	1,03	1,00	0,90
UVQ	1,26	1,28	1,14	1,11	1,17	0,88	1,25	0,87	0,83	0,81	0,93	1,10	1,00	1,00
UVQ	1,17	1,13	1,09	1,04	1,09	1,11	1,08	0,91	0,90	0,81	0,85	0,93	0,96	0,94
UVQ	0,90	0,93	0,87	0,89	0,98	1,29	1,05	0,86	0,79	0,72	0,70	0,80	0,75	0,68
UVQ	0,80	0,83	0,89	0,89	1,02	1,17	0,98	0,86	0,79	0,72	0,70	0,77	0,75	0,71
UVQ	0,86	0,98		0,93	1,04	1,19		0,71					0,95	1,00
UVQ	0,89	1,02		0,97	1,10	1,07		0,67					0,95	0,97
UVQ	0,90	1,03		1,02	1,06	1,10		0,70					0,95	0,94
UVQ	0,91	1,02		0,97	1,07	1,14		0,77					0,95	0,97
UVQ	0,87	0,97		0,99	1,09	1,16		0,81					0,60	0,58
UVQ	0,64	0,76		0,86	0,99	1,20		0,81					0,85	0,94
UVQ	0,56	0,58	0,64	0,66	0,82	1,06	0,80	0,66	0,65	0,58	0,55	0,60	0,58	0,61
UVQ	0,57	0,59	0,65	0,71	0,80	1,06	0,82	0,67	0,66	0,59	0,56	0,63	0,58	0,58
UVQ	0,74	0,77	0,83	0,87	1,01	1,27	1,06	0,87	0,87	0,76	0,77	0,90	0,86	0,84
UVQ	0,60	0,63	0,71	0,76	0,92	1,23	0,97	0,83	0,86	0,76	0,74	0,87	0,81	0,81
UVQ	0,68	0,74	0,83	0,88	1,03	1,35	1,03	0,84	0,84	0,71	0,68	0,77	0,71	0,65
UVQ	0,69	0,74	0,81	0,89	1,02	1,36	1,04	0,83	0,82	0,71	0,68	0,77	0,72	0,65
UVQ	0,66	0,72	0,78	0,84	0,96	1,30	0,96	0,77	0,76	0,66	0,63	0,70	0,64	0,61
UVQ	0,66	0,71	0,79	0,85	0,96	1,28	0,96	0,80	0,76	0,67	0,62	0,70	0,65	0,65
UVQ	0,68	0,71	0,81	0,85	0,94	1,27	0,96	0,79	0,76	0,70	0,63	0,77	0,67	0,71
UVQ	0,64	0,66	0,75	0,83	0,94	1,29	0,93	0,77	0,76	0,70	0,65	0,73	0,70	0,71
UVQ	0,62	0,64	0,72	0,79	0,89	1,20	0,91	0,74	0,74	0,67	0,64	0,73	0,69	0,68
UVQ	0,56	0,61	0,69	0,75	0,88	1,17	0,89	0,73	0,76	0,70	0,67	0,77	0,75	0,71
UVQ	0,83	0,83	0,92	0,94	1,03	1,24	1,09	0,96	0,96	0,86	0,87	1,03	0,94	0,97
UVQ	0,85	0,85	0,94	0,94	0,98	1,23	1,12	0,94	0,97	0,87	0,86	1,03	0,97	0,97
UVQ	0,77	0,77	0,82	0,90	1,01	1,23	1,08	0,86	0,92	0,84	0,83	0,97	0,89	0,87
UVQ	0,71	0,74		0,89	1,03	1,46		0,80					0,69	0,68
UVQ	0,72	0,87		0,89	1,03	1,48		0,91					0,70	0,68
UVQ	0,50	0,60		0,69	0,85	1,25		1,01					0,72	0,74
UVQ	0,67	0,61		0,67	1,17	1,56							0,48	0,71
UVQ	0,65	0,77		0,64	0,79	0,57							0,76	0,87
UVQ	0,84	0,97		0,93	1,06	1,58							0,77	0,90
UVQ	0,87	0,94		0,83	0,86	1,40							0,51	0,71
UVQ_Prom	0,74	0,77	0,81	0,85	0,90	1,17	0,97	0,83	0,83	0,75	0,77	0,85	0,81	0,82

Tabla 34. Base de datos v2 py. Hoja “REE Norm Prom”.

Unidad	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
FC	0,26	0,26	0,29	0,31	0,38	0,37	0,45	0,34	0,32	0,29	0,27	0,29	0,27	0,26
FRC	0,24	0,17	0,21	0,22	0,27	0,29	0,35	0,28	0,30	0,31	0,30	0,31	0,29	0,28
FRD	0,38	0,37	0,40	0,40	0,44	0,48	0,49	0,36	0,34	0,32	0,31	0,34	0,32	0,30
UVQ	0,74	0,77	0,81	0,85	0,90	1,17	0,97	0,83	0,83	0,75	0,77	0,85	0,81	0,82
IMMS	0,61	0,66	0,73	0,70	0,76	1,01	0,82		0,63	0,64	0,63		0,69	0,65
FLV	0,23	0,24	0,29	0,31	0,37	0,41	0,41	0,32	0,32	0,30	0,29	0,32	0,31	0,29
FA	0,54	0,59	0,68	0,73	0,84	1,53	1,20	0,89	0,92	0,92	1,03		1,41	0,96
FF	0,54	0,59	0,72	0,72	0,82	1,21	0,81	0,78	0,78	0,83	0,76		1,04	0,76
MA01f	0,77	0,78	0,87	0,91	1,05	1,22	1,14	0,96	1,01	0,94	0,94	1,07	0,97	1,00
MA03f	0,74	0,72	0,81	0,83	0,91	1,07	0,99	0,84	0,92	0,88	0,91	1,00	1,03	1,00
MA04f	0,73	0,71	0,79	0,89	1,01	1,43	1,18	0,99	1,08	0,98	1,04	1,13	1,12	1,13
MA05f	0,77	0,73	0,79	0,83	0,93	1,05	0,98	0,86	0,91	0,83	0,89	1,00	0,99	0,97
MA06f	0,81	0,82	0,90	0,92	1,09	1,22	1,18	0,97	1,00	0,92	1,04	1,13	1,05	1,03
MA07f	0,72	0,70	0,76	0,80	0,85	1,08	0,93	0,77	0,76	0,75	0,73	0,87	0,83	0,77
MA08f	0,65	0,71	0,80	0,84	0,98	1,20	1,12	0,87	0,86	0,80	0,79	0,88	0,84	0,79
MA09f	0,67	0,70	0,77	0,78	0,91	1,07	1,05	0,82	0,82	0,77	0,78	0,88	0,84	0,80
MA10f	0,65	0,65	0,72	0,77	0,94	1,35	1,11	0,90	0,93	0,89	0,90	1,03	0,99	0,97
MA11f	0,63	0,66	0,72	0,74	0,88	1,04	1,03	0,85	0,86	0,82	0,83	0,96	0,94	0,89
MA12f	0,57	0,59	0,64	0,65	0,75	0,97	0,88	0,68	0,69	0,65	0,67	0,75	0,73	0,69
MA13f	0,63	0,68	0,77	0,81	0,94	1,22	1,08	0,86	0,85	0,79	0,79	0,88	0,84	0,80
MA14f	0,76	0,74	0,81	0,86	0,93	1,08	1,00	0,83	0,84	0,77	0,85	0,90	0,88	0,87
MA15f	0,77	0,76	0,81	0,84	0,92	1,08	0,97	0,83	0,89	0,84	0,87	0,97	0,96	0,97
MA16f	0,67	0,66	0,75	0,81	0,95	1,37	1,11	0,96	1,02	1,00	1,05	1,20	1,12	1,13
MA17f	0,77	0,79	0,85	0,90	1,06	1,06	1,11	0,99	0,99	0,98	1,00	1,13	1,11	1,13
MA18f	0,83	0,79	0,86	0,90	0,96	1,10	1,05	0,84	0,86	0,83	0,87	1,03	0,94	1,03
MA19f	0,76	0,77	0,84	0,90	0,99	1,14	1,03	0,86	0,85	0,78	0,82	0,97	0,88	0,94
MA20f	0,65	0,72	0,81	0,84	0,99	1,21	1,13	0,89	0,88	0,82	0,82	0,92	0,88	0,83
MA21f	0,71	0,80	0,92	0,94	1,09	1,28	1,27	1,00	0,98	0,92	0,92	1,03	1,00	0,93
MA22f	0,69	0,70	0,79	0,82	0,98	1,43	1,17	0,95	0,97	0,92	0,93	1,04	1,01	0,97
MA23f	0,65	0,71	0,79	0,81	0,96	1,10	1,12	0,89	0,88	0,83	0,83	0,94	0,93	0,89
MA24f	0,66	0,73	0,82	0,85	0,99	1,21	1,15	0,90	0,89	0,84	0,85	0,95	0,89	0,82
MA25f	0,61	0,65	0,73	0,76	0,88	1,17	1,02	0,80	0,79	0,75	0,75	0,83	0,80	0,75

Anexo C

Tabla 35. Resultados de concentración de elementos en las muestras analizadas en este estudio. Se incluyen los promedios de concentración de todos los meses, de todos los puntos de muestreo, marcados en gris. Todos se ordenan hacia abajo de noviembre a febrero.

Muestra	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca
MA01	53,17	0,99	14,09	8,57	0,12	2,67	8,08
MA08	—	—	—	—	—	—	—
MA14	55,54	0,83	14,45	6,5	0,12	2,58	7,81
MA20	54,66	1,45	14,36	13,14	0,16	3,09	7,09
MBJC	54,46	1,09	14,30	9,40	0,13	2,78	7,66
MA03f	54,04	0,94	14,12	7,96	0,12	2,36	8,27
MA09f	55,8	1,31	13,67	11,95	0,14	3,1	8,15
MA15f	57,34	0,76	15,85	5,93	0,09	2,46	7,19
MA21f	54,77	1,56	13,23	16,09	0,13	3,37	5,87
MAJC	55,49	1,14	14,22	10,48	0,12	2,82	7,37
MA04f	50,81	1,57	15,95	12,8	0,2	2,13	5,73
MA10f	—	—	—	—	—	—	—
MA16f	53,58	1,18	16,49	9,65	0,17	2,16	5,64
MA22f	51,81	1,94	15,99	16,14	0,19	2,24	5,77
Río Yeso	52,07	1,56	16,14	12,86	0,19	2,18	5,71
MA05f	52,71	0,88	13,93	7,4	0,12	2,97	9,78
MA11f	55,72	1,35	15,28	11,2	0,16	4,06	6,24
MA17f	50,09	1,86	13,19	15,73	0,2	5,34	6,61
MA23f	54,65	1,47	15,06	12,6	0,16	4,45	6,26
Río Volcán	53,29	1,39	14,37	11,73	0,16	4,21	7,22
MA06f	54,98	0,88	13,57	7,71	0,09	2,24	8,1
MA12f	60,45	0,78	14,1	7,14	0,09	2,04	8,84
MA18f	55,11	0,89	13,09	8,24	0,08	1,97	7,96
MA24f	—	—	—	—	—	—	—
RMLM	56,85	0,85	13,59	7,70	0,09	2,08	8,30
MA07f	53,43	0,74	14,29	5,91	0,11	2,72	8,84
MA13f	55,14	1,29	15,07	11,01	0,16	3,17	8,04
MA19f	53,11	1,04	13,8	8,9	0,13	2,72	7,91
MA25f	54,78	1,35	14,21	12,36	0,2	2,95	8,3
Río Colorado	54,12	1,11	14,34	9,55	0,15	2,89	8,27

Tabla 36. Continuación de resultados de concentración de elementos en las muestras analizadas en el estudio.

Na	K	P	Cr	Sc	V	Co	Ni
3,35	1,82	0,28	—	15	180	21,2	23
—	—	—	127,93	14,89	324,22	29,92	34,08
3,45	2	0,24	—	13	135	15,4	18
3,46	1,78	0,31	63,22	15,07	214,96	20,28	24,06
3,42	1,87	0,28	95,57	14,49	213,54	21,70	24,78
3,43	1,78	0,28	—	14	180	20,3	—
3,48	1,68	0,37	52,66	12,56	129,83	16,09	19,19
3,98	1,97	0,24	—	13	123	15,7	24
3,41	1,45	0,35	71,41	16,11	241,85	27,75	27,74
3,58	1,72	0,31	62,04	13,92	168,67	19,96	23,64
3,9	1,58	0,29	—	19	286	22,6	—
—	—	—	26,73	16,22	190,09	17,42	14,50
4,04	1,69	0,29	—	18	194	19,5	—
3,75	1,53	0,3	38,95	17,57	263,26	17,70	14,95
3,90	1,60	0,29	32,84	17,70	233,34	19,30	14,73
3,47	1,76	0,25	—	15	167	18,8	—
3,73	1,77	0,27	52,55	14,94	151,98	20,35	22,29
3,11	1,42	0,27	—	23	389	42,6	36
3,62	1,67	0,27	96,40	17,59	307,67	32,79	34,62
3,48	1,66	0,27	74,47	17,63	253,91	28,64	30,97
3,34	1,76	0,32	—	15	167	19,7	—
3,66	1,97	0,36	30,52	9,31	91,56	12,29	16,56
3,39	1,67	0,33	—	13	164	20,4	—
—	—	—	48,60	12,88	151,07	12,05	19,55
3,46	1,80	0,34	39,56	12,55	143,41	16,11	18,05
3,37	2,12	0,26	—	13	126	13,7	—
3,63	1,91	0,31	53,66	14,16	156,15	16,72	21,94
3,21	1,92	0,26	—	14	192	18,7	20
3,36	1,86	0,32	65,53	13,27	210,45	17,82	22,87
3,39	1,95	0,29	59,60	13,61	171,15	16,74	21,60

Tabla 37. Continuación de resultados de concentración de elementos en las muestras analizadas en el estudio.

Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Hf
53,9	453,5	21,2	269	8,1	7,4	614	6,6
47,09	439,73	18,65	95,83	11,09	3,10	535,49	2,69
58,4	519,7	19	208,5	7,5	3,9	610	4,9
52,29	417,37	19,15	99,43	8,29	3,62	436,32	2,72
52,92	457,57	19,50	168,19	8,75	4,50	548,95	4,23
57,3	399,9	21,1	217,5	7,7	7,3	533	5,7
54,03	372,39	18,96	82,42	7,22	4,85	426,88	2,35
61,6	460,5	18,9	196,1	7,8	3,5	509	5,1
44,24	314,46	21,67	82,59	9,36	3,04	403,01	2,44
54,29	386,81	20,16	144,65	8,02	4,67	467,97	3,90
46,3	469,8	22,6	162,2	6,8	3,9	442	4,1
44,06	451,38	20,58	111,58	5,93	3,98	389,89	3,06
49,5	464,7	22,2	146,2	5,8	4,2	522	3,5
44,94	446,63	20,66	113,28	6,81	4,10	591,53	3,07
46,20	458,13	21,51	133,32	6,33	4,04	486,35	3,43
57,6	435,2	20,4	182,2	7,4	4,2	526	4,4
58,24	433,66	19,67	95,67	8,24	3,00	456,92	2,75
47,2	407,8	21,8	262,6	12,4	2	433	6,5
50,68	406,08	19,55	94,45	9,76	2,49	427,93	2,76
53,43	420,69	20,35	158,73	9,45	2,92	460,96	4,10
54,7	347,2	23,1	208,9	7,5	8,7	603	5,2
59,51	355,77	16,37	80,49	6,36	6,64	576,88	2,29
49,4	408,6	19,8	322,4	8,1	3,6	764	7,6
50,73	298,05	19,97	79,26	7,66	4,04	533,70	2,30
53,59	352,40	19,81	172,76	7,41	5,74	619,40	4,35
57	520,9	17,2	201,3	6,9	4,8	566	4,9
52,05	476,26	18,59	94,46	7,28	3,47	435,32	2,66
53,1	544,2	18,2	353,8	8,2	3,7	675	8,4
50,71	457,65	17,29	97,10	7,78	3,41	675,55	2,78
53,21	499,75	17,82	186,66	7,54	3,85	587,97	4,69

Tabla 38. Continuación de resultados de concentración de elementos en las muestras analizadas en el estudio.

Ta	Th	U	La	Ce	Nd	Sm	Eu
0,6	8,6	2,6	24	49,2	24,5	4,92	1,22
0,67	5,38	1,88	20,27	44,98	22,64	4,62	1,20
0,6	5,7	2,4	23,5	46,7	23,3	4,38	1,08
0,54	5,55	1,96	20,28	45,06	22,73	4,67	1,21
0,60	6,31	2,21	22,01	46,48	23,29	4,65	1,18
0,6	6,7	2,8	22,8	45,5	22,4	4,29	1,07
0,54	6,05	2,09	20,78	44,21	21,13	4,27	1,07
0,5	8	3	23,8	47,8	22,8	4,31	1,08
0,66	6,83	2,32	21,95	50,56	25,51	5,14	1,28
0,58	6,89	2,55	22,33	47,02	22,96	4,50	1,12
0,5	8,4	2,7	22,5	44,7	23,9	4,77	1,43
0,40	4,50	1,32	20,01	40,73	20,85	4,43	1,35
0,4	5,4	1,5	20,7	41,6	21,8	4,45	1,37
0,47	4,52	1,35	21,28	44,39	22,02	4,60	1,43
0,44	5,71	1,72	21,12	42,86	22,14	4,56	1,39
0,5	6,2	2,3	24	45,8	22,3	4,35	1,05
0,61	6,14	1,93	19,63	41,72	19,92	4,15	1,04
0,7	6	2,2	23,8	49,9	24,2	5	1,06
0,67	5,71	1,78	20,13	44,58	21,94	4,52	1,10
0,62	6,01	2,05	21,89	45,50	22,09	4,50	1,06
0,5	7,4	3	25	51,6	24,9	5,11	1,22
0,51	6,07	2,28	17,59	36,93	17,47	3,53	0,97
0,5	7,9	2,8	25,8	49,6	24,3	4,51	1,1
0,56	7,37	2,31	20,49	45,84	22,96	4,67	1,21
0,52	7,19	2,60	22,22	45,99	22,41	4,45	1,12
0,5	5,2	2	22,3	43,8	21,7	3,99	1,08
0,47	4,91	1,66	19,67	42,78	21,76	4,43	1,22
0,5	6	2,2	23,7	48,7	24,4	4,65	1,14
0,50	4,86	1,84	18,86	41,17	20,46	4,13	1,17
0,49	5,24	1,93	21,13	44,11	22,08	4,30	1,15

Tabla 39. Continuación de resultados de concentración de elementos en las muestras analizadas en el estudio.

Gd	Dy	Er	Yb	Lu
4,55	3,92	2,16	1,94	0,31
4,48	3,35	1,81	1,67	0,24
3,99	3,27	1,96	1,75	0,27
4,52	3,45	1,89	1,77	0,26
4,38	3,50	1,95	1,78	0,27
3,97	3,57	2,1	2,05	0,31
4,18	3,20	1,80	1,69	0,25
3,87	3,47	2,01	1,91	0,3
5,08	3,84	2,12	1,99	0,29
4,28	3,52	2,01	1,91	0,29
4,7	4,21	2,39	2,24	0,35
4,44	3,63	2,06	1,97	0,30
4,43	3,97	2,41	2,24	0,35
4,68	3,80	2,14	2,03	0,30
4,56	3,90	2,25	2,12	0,33
3,92	3,55	2,04	1,98	0,3
4,12	3,37	1,91	1,89	0,28
4,44	3,87	2,3	2,22	0,35
4,50	3,45	1,91	1,86	0,28
4,24	3,56	2,04	1,99	0,30
4,72	3,91	2,4	2,1	0,32
3,52	2,69	1,53	1,45	0,22
4,2	3,36	1,99	1,87	0,32
4,60	3,45	1,94	1,78	0,25
4,26	3,35	1,97	1,80	0,28
3,73	2,98	1,68	1,66	0,24
4,31	3,32	1,82	1,69	0,25
4,1	3,33	1,89	1,75	0,29
4,09	3,09	1,72	1,60	0,23
4,06	3,18	1,78	1,67	0,25

Anexo D

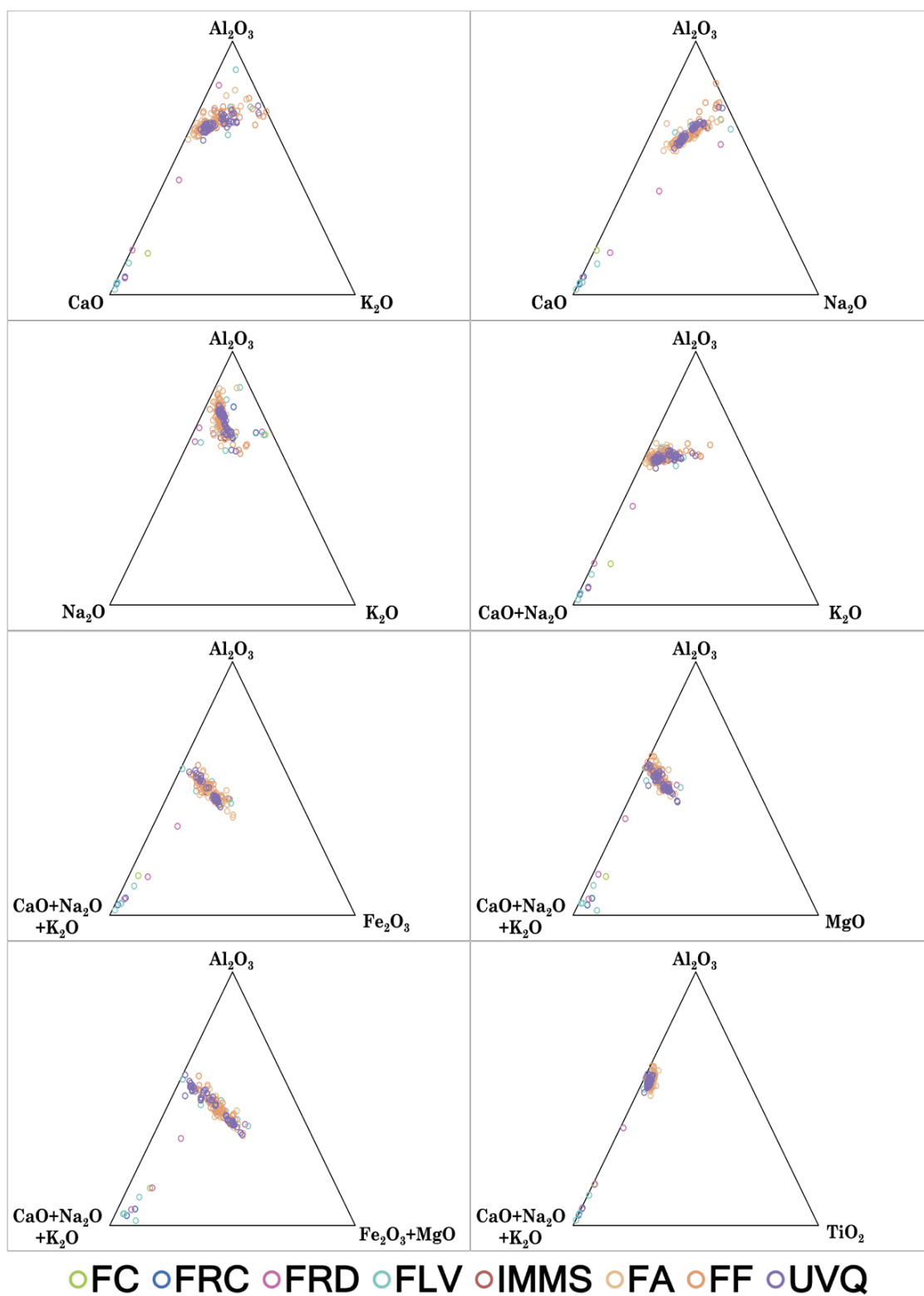


Figura 43. Diagramas ternarios con diferentes ternas de elementos para las unidades geológicas presentes en la subcuenca RMA. FC: Fm. Colimapu, FRC: Fm. Río Colina, FRD: Fm. Río Damas, FLV: Fm. Lo Valdés, IMMS: Intrusivos del Mioceno Medio-Superior, FA: Fm. Abanico, FF: Fm. Farellones y UVQ: Unidad Volcánica Cuaternaria.

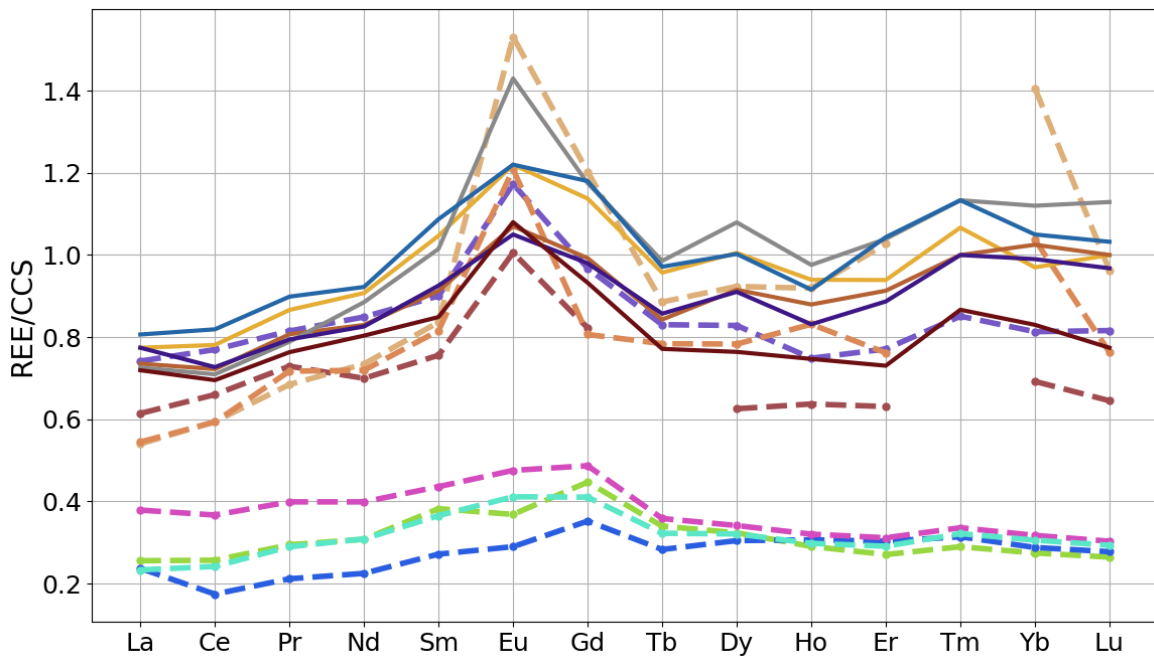


Figura 44. Diagrama spider de REE normalizado con la CCS en el que se grafican las concentraciones de REE para los distintos puntos de muestreo en el mes de noviembre (líneas continuas). Se comparan con REE promedio de las unidades geológicas de la zona de estudio (líneas segmentadas). Se mantiene la simbología de la Figura 18.

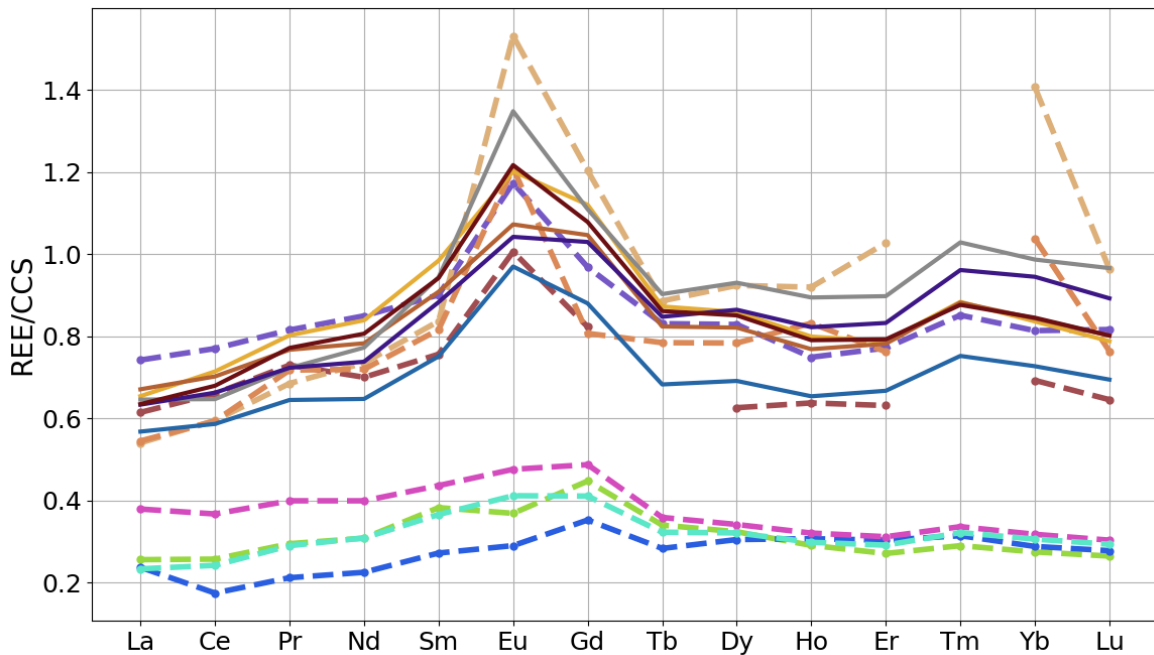


Figura 45. Diagrama spider de REE normalizado con la CCS en el que se grafican las concentraciones de REE para los distintos puntos de muestreo en el mes de diciembre (líneas continuas). Se comparan con REE promedio de las unidades geológicas de la zona de estudio (líneas segmentadas). Se mantiene la simbología de la Figura 18.

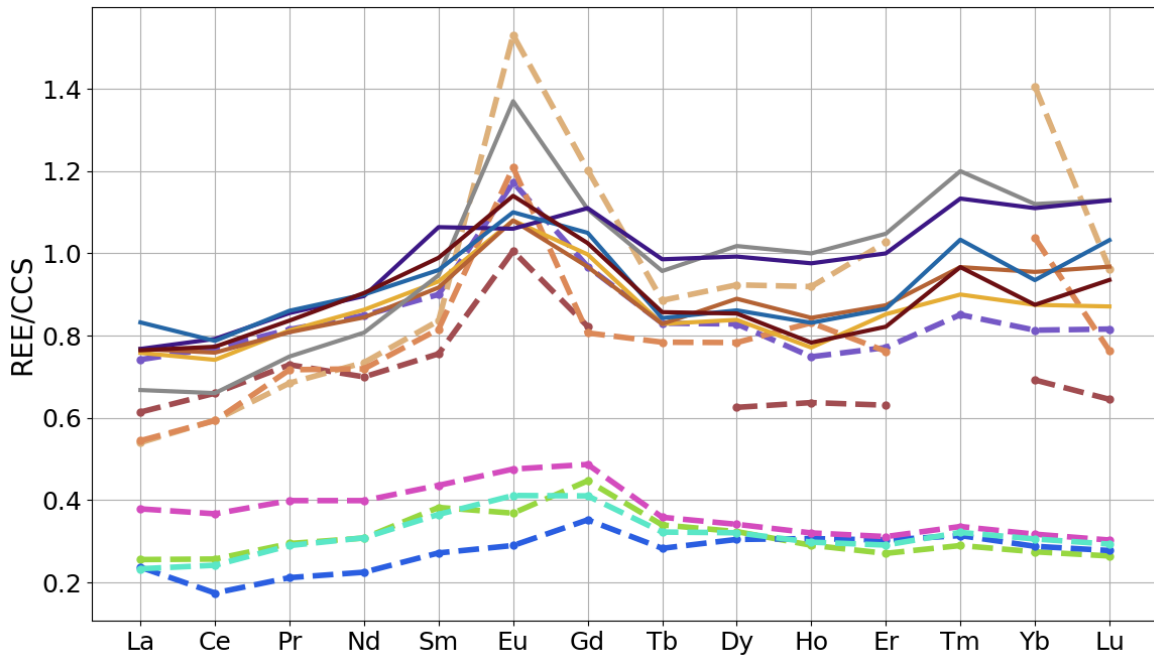


Figura 46. Diagrama spider de REE normalizado con la CCS en el que se grafican las concentraciones de REE para los distintos puntos de muestreo en el mes de enero (líneas continuas). Se comparan con REE promedio de las unidades geológicas de la zona de estudio (líneas segmentadas). Se mantiene la simbología de la Figura 18.

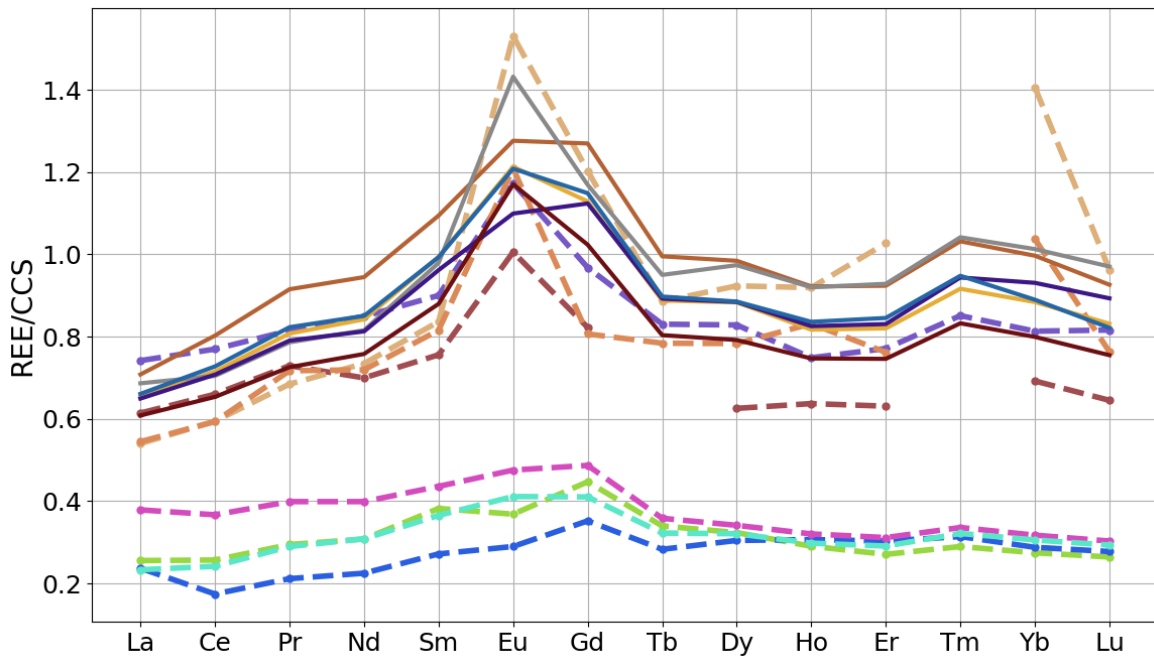


Figura 47. Diagrama spider de REE normalizado con la CCS en el que se grafican las concentraciones de REE para los distintos puntos de muestreo en el mes de febrero (líneas continuas). Se comparan con REE promedio de las unidades geológicas de la zona de estudio (líneas segmentadas). Se mantiene la simbología de la Figura 18.