

Tabla de Contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Elementos conservados: una referencia válida.....	5
2	Hipótesis.....	9
3	Objetivo.....	9
4	Metodología.....	10
5	Consideraciones previas.....	11
6	Isomasas.....	12
6.1	Origen y diferencias con la metodología de Isóconas.....	12
6.2	Enunciación del método de Isomasas.....	18
6.3	Elementos adicionados, elementos removidos y elementos conservados.....	21
6.4	APLICACIÓN DEL MÉTODO ISOMASAS: ejemplo sintético.....	23
6.5	SERIE DE MUESTRAS SECUNDARIAS: Razones de Masa de Sistemas Secundarios.....	28
6.6	REPRESENTACIÓN GRÁFICA de la modelación Isomasas.....	30
7	Aplicación del Método a casos reales.....	33
8	Aplicación del Método a grandes bases de datos.....	60
9	Otros resultados de Isomasas.....	94
9.1	Isomasas aplicado a Perfiles de Meteorización.....	94
9.2	Isomasas aplicado a Lavas afectadas por Metamorfismo.....	100
9.3	Isomasas aplicado a Zonas de Alteración.....	107
9.4	Isomasas aplicado a vetillas y fallas.....	112
9.5	Isomasas aplicado a ambientes Magmáticos.....	115
10	La Cuantificación: discusiones sobre este modelo.....	118
11	Conclusiones.....	121
	Símbolos utilizados en esta Tesis.....	123
	Bibliografía.....	124
	Anexo A. Tablas de datos originales utilizados en esta Tesis.....	137
	Anexo B. Tablas de datos dr_i obtenidos a partir de la aplicación del método Isomasas.....	167
	Anexo C. Representación gráfica de resultados de Isomasas a partir de resultados desplegados en el Anexo D.....	193

Anexo D. Resultados de Cantidad Relativa de Transferencia de Material calculados con la metodología Isomasas.....	228
Anexo E. Algoritmos escritos en MatLab© del Método Isomasas.....	231

Índice de Figuras

Figura 6.1. Modelo Isomasas conceptual para la estimación de transferencia de masa a partir de un sistema precursor de dos elementos químicos 1 y 2. Caso 1: disminución de masa del sistema por remoción de 10g del elemento 1. Caso 2: aumento de masa del sistema por adición de 10g del elemento 1. En ambos casos el elemento 2 es el conservado en su masa.	22
Figura 6.2. Distribución de porcentaje en peso de óxidos (<i>wt%</i>) y en partes por millón (<i>ppm</i>) de elementos trazas para muestras sintéticas con incorporación de masa en azul (dilución de sílice) y remoción de masa en verde (concentración de sílice). Muestra precursora en rojo. En los valores de abscisa SiO_2 <i>wt%</i>	26
Figura 6.3. Modelo conceptual para la determinación de un par de elementos conservados (<i>x, y</i>) a partir de la correlación de las Razones de Masa de Sistemas Secundarios en una serie de muestras cogenéticas.	29
Figura 6.4. Coeficiente de correlación (<i>R</i>), pendiente de las razones de masa de sistemas secundarios (<i>m</i>) e interceptos (<i>b</i>) para los pares de elementos 'TiO ₂ -Zr', TiO ₂ -Al ₂ O ₃ ', 'TiO ₂ -Sr' and 'TiO ₂ -P ₂ O ₅ ' obtenidos para las muestras sintéticas A1-A7.....	30
Figura 6.5. Cantidad relativa de transferencia de material para elementos mayores y trazas cuando TiO ₂ y Zr son respectivamente considerados como conservados para el set de muestras sintético A1-A3 (remoción de masa) y A4-A7 (adición de masa).	31
Figura 9.1. Variación de cambio porcentual de masa para suelo Jiang et al. (2018) y paleosuelo (Condie et al., 1995) de los pares de elementos Zr-V, Sc-Th, Zr-Th, Nb-Ta, Lu-Hf y Zr-Hf. 95	
Figura 9.2. Variación composicional del par Th-Zr en concentración (<i>ppm</i>) y en % <i>dri</i> y respecto de profundidad en perfil de suelo de Jiang et al. (2018). La leyenda muestra la distribución relativa de profundidad para suelo, saprolita y basalto semimeteorizado. Recuadro inserto discrimina muestras de suelo con adición de TiO ₂ (diamantes amarillos) de aquellas con remoción de TiO ₂	96
Figura 9.3. Variación de % <i>dri</i> de pares de elementos TiO ₂ vs Zr, Th vs Sc, Lu vs Hf y Zr vs Hf para el perfil de suelo de Condie et al. (1995). Recuadro: distancia a la discordancia entre el la Formación Fountain sobreyacente al nivel de suelo a partir de la Granodiorita Boulder. Muestra en círculo amarillo, CR110, corresponde a granodiorita.	98

- Figura 9.4. Comparación de variación de % *dri*/*drj* (izquierda) con X_i/X_j (derecha) según distancia a la discordancia. Precursora=p muestra CR120. Muestra en círculo amarillo, CR110, corresponde a granodiorita..... 99
- Figura 9.5. Diferencia porcentual (% *dri*) de elementos alcalinos y alcalino térreos, Cr, SiO₂, Y y V para muestras de lavas con diferentes grados de metamorfismo. VLGM andesite: lava andesítica con metamorfismo de muy bajo grado en facies ceolita; Serpt. Pillowed Basalt/Komatiite: basaltos almohadillados y komatiitas serpentinizadas; Komatiite lava Flow: lavas komatiíticas C y AB; Buried basaltic andesite: lava continental basalto andesítica en facies prehnita-pumpellyita; Cogenetic lavas: serie cogenética de lavas de la Fm. Chala; Bentonite Rhyolite/Andesite: lavas riolítica y andesítica bentonitizadas. 102
- Figura 9.6. % *dri* en K₂O, Sr, Rb y Rb/Sr para las muestras de la colada de lava estudiada por Aguirre (1988). Los datos junto a símbolos indican: razón ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr calculada a 160Ma antes del presente, razón Rb/Sr_{atm} y edad K-Ar. 103
- Figura 9.7. Cantidad relativa de transferencia de material s para tres casos de Metamorfismo de Muy Bajo Grado ocurrido sobre rocas volcánicas de composición básica. 104
- Figura 9.8. Cantidad relativa de transferencia de material en Sr, Ba y Rb con respecto a aquel de Fe₂O₃ para muestras sometidas a diferentes grados metamórficos..... 105
- Figura 9.9. Resultados de Cantidad relativa de transferencia de material (% *dri*) para las muestras de los perfiles de alteración a bentonita de las zonas de Prassa (medio) y Zoulias (abajo), desde análisis en Christidis (1998), para elementos alcalinos y alcalinotérreos, considerando la muestra precursora y los elementos conservados SM285-TiO₂ y SM203-Zr, en cada perfil. 107
- Figura 9.10. Resumen de resultados de Cantidad relativa de transferencia de material (% *dri*) para las muestras de diferentes tipos de alteración de granito, desde análisis en Alderton et al. (1980), para elementos mayores y trazas, considerando la muestra precursora y los elementos conservados explicitados en la Tabla B.9 de los Anexos. Resultados extensivos en Figura C.9.1 - 9.2 de los Anexos. 108
- Figura 9.11. Resumen de resultados de Cantidad relativa de transferencia de material (% *dri*) para las muestras de alteración de corteza oceánica según profundidad, desde análisis en Bach et al. (2001), para elementos mayores y trazas, considerando la muestra precursora y los elementos conservados explicitados en la Tabla B.10 de los Anexos. Resultados extensivos en Figura C.10.1 - 10.6. 110
- Figura 9.12. Cantidad relativa de transferencia de material (% *dri*) de elementos alcalinos y alcalinotérreos para las muestras de alteración de corteza oceánica según profundidad, desde análisis en Bach et al. (2001), considerando la muestra precursora y los elementos conservados explicitados en la Tabla B.10 de los Anexos. El recuadro resume el elemento

considerado como conservado y la profundidad en la corteza. Para la muestra A1.1 los valores de % <i>dmCs</i> y % <i>drRb</i> se muestran en recuadros insertados.....	111
Figura 9.13. Resumen de resultados de Cantidad relativa de transferencia de material (% <i>dri</i>) para las muestras de albitización de diferentes protolitos, desde análisis en Oliver et al. (2004), para elementos mayores y trazas, considerando la muestra precursora y los elementos conservados explicitados en la Tabla B.12 de los Anexos. Resultados extensivos en Figura C.12.1.	111
Figura 9.14. Resultados de Cantidad relativa de transferencia de material (% <i>dri</i>) respecto a distancia a la vetilla retrógrada carbonatada (dolomita-calcita), para las muestras de vecindad de una vetilla en rocas de la subfacies epidota-esquistos azul, desde análisis en Mori et al. (2003), para elementos mayores y trazas, considerando la muestra precursora y los elementos conservados explicitados en la Tabla B.13 de los Anexos. Resultados extensivos en Figura C.13.1-13.2.	113
Figura 9.15. Diferencia porcentual (% <i>dri</i>) para el Perfil A (diamantes azules) y el Perfil B (diamantes verdes) de las rocas metamórficas afectadas por vetillas carbonatadas investigadas por Mori et al. (2003), para la relación (MgO+Fe ₂ O ₃) versus (V+Ni), Y versus Cu y Ni versus Sr. Se detallan esos resultados según la distancia a la vetilla para cada perfil (recuadros).....	114
Figura 9.16. Cantidad relativa de transferencia de material en Cr y Ni para los Flujos de lava komatiíticos serpentinizados descritos por Shore (1996). A la derecha se observan los resultados para ambos flujos de lava AB y C según la relación Cr versus Ni, arriba, y (Cr + Ni) versus (MgO + SiO ₂), abajo; en el centro el detalle de la relación Cr versus Ni para el flujo C, arriba, y flujo AB, abajo; a la izquierda, las mismas relaciones desde la perspectiva PER.	115
Figura 10.1. Propuesta de clasificación de transferencia de masa y movilidad de elementos. .	120

Índice de Tablas

Tabla 1.1: Resumen de metodologías utilizadas para la estimación de transferencia de masa en procesos geoquímicamente abiertos.	6
Tabla 6.1: Composición en masa (g) y en concentración para las muestras sintéticas precursora y secundarias. <i>S_j</i> representa la masa total de cada muestra.	24
Tabla 6.2: Resultados numéricos de Isomasas para TiO ₂ y Zr como elementos conservados en caso sintético.	27