



El análisis de relaciones isotópicas resuelve problemas complejos

Por Juan Bustamante, João Paulo Ferreira e Fabiana Imagawa
Traducido y adaptado del EnviroMail 61 Canadá

El laboratorio especializado ALS de Luleå (Suecia) es uno de los pocos laboratorios del mundo que ofrece servicios comerciales de pruebas de relación isotópica no sólo para sistemas radiogénicos (Sr, Nd, Pu, U) e isótopos estables ligeros (Li, B, Si), sino también para elementos estables pesados como Ag, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mo, Si y Zn. Todas estas pruebas de relación isotópica pueden utilizarse como huella dactilar para proporcionar información sobre el origen o la edad geológica, y tienen potencial para ser utilizadas en el rastreo de fuentes de contaminación y exposición.

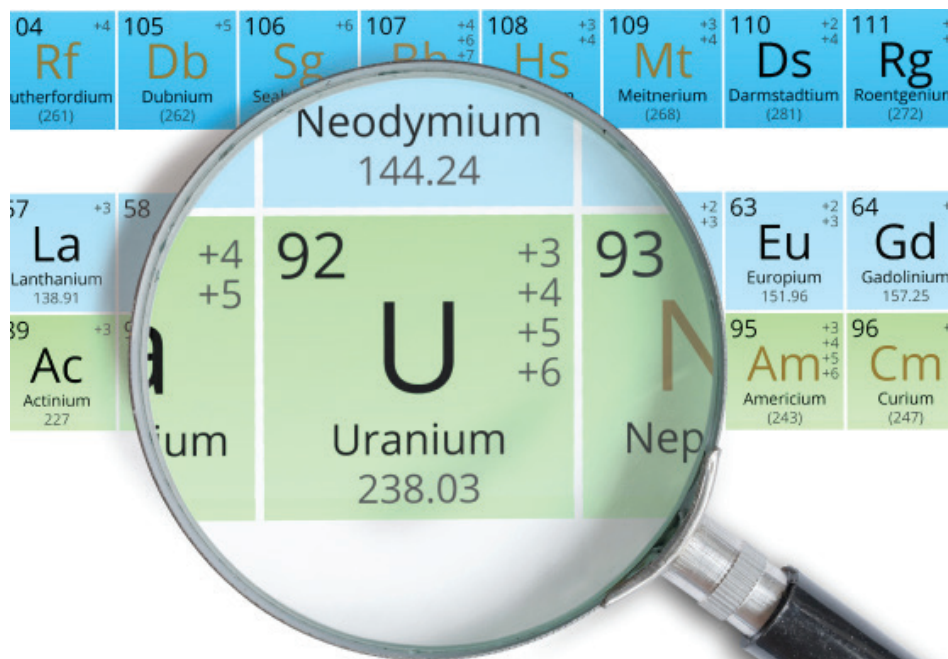
nutrición humana, los estudios sanitarios y la arqueología. La mayoría de la gente está familiarizada con la datación por radiocarbono, quizá el uso más famoso del análisis de relación isotópica, en el que la relación entre los isótopos radiactivos Carbono-14 y Carbono-12 puede determinar con precisión la edad de los materiales orgánicos hasta unos 60.000 años. La espectrometría de masas de relación isotópica (IRMS) se utiliza ampliamente para medir las relaciones isotópicas estables de los elementos ligeros más comunes, como C, N, S, O y H.

La medición de las relaciones isotópicas estables de elementos más pesados suele ser más difícil, ya que requiere instrumentación especializada y, normalmente, una preconcentración, porque las concentraciones de elementos pesados son muy bajas en la mayoría de los tipos de muestras. En la Tabla 1 se muestran algunas de las pruebas de relación isotópica y aplicaciones más comunes para elementos pesados. Una visión más amplia de las aplicaciones de los elementos pesados y otros isótopos estables no tradicionales en las aguas

Introducción al análisis de relaciones isotópicas

La composición isotópica de un elemento puede verse afectada por factores como su origen, la exposición a la intemperie, los procesos biológicos y bioquímicos o la edad geológica de un material, y puede proporcionar valiosa información característica y de diagnóstico.

El análisis de proporciones isotópicas se utiliza para medir con precisión diferencias muy pequeñas en las proporciones de los distintos isótopos de un elemento, y es una poderosa herramienta para muchas disciplinas, como la geología, la geocronología, la geoquímica, las ciencias forenses, la



subterráneas puede encontrarse en “Elemental stable isotope assessment of groundwater contamination: Recent Developments” (véanse Referencias).

Capacidades de ALS para el análisis de relaciones isotópicas

ALS Luleå cuenta con más de 30 años de experiencia en investigación y pruebas comerciales para el análisis de proporciones de isótopos estables utilizando tanto instrumentación ICP-MS

de campo sectorial de alta resolución (ICP-SFMS) como ICP-MS multicolector (MC-ICP-MS). Nuestro equipo de expertos ha realizado contribuciones sustanciales al campo del análisis de relación isotópica con 170 publicaciones revisadas por pares. ALS Luleå ofrece análisis de relación isotópica para más de 20 sistemas isotópicos estables y radiogénicos en una variedad de matrices de muestras con alta precisión, incluso cuando las concentraciones de las muestras son muy bajas.

La mayoría de los análisis de relación isotópica requieren una alta precisión, ya que las diferencias observadas en las relaciones isotópicas de la mayoría de los elementos son pequeñas. La MC-ICP-MS se utiliza para las mediciones de relación isotópica más exigentes, en las que se requiere la máxima precisión posible. Por ejemplo, la datación de rocas y meteoritos mediante relaciones isotópicas de samario y neodimio requiere una precisión mínima del 0,002%, que sólo puede alcanzarse con MC-ICP-MS. Las incertidumbres con ICP-SFMS son mayores, oscilando en torno al 0,05-1% (dependiendo de la prueba), pero son suficientes para algunas aplicaciones. Los resultados de las pruebas de las relaciones isotópicas se comunican normalmente como valores delta (δ) en unidades de partes por mil (‰), que se refieren a patrones de referencia aceptados internacionalmente para cada sistema isotópico.

Requisitos y opciones para las pruebas de relación isotópica

Las pruebas de relación isotópica están disponibles para una amplia variedad de matrices, incluyendo (pero no limitadas a) aguas naturales y de proceso, aguas residuales, suelos, sedimentos, aerosoles, vegetación, biota, productos alimenticios, muestras clínicas, objetos arqueológicos, metales y aleaciones. Las pruebas de relación isotópica y los requisitos de aplicación son complejos. Los expertos de ALS Luleå analizan los requisitos con nuestros clientes para determinar las opciones más adecuadas, que pueden requerir técnicas personalizadas de preparación de muestras, como eliminación de la matriz, preconcentración de analitos y purificación, además del análisis IRMS. Nuestros químicos pueden asesorar sobre las cantidades de muestreo y las técnicas de preparación necesarias

SISTEMA ISOTÓPICO		ISÓTOPO MEDIDO	APLICACIONES HABITUALES DE LA RELACIÓN ISOTÓPICA
Boro	B	10,11B	Control del enriquecimiento en la industria nuclear, rastreo de fuentes de contaminación
Plomo	Pb	204,206,207,208Pb	Rastreo de fuentes de contaminación y exposición, geología, geocronología, estudios de procedencia, medicina forense y arqueología.
Neodimio	Nd	143,144Nd	Geología, geocronología, estudios de procedencia
Selenio	Se	77,78,82Se	Detección y seguimiento de la atenuación del selenio tras la extracción en las explotaciones mineras
Estroncio	Sr	86,87Sr	Geología, geocronología, estudios de procedencia, medicina forense
Uranio	U	234,235,238U	Control del enriquecimiento en la industria nuclear, rastreo de fuentes de contaminación y exposición
Otros Metales Pesados	Isótopos estables de Ag, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mo, Si, Zn		Geología, rastreo de fuentes de contaminación y exposición

Tabla 1. Aplicaciones comunes no tradicionales de los índices isotópicos

para diferentes matrices con el fin de cumplir con las cantidades mínimas o recomendadas requeridas para nuestros métodos de ensayo (como se muestra en la Tabla 2). ALS ofrece las pruebas más rápidas disponibles en cualquier lugar para el análisis de relación isotópica de elementos pesados, con tiempos de respuesta rutinarios de 6-10 días laborables (después de la recepción de las muestras en ALS Suecia), y con análisis urgentes posibles para algunas

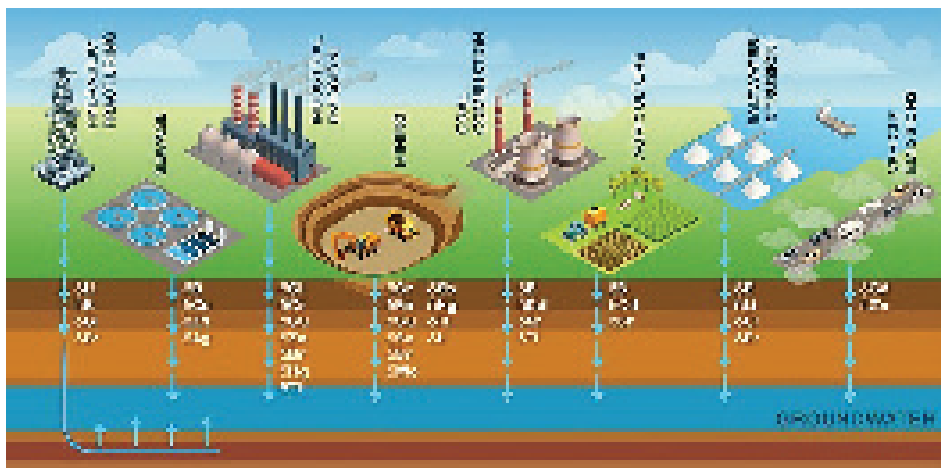
pruebas - mucho más rápido que la mayoría de los laboratorios universitarios de relación isotópica.

Póngase en contacto con su gestor de proyectos de ALS en Latinoamérica para obtener más información sobre las opciones de pruebas de relación isotópica de primera clase disponibles a través de ALS en Suecia.

SISTEMA DE ISÓTOPOS		ISÓTOPOS MEDIDOS	ICP-SFMS	MC-ICP-MS	
			Cantidad mínima absoluta (ng total)	Cantidad mínima absoluta (ng total)	Cantidad absoluta recomendada (µg total)
Boro	B	10, 11	100	1000	10
Calcio	Ca	42, 43, 44	-	2500	25
Cadmio	Cd	110, 112, 113, 114	-	250	2,5
Cromo	Cr	52, 53	-	5000	50
Cobre	Cu	63, 65	-	2500	25
Hierro	Fe	54, 56, 57	-	5000	
Plomo	Pb	204, 206, 207, 208	0,5	250	2,5
Litio	Li	6, 7	50	500	5
Magnesio	Mg	24, 25, 26	-	2500	25
Mercurio	Hg	199, 200, 201, 202	-	100	1
Molibdeno	Mo	92, 94, 95, 96, 97, 98	-	250	2,5
Neodimio	Nd	146, 148	-	250	2,5
Níquel	Ni	60, 62	-	7500	75
Osmio	Os	187, 188, 189, 190, 192	0,0005	50	0,5
Plutonio	Pu	239, 240, (242)	0,00025	-	-
Radio	Ra	226, (228)	0,00005	-	-
Renio	Re	185, 187	-	250	2,5
Selenio	Se	77, 78, 82	-	5000	50
Sílice	Si	28, 29, (30)	-	5000	50
Estroncio	Sr	86, 87, (88)	250	1000	10
Talio	Tl	203, 205	-	100	1
Torio	Th	230, 232	50	200	-
Uranio	U	234, 235, 236, 238	0,05	100	1
Zinc	Zn	64, 66, 68	-	5000	50

Tabla 2. Opciones de prueba de relación isotópica de ALS Luleå y cantidades elementales requeridas





Aplicaciones no tradicionales de los índices de isótopos estables a las aguas subterráneas
[Current Opinion in Environmental Science & Health 2022, 26:100330].

Referencias

1. EnviroMail 61 Canada: Isotope Ratio Analysis
Solves Complex Problems;
2. Elemental stable isotope assessment
of groundwater contamination: Recent
developments, Iliia Rodushkin, Emma Engström,
Simon Pontér, and Maddalena Pennisi,
Current Opinion in Environmental Science
& Health 2022, 26:100330. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468584422000058>

Análisis ambientales ALS en Latinoamérica

ARGENTINA Buenos Aires

Casella Piñero 354, Avellaneda
+54 11 4265 2000

BRASIL São Paulo

Rua Galatéia, 1824, Carandirú
+54 11 4082 4300

CHILE Santiago

Av. Hermanos Carrera Pinto 159, Colina
+56 22 654 6106

COLOMBIA Barranquilla

Carrera 41, Calle 73B N° 72
+57 31 7515 3270

EQUADOR Quito

De los Eucaliptos E 3-23 y Los Cipreses
+593 22 80 88 77

MÉXICO Monterrey

Loma de los Pinos 5505-D
Col. La Estanzuela Vieja
+52 81 8317 9150

PERU Lima

Avenida Guillermo Dansey 1801
Cercado de Lima
+51 488 9500

REPÚBLICA DOMINICANA Santo Domingo

Av. Isabel Aguiar corner Calle I
Zona Industrial de Herrera
Santo Domingo Oeste
+1 809 638-9447

Para obtener más información sobre estos
y otros diversos parámetros analizados en
nuestras unidades ambientales, comuníquese
con Fabiana Imagawa - Gerente Técnica de
ALS Ambiental para América Latina.

[✉ fabiana.imagawa@alsglobal.com](mailto:fabiana.imagawa@alsglobal.com)

ALS ofrece una amplia gama de servicios de pruebas especializados que cubren cada etapa del ciclo de vida de su proyecto. Visita alsglobal.com para más información sobre nuestros servicios y especialidades.

ALS right solutions. right partner. © Copyright 2025 ALS Limited. All rights reserved.

alsglobal.com