

Análisis inteligente de aguas residuales mediante el sistema ICP-MS Agilent con diluidor automático integrado

Mejora en la productividad de los análisis medioambientales rutinarios mediante un ICP-MS Agilent 7900 con Sistema de dilución avanzado



Autores

Aimei Zou, Michiko Yamanaka
Agilent Technologies, Inc.

Introducción

La espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) es una técnica versátil de análisis multielemental muy utilizada en diversos sectores debido a su alta sensibilidad y selectividad. Muchos laboratorios de análisis medioambientales, alimentarios, farmacéuticos y de materiales que dependen de métodos de alto rendimiento se han beneficiado de la robustez, fiabilidad y alto rendimiento de los instrumentos ICP-MS Agilent. A medida que los laboratorios buscan reducir aún más la ineficacia de sus flujos de trabajo y disminuir las exigencias al personal, se produce un cambio hacia la automatización de las tareas manuales a fin de mejorar la productividad general.

Debido a su alta sensibilidad, las concentraciones de elementos en las soluciones estándar de ICP-MS suelen ser bajas, por lo que muchos laboratorios preparan patrones nuevos cada día. La preparación de patrones de baja concentración requiere mucho trabajo, ya que hay que tener cuidado para evitar errores humanos o contaminar los patrones. Además, cuando se miden muestras medioambientales como aguas residuales, suelos y sedimentos, la concentración de los elementos de interés a veces supera inesperadamente el intervalo de calibración. En estas situaciones, el analista tendría que diluir la muestra manualmente para colocarla dentro del intervalo, lo que aumentaría su carga de trabajo.

Para ayudar a los laboratorios a reducir el tiempo de procesamiento de la muestra y el coste por análisis, Agilent ha desarrollado un Sistema de dilución avanzado, el ADS 2, específico para los instrumentos ICP-MS (e ICP-OES) Agilent.⁷ Los laboratorios pueden utilizar el sistema de autodilución ADS 2 para las siguientes tareas importantes:

- Preparar automáticamente una calibración multipunto a partir de patrones únicos. La automatización de la preparación de los patrones de calibración elimina el tedioso trabajo manual, reduce la posible introducción de errores humanos y minimiza el riesgo de contaminación derivado de funcionamiento manual.
- Diluir automáticamente las muestras por un factor conocido (prescrito), eliminando la necesidad de dilución manual.
- Realizar automáticamente una dilución reactiva inteligente para los analitos de interés cuando los resultados estén fuera del intervalo de calibración, incluso durante el funcionamiento nocturno sin supervisión, aumentando así la productividad.

Estas características reducen la carga de trabajo del analista, al tiempo que garantizan que el método de autodilución ICP-MS logre una buena exactitud y precisión para la medición cuantitativa de elementos de interés en una muestra. El ADS 2 es especialmente útil para los laboratorios que realizan análisis de rutina de un gran número de muestras variadas en las que las concentraciones de los analitos pueden variar significativamente.

Los instrumentos ICP-MS Agilent marcan la referencia en cuanto a rendimiento para el análisis de rutina de muestras medioambientales, gracias a su tolerancia alta de matriz y a su avanzada tecnología de celda de colisión/reacción (CRC). LA CRC del sistema de reacción octopolar (ORS⁴) de cuarta generación elimina las interferencias poliatómicas que pueden afectar a muchos de los oligoelementos regulados, como Cr, As, Se y Cd, en muestras medioambientales. El ORS⁴ proporciona condiciones de funcionamiento optimizadas para el modo de colisión con helio (He), lo que permite eliminar muchas interferencias mediante la discriminación de energía cinética (KED), denominada He-KED.

En este estudio, se seleccionaron muestras de aguas residuales como un tipo de muestra representativa analizada de forma rutinaria por los laboratorios de análisis medioambientales de rutina. Se utilizó el ICP-MS Agilent 7900 equipado con el ADS 2 para determinar 31 elementos en las aguas residuales.

Experimento

Muestras y patrones

Para comprobar la precisión del método se utilizaron dos materiales de referencia de aguas residuales certificados (CRM), incluidos ERM CA713 (IRMM, Bélgica) y CWW-TM-C (High Purity Standards, EE. UU.). También se realizó una prueba de recuperación de matrices adicionadas de muestras reales de aguas residuales. Las muestras de aguas residuales fueron proporcionadas por una agencia gubernamental local. No fue necesario el pretratamiento de las muestras de aguas residuales antes del análisis, aparte de filtrarlas para eliminar cualquier materia sólida no disuelta.

Se utilizaron patrones monoelementales y multielementales Agilent para preparar una solución madre mezclada para la autocalibración utilizando el ADS 2. La concentración de cada elemento en la solución madre mezclada figura en el cuadro 1.

Tabla 1. Patrones Agilent, números de referencia (N.º ref.) y concentración de analito en la solución madre mezclada.

Elemento	Estándar	Concentración en solución madre mezclada (ppm)
Na, Mg, K, Ca, Fe	Patrón multielemental (N.º ref.: 5183-4688)	20
Be, Al, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb, Th, U	Patrón multielemental (N.º ref.: 5183-4688)	0,2
B	N.º ref. 5190-8254	0,2
Sr	N.º ref. 5190-8581	0,2
Ti	N.º ref. 5190-8545	0,2
Sn	N.º ref. 5190-8543	0,2
Te	N.º ref. 5190-8533	0,2
Hg	N.º ref. 5190-8575	0,01

Se utilizó una mezcla de patrón interno (PI) Agilent (N.º ref.: 5183-4681) con 10 ppm de ⁶Li, Sc, Ge, Y, In, Tb y Bi. Se preparó una solución de trabajo de 100 ppb mediante dilución manual 100x y se añadió en línea al ICP-MS 7900 mediante el sistema avanzado de válvula integrado para ICP-MS (AVS MS)* y la bomba peristáltica. Se obtuvo una dilución aproximada de 15x de la solución de trabajo PI utilizando tubos de columna de diámetro estrecho, lo que ayudó a minimizar la dilución de las muestras.

Se utilizó una solución de HNO₃ al 2 % (v/v) con HCl al 0,5 % (v/v) para la preparación de la solución madre mezclada, el diluyente, el portador y la solución madre de PI. Se añadió HCl para garantizar la estabilidad de Ag, Sb, Sn, Te y Hg en solución. Se utilizó HNO₃ al 3 % con HCl al 0,5 % como solución de enjuague para lavar a fondo el sistema entre los análisis de las distintas soluciones.

Los 31 elementos enumerados en la Tabla 1 fueron autocalibrados por el ADS 2 a partir del patrón madre, utilizando factores de dilución de 200x, 100x, 40x, 20x, 10x, 4x y 2x.

Instrumentación

Todos los análisis se llevaron a cabo utilizando un ICP-MS 7900 equipado con el sistema de introducción de muestras estándar que consiste en un nebulizador concéntrico de vidrio, una cámara de nebulización de cuarzo y una antorcha de montaje rápido (inyector de 2,5 mm de diámetro). El instrumento estaba equipado con un cono de muestreo de cobre niquelado y un cono skimmer de níquel. En la Figura 1 se muestra la instrumentación utilizada en este estudio.

Al seleccionar las condiciones de plasma de uso general en el software Agilent CP-MS MassHunter, los parámetros sombreados que se muestran en la Tabla 2 se ajustaron automáticamente. Los voltajes de las lentes iónicas también se optimizaron automáticamente para maximizar la sensibilidad. Las condiciones de funcionamiento del ICP-MS 7900 y los parámetros de introducción de muestras del ADS 2 se muestran en las Tablas 2 y 3, respectivamente.



Figura 1. Se muestra el ICP-MS 7900 Agilent con válvula de conmutación AVS MS integrada conectada al muestreador automático Agilent ADS 2 y Agilent SPS 4.

Tabla 2. Condiciones de funcionamiento del ICP-MS 7900 Agilent.

Parámetro	Sin gas	He
Modo Plasma	Uso general	
Potencia de RF (W)	1550	
Profundidad de muestreo (mm)	10	
Flujo del gas del nebulizador (l/min)	1,20	
Ajuste de la lente	Ajuste	
Flujo de gas de celda (ml/min)	0	5
Discriminación energética (V)	5	

Tabla 3. Parámetros de introducción de muestras Agilent ADS 2.

	Tiempo (s)	Velocidad de la bomba de toma de muestra AVS MS (%)	Posición de aguja del muestreador automático	Posición de la válvula
Carga de la muestra	20	25	Muestra	Carga
Estabilización	10	5	Puerto de enjuague	Inyección
Enjuague de sonda	15	5	Puerto de enjuague	Inyección
Enjuague de sonda 1	5	35	Puerto de enjuague	Inyección
Enjuague de sonda 2	20	0	Puerto de enjuague	Inyección
Enjuague 3	1	0	Inicio	Inyección
Lavado de sonda de loop opcional	10	50	Puerto de enjuague	Carga
Lavado de loop opcional	1	5	Puerto de enjuague	Inyección

El ICP-MS 7900 con ADS 2 proporciona valiosas ventajas para los laboratorios de rutina, entre las que se incluyen:

- Preparación automática de calibraciones multinivel a partir de patrones simples o múltiples mediante una dilución de hasta un factor 400x. La preparación y el análisis de los patrones de calibración pueden realizarse automáticamente, en 20 minutos, lo que mejora la eficacia del laboratorio.
- Autodilución reactiva inteligente de las muestras si alguno de los analitos de interés se mide en concentraciones superiores al intervalo de calibración. La muestra diluida se añadirá automáticamente a la lista de muestras en tiempo real y los datos de análisis en línea de la muestra diluida se generarán en consecuencia.
- Autodilución reactiva basada en resultados de muestras con analitos que necesitan diferentes factores de dilución debido a matrices que contienen elementos con un intervalo de concentraciones.

Resultados y comentarios

Preparación automática de patrones de calibración mediante ADS 2

El rendimiento de la calibración del sistema de autodilución ADS 2 se evaluó en términos de linealidad, precisión y límites de detección del instrumento (IDL). En la Figura 2 se muestran curvas de calibración representativas creadas automáticamente por el ICP-MS 7900 con ADS 2. Las curvas cubren elementos de baja a alta masa, Be, As, Cd y Pb. Se obtuvo una excelente linealidad para todos los analitos en todo el intervalo de calibración, como muestran los coeficientes de calibración de R ≥ 0,9995.

La precisión de dilución alcanzada por el ADS 2 se evaluó dividiendo la concentración calculada de los patrones preparados utilizando factores de dilución de 2 a 200 para todos los analitos por la concentración esperada. La precisión de dilución de cada nivel de calibración se situó entre el 90 y el 110 %, lo que demuestra la elevada precisión del ADS 2 para la preparación automática de patrones de calibración.

Los IDL se calcularon mediante el software ICP-MS MassHunter a partir de tres mediciones repetidas de cada patrón. Se obtuvieron IDL bajos para todos los analitos en todo el intervalo de masas, por ejemplo, 0,001 ppb para ^{52}Cr y ^{75}As , 0,0003 ppb para ^{111}Cd , y 0,0009 ppb para ^{202}Hg . Los IDL de baja concentración muestran la alta precisión de la administración de muestras por parte del ADS 2 acoplado al muestreador automático SPS 4. Los IDL también confirman que la sensibilidad del ICP-MS 7900 no se ve comprometida por el sistema de autodilución ADS 2.

La eficacia del ADS 2 se evaluó en función del tiempo empleado en la autocalibración, con un tiempo total de preparación y análisis de ocho niveles de calibración inferior a 20 minutos. Es importante destacar que la calibración fue totalmente automática y no requirió la intervención del operador, salvo la preparación de la solución madre única inicial.

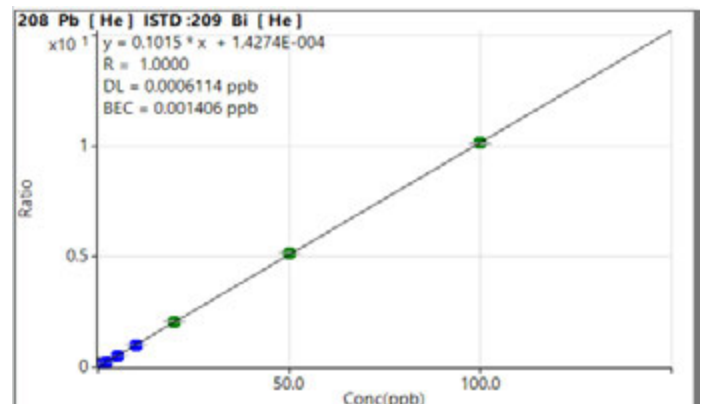
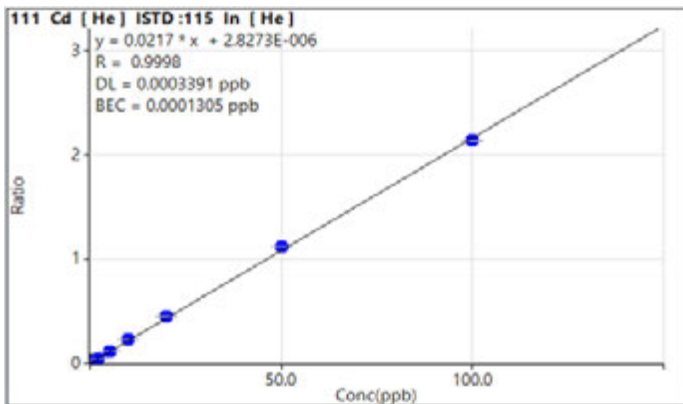
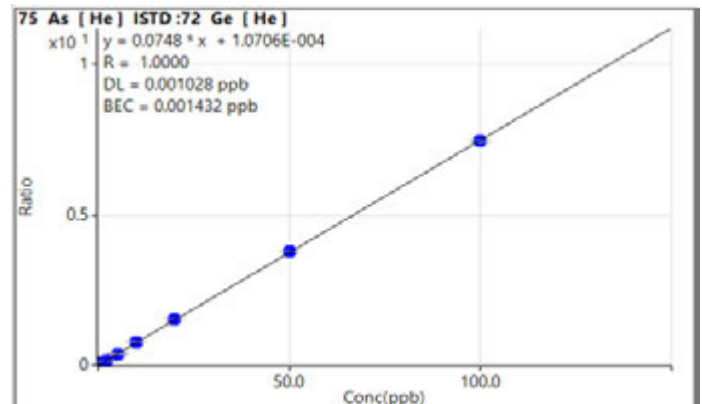
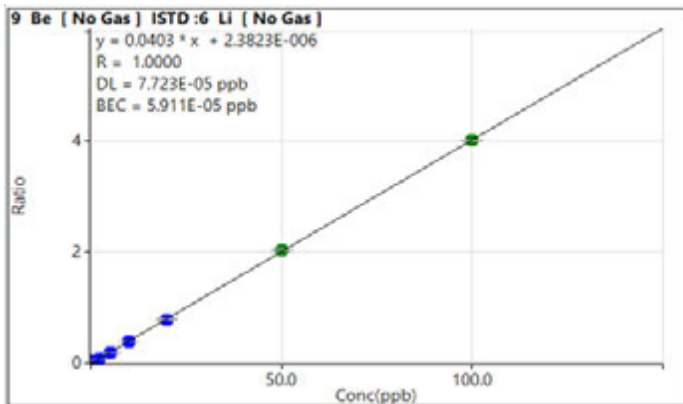


Figura 2. Curvas de calibración ICP-MS representativas para Be, As, Cd y Pb que fueron creadas automáticamente a partir de una única solución madre por el Agilent ADS 2 acoplado al ICP-MS Agilent 7900.

Límites de detección del método (MDL)

Los límites de detección del método (MDL) para los 31 elementos se determinaron de acuerdo con las directrices del método 200.8 de la EPA.² Los MDL de tres sigmas se calcularon a partir del análisis de siete alícuotas replicadas de un blanco de preparación (2 % HNO₃ al 2 % con HCl al 0,5 %) que se habían enriquecido con concentraciones de 2 a 5 veces superiores al MDL estimado. El berilio y el boro se adquirieron en modo sin gas y los demás elementos en modo de He. En la Tabla 4 se muestra un resumen de MDL para todos los analitos. Se alcanzaron MDL de bajo nivel para todos los oligoelementos, lo que ilustra la excelente sensibilidad del ICP-MS 7900 con ADS 2 y muestreador automático SPS 4.

Tabla 4. Límites de detección del método de tres sigmas alcanzados por el ICP-MS Agilent 7900 equipado con el sistema de autodilución ADS 2.

Analito	Masa	Modo de celda	MDL (partes por billón)
Be	9	Sin gas	0,0006
B	11	Sin gas	0,014
Na	23	He	0,30
Mg	24	He	0,25
Al	27	He	0,095
K	39	He	0,82
Ca	44	He	1,4
Ti	47	He	0,032
V	51	He	0,004
Cr	52	He	0,004
Mn	55	He	0,003
Fe	56	He	0,063
Co	59	He	0,001
Ni	60	He	0,018
Cu	63	He	0,006
Zn	66	He	0,022
As	75	He	0,007
Se	78	He	0,11
Sr	88	He	0,005
Mo	95	He	0,002
Ag	107	He	0,002
Cd	111	He	0,002
Sn	118	He	0,006
Sb	121	He	0,003
Te	125	He	0,056
Ba	137	He	0,006
Hg	202	He	0,005
Tl	205	He	0,0006
Pb*	*	He	0,0004
Th	232	He	0,001
U	238	He	0,0003

*El Pb se midió como la suma de los tres isótopos más abundantes, 206, 207 y 208.

Evaluación del rendimiento de la dilución mediante CRM

Los dos CRM de aguas residuales (ERM CA713 y CWW-TM-C) se utilizaron en este estudio para evaluar el rendimiento de dilución del ADS 2 en términos de precisión y recuperación. Se analizaron alícuotas duplicadas de cada CRM durante la secuencia, y se calcularon la concentración media y las recuperaciones para los analitos, como se resume en la Tabla 5.

Inicialmente, la concentración medida de Cu en el CRM de aguas residuales ERM CA713 sin diluir estaba por encima del intervalo de calibración, por lo que el ADS 2 realizó automáticamente una dilución reactiva 10x de la muestra. Las concentraciones medidas de la mayoría de los analitos certificados en el CRM de aguas residuales CA713 fueron excelentes, con recuperaciones de los elementos certificados que oscilaron entre el 97 y el 103 % y dentro del intervalo aceptable (incertidumbre). Solo el resultado medido para el Hg quedó ligeramente fuera del intervalo de concentración aceptable, pero dentro de un margen de $\pm 10\%$, lo que se considera aceptable para un método de calibración externa.³

Para el CRM de aguas residuales CWW-TM-C, se activó una autodilución reactiva 10x por ADS 2 para todos los analitos de interés, ya que las concentraciones medidas iniciales estaban fuera del intervalo de calibración. Como se muestra en la Tabla 5, se alcanzaron recuperaciones entre el 100 y el 106% para todos los analitos de interés, lo que confirma la precisión del 7900 ICP-MS con el método de autodilución ADS 2.

Tabla 5. Resultados cuantitativos de dos CRM de aguas residuales mediante el ICP-MS Agilent 7900 con ADS 2.

Analito	ERM-CA713				CWW-TM-C		
	Valor certificado (ppb)	Incertidumbre (ppb)	Conc. medida (ppb)	Recuperación (%)	Valor certificado (ppb)	Conc. medida (ppb) [#]	Recuperación (%)
9 Be	NA				150	151	101
11 B	NA				500	504	101
27 Al	NA				500	518	104
51 V	NA				500	501	100
52 Cr	20,9	1,3	21,0	100	500	531	106
55 Mn	95	4	93	98	500	527	105
56 Fe	445	27	433	97	500	507	101
59 Co	NA				500	507	101
60 Ni	50,3	1,4	51,6	103	500	512	102
63 Cu	101	7	101 [#]	100	500	526	105
66 Zn	78	NA	77	99	500	529	106
75 As	10,8	0,3	10,5	97	150	158	105
78 Se	4,9	1,1	4,8	98	150	155	103
88 Sr	NA				500	502	100
95 Mo	NA				500	523	105
107 Ag	NA				150	153	102
111 Cd	5,09	0,2	5,24	103	150	152	101
121 Sb	NA				150	153	102
137 Ba	NA				500	512	102
202 Hg	1,84	0,11	1,99	108	10	9,98	100
205 Tl	NA				150	152	102
Pb*	49,7	1,7	51,2	103	500	519	104

NA=no aplicable. *El Pb se midió como la suma de los tres isótopos más abundantes, 206, 207 y 208. [#]Concentraciones medidas tras autodilución reactiva 10x por el ADS 2.

Evaluación del rendimiento de la dilución utilizando aguas residuales enriquecidas

También se utilizó una muestra real de aguas residuales para evaluar el rendimiento del ADS 2. Siguiendo las directrices del método EPA 6020B³ se realizó una prueba de recuperación de matrices adicionadas tomando tres lecturas repetidas de tres preparaciones técnicas del agua residual enriquecida. Las concentraciones pico de cada analito en la muestra de aguas residuales figuran en la Tabla 6.

Como la concentración medida de Na, K y Ca en las aguas residuales originales era relativamente alta, se utilizó un pico de alta concentración. Para los elementos que se midieron por encima del intervalo de calibración, el ADS 2 realizó automáticamente una dilución reactiva 10x. Los resultados cuantitativos se incluyen en la Tabla 6.

La precisión de la etapa de dilución reactiva se calculó dividiendo la concentración medida tras la dilución reactiva 10x de las aguas residuales por la concentración medida en las aguas residuales sin diluir.

Como se muestra en la Tabla 6, se alcanzaron recuperaciones del 97 al 110 % para los analitos con concentraciones relativamente altas en la muestra de aguas residuales, incluyendo B, Na, Mg, Al, K, Ca, Mn, Fe, Zn, Sr y Ba. Además, se midió un blanco de preparación entre las muestras de aguas residuales y no se detectó ningún arrastre. Esta observación indica que el poslavado (aclorado) del ADS 2 limpió eficazmente el sistema.

En la prueba de recuperación de matrices adicionadas, la mayoría de los elementos se recuperaron dentro del 100 ± 10 %, mientras que las recuperaciones de los elementos de mayor concentración, Na, Mg, Ca, Mn y Zn, oscilaron entre el 85 y el 88 %. Las recuperaciones de picos para todos los analitos cumplieron los requisitos de la EPA 6020B de 100 ± 25 %, confirmando la idoneidad del método de autodilución. La precisión (%RSD) de las recuperaciones fue ≤ 4 %, lo que demuestra la excelente reproducibilidad, estabilidad y fiabilidad del ICP-MS 7900 con ADS 2.

Tabla 6. Resultados cuantitativos de una muestra real de aguas residuales medida con el ICP-MS Agilent 7900 con ADS 2.

Analito	Muestra real de aguas residuales					
	Conc medida sin dilución (ppb)	Conc medida con dilución reactiva 10x (ppb)	Precisión de la dilución reactiva (%)	Concentración de marcador (ppb)	Recuperación de la adición (%)	RSD (%) (n = 3)
9 Be	<MDL	NA		10	109	2,4
11 B	55,4	56,7	102	40	108	3,8
23 Na	42900	47000	109	50000	86	1,3
24 Mg	1360	1490	110	1000	87	1,3
27 Al	12,6	13,1	104	10	92	1,4
39 K	14200	15300	108	25000	93	1,0
44 Ca	14600	15200	104	25000	85	0,4
47 Ti	0,37	NA		10	96	1,0
51 V	0,28	NA		10	93	1,0
52 Cr	0,23	NA		10	92	1,0
55 Mn	19,7	21,5	109	10	85	2,0
56 Fe	60,1	58,2	97	1000	93	0,5
59 Co	0,07	NA		10	98	0,3
60 Ni	1,21	NA		10	93	0,3
63 Cu	5,57	NA		10	94	1,0
66 Zn	23,1	22,6	98	10	88	1,5
75 As	2,27	NA		10	104	0,2
78 Se	0,31	NA		10	109	1,7
88 Sr	32,7	34,3	105	20	100	1,5
95 Mo	0,38	NA		10	98	0,4
107 Ag	0,03	NA		10	106	2,3
111 Cd	0,01	NA		10	104	0,5
118 Sn	0,26	NA		10	96	0,5
121 Sb	0,40	NA		10	103	0,3
125 Te	<MDL	NA		10	112	1,7
137 Ba	15,2	15,41	102	10	95	2,5
202 Hg	0,03	NA		0,5	97	0,6
205 Tl	0,01	NA		10	100	0,1
Pb*	0,02	NA		10	100	0,1
232 Th	0,01	NA		10	96	0,7
238 U	0,001	NA		10	98	0,5

*El Pb se midió como la suma de los tres isótopos más abundantes, 206, 207 y 208.

Estabilidad a largo plazo

Se investigó la estabilidad a largo plazo del ICP-MS 7900 con el sistema de autodilución ADS 2 basándose en las recuperaciones de la verificación de calibración continua (CCV) y los PI. El patrón de CCV se preparó mediante el ADS 2, que diluyó una solución madre mezclada por un factor de 20. La solución madre mezclada fue la misma que la utilizada para preparar los patrones de calibración. El patrón CCV estaba compuesto por 1 ppm de Ca, Na, Mg, K y Fe, 0,5 ppb de Hg y 10 ppb para todos los demás elementos, lo que equivalía al patrón de calibración de nivel 5. La norma CCV se midió después de cada 10 muestras de aguas residuales durante más de ocho horas. Se calcularon las recuperaciones de todos los analitos para las 14 mediciones del CCV y se presentaron como un gráfico de estabilidad, tal como se muestra en la Figura 3. Todas las recuperaciones estuvieron dentro del $100 \pm 10\%$, cumpliendo los criterios de la EPA 6020 y demostrando la estabilidad del ICP-MS 7900 con ADS 2 durante una serie continua de más de ocho horas.

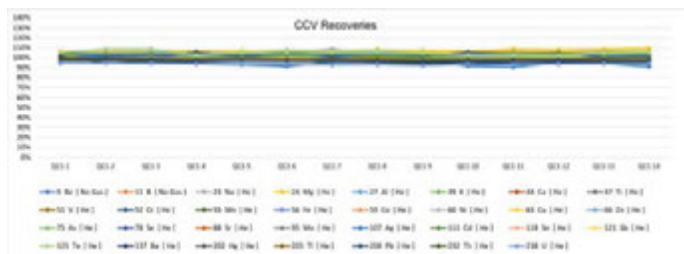


Figura 3. Recuperaciones de CCV durante más de ocho horas de medición continua de muestras de aguas residuales.

También se controló la estabilidad del PI en el mismo lote de muestras durante más de ocho horas. Como se muestra en la Figura 4, las recuperaciones de PI estuvieron dentro del $100 \pm 20\%$, lo que demuestra la excelente robustez y tolerancia a diferentes matrices del ICP-MS 7900. Las pruebas de estabilidad confirman que el método de autodilución ICP-MS puede realizar largas series analíticas típicas de los laboratorios de rutina.

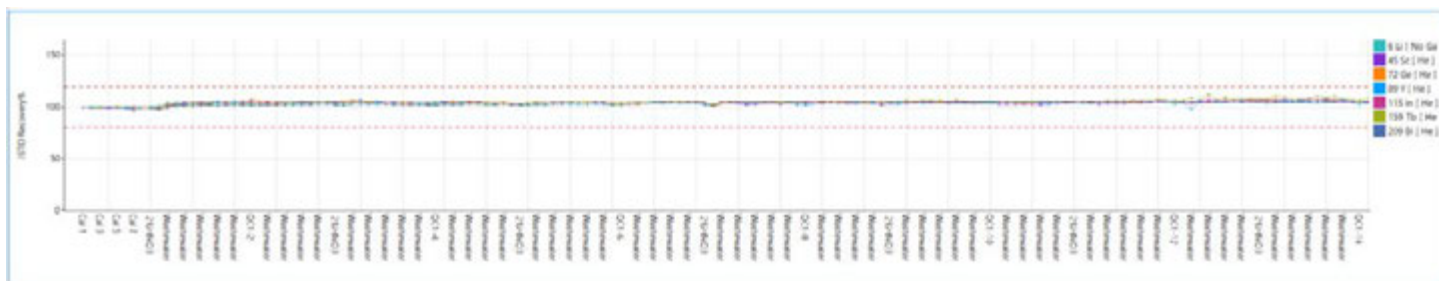


Figura 4. Estabilidad PI durante más de ocho horas de medición de las aguas residuales. Las líneas de puntos rojas muestran los límites de control de $\pm 20\%$.

Conclusión

Se evaluó el rendimiento analítico del ICP-MS Agilent 7900 equipado con el diluidor automático ADS 2 Agilent en cuanto a precisión de calibración, recuperación de elementos certificados en dos CRM de aguas residuales y un análisis de matrices adicionadas de aguas residuales reales.

La autocalibración de ADS 2 demostró una excelente linealidad para todo el conjunto elemental. Los resultados cuantitativos de los dos CRM de aguas residuales y de la muestra de aguas residuales enriquecida cumplieron los criterios aceptables de recuperación del método de la Agencia de Protección del Medio Ambiente, tras la dilución reactiva por el ADS 2. Las pruebas de recuperación confirmaron la precisión del método ICP-MS 7900 y las capacidades de dilución inteligente del sistema ADS 2.

La robustez y reproducibilidad del método de autodilución durante más de ocho horas de mediciones continuas quedó demostrada por las recuperaciones de CCV y PI dentro de los límites especificados en el método 6020 de la EPA.

El sistema de autodilución ICP-MS Agilent totalmente integrado ofrece a los laboratorios un protocolo automatizado rápido, inteligente y duradero para el análisis diario de una amplia variedad de tipos de muestras. Mediante la automatización de algunas tareas que requieren mucho trabajo, como la preparación de patrones de calibración, la dilución de muestras y la dilución de muestras fuera de intervalo, los laboratorios pueden acortar el tiempo de procesamiento de la muestra, lo que se traduce en un aumento de la productividad a largo plazo.

Referencias

1. Sistema de dilución avanzado Agilent (ADS 2) – Descripción técnica, publicación de Agilent, [5994-7211EN](#)
2. EPA Method 200.8 Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, Revisión 5.4, EMMC Version, consultado en enero de 2024, [EPA Method 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry | EPA de EE. UU.](#)
3. Método 6020B de la EPA Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS), Revisión 2, Julio 2014, consultado en enero de 2024, [EPA Method 6020B \(SW-846\): Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry | US EPA](#)

Información relacionada

Yamashita, R., Automated Analysis of Low-to-High Matrix Environmental Samples Using a Single ICP-MS Method, Agilent publication, [5994-7114EN](#)

Riles, P., Productive Analysis of High Matrix Samples using ICP-MS with Advanced Dilution System, publicación de Agilent, [5994-7232EN](#)

Lista de consumibles

Tipo de producto	Número de referencia de Agilent	Descripción
Loop de muestra para AVS MS/ADS 2	5005-0425	1,50 ml 1,00 mm de d. i. 1 paq.
Kits de botellas	5005-0435	Kit de botella diluyente/portador de 6 l, incluye una lata de 6 l, tapón StaySafe GL45, conectores y válvula de venteo
	5005-0436	Kit de botella de diluyente de PFA de 2 l para ICP-MS, incluye botella de PFA de 2 l, tapón StaySafe GL45, conectores y válvula de ventilación
	5005-0437	Kit de contenedor de residuos, incluye un depósito de residuos de 10 l, tapón StaySafe S60, conectores y filtro de vapor ácido
Kits de tubos de AVS	G8411-68202	Kit preconfigurado AVS MS
Kits de tubos ADS 2	5005-0106	Kit de tubos ADS 2, montaje de la válvula C, 2/paq.
	5005-0107	Kit de tubos ADS 2, Válvula C - Bomba AVS MS, 1/paq.
	5005-0182	Kit de tubos ADS 2, Válvula C - Válvula AVS MS, 1/paq.
	5005-0102	Kit de tubos ADS 2, Montaje de la válvula B, 4/paq.
	5005-0103	Kit de tubos ADS 2, Válvula A - Válvula C, 1/paq.
	5005-0105	Kit de tubos ADS 2, Portador/Diluyente, 2/paq.
	G8457-68004	Kit de tubos ADS 2, Válvula A - Válvula AVS MS, 1/paq.

www.agilent.com/chem/7900icpms

DE26776971

Esta información está sujeta a cambios sin previo aviso.