



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

CONSECUTIVO INFORME:	124
TITULO DEL INFORME:	OPTIMIZACIÓN DEL MÉTODO DETERMINACIÓN DE METALES EN AGUA POR ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN ATÓMICA POR PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE (ICP-OES)

TABLA DE CONTENIDO

1.	OBJETIVO	1
2.	INTRODUCCIÓN.....	1
3.	CONTENIDO	1
	Mezcla SIC I (interferentes mayores).....	4
	Mezcla SIC II.....	4
	Mezcla SIC III.....	4
4.	CONCLUSIONES.....	16

1. OBJETIVO

Comprobar y optimizar el método para la determinación de metales totales y metales disueltos en agua por ICP, utilizando el equipo iCAP PRO-XP duo y conforme a los requisitos de la norma EPA en sus métodos 200.7 y 6010D bajo los lineamientos de la norma ISO/IEC 17025; demostrando selectividad, selección de longitud de onda óptima, modos de análisis y aplicación de corrección de interferencias.

2. INTRODUCCIÓN

La optimización del método previo a la validación es fundamental para asegurar que la configuración del software y el hardware Qtegra están alineados para mitigar el ruido de fondo y asegurar la mejor resolución; además de garantizar condiciones de operación estables y una respuesta adecuada del sistema frente a los analitos de interés.

En este trabajo se evaluaron aspectos como la selección de líneas analíticas, revisión de interferencias, ajuste instrumental (parámetros de funcionamiento) desarrollando un diseño factorial 2³ y modos de análisis.

3. CONTENIDO

3.1. Selección y verificación de longitudes de onda

La selección de longitud de onda en el software Qtegra es sencilla e intuitiva; el software reconoce y clasifica automáticamente las longitudes de onda con menor interferencia y señal más fuerte para ser escogida por el analista. Se realizó una matriz de longitudes de onda que



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

relacionara las tres principales líneas de emisión para cada analito con sus respectivos interferentes.

Para el análisis se escogieron 3 líneas de emisión por analito; se corrieron soluciones monoelemento para evaluar la intensidad obtenida en una solución de concentración media, cómo criterio de aceptación se calculó la relación S/N para definir la línea más optima. (ver anexo 1 matriz de longitudes de onda)

A continuación, se detalla la longitud de onda para cada analito resultante del primer ensayo de selección.

Tabla 1 Selección de longitud de onda:

MATRIZ DE LONGITUDES DE ONDA				
Analito	λ (nm)	Intensidad relativa	Intensidad exp analito	Mejor Relación S/N
Li	670.791	12000000	416334	99127.14
Na	589.592	500000	3457	3841.11
K	766.490	90000	914.5	435.48
Be	313.042	40000000	289947	126063.91
Mg	280.270	15000000	19519	39038.00
Ca	396.847	30000000	175490	62675.00
Ba	455.403	15000000	294735.7	184209.81
V	292.402	1800000	8334	3968.57
Cr	267.716	1000000	4209.5	10523.75
Mo	281.615	400000	2929.5	5859.00
Mn	260.569	7000000	23552.6	235526.00
Fe	259.940	2000000	1860.3	3720.60
Co	228.616	1000000	3536.3	8840.75
Ni	221.647	600000	2556.2	3651.71
Cu	327.396	3000000	3354	6708.00
Ag	328.068	1500000	1764.9	840.43



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

MATRIZ DE LONGITUDES DE ONDA				
Zn	202.548	1000000	11880.2	19800.33
Cd	226.502	1500000	11021.2	55106.00
Hg	184.950	360000	500.2	1667.33
B	249.773	4000000	5466.3	6832.88
Al	167.079	1825000	5915.2	11830.40
Sn	189.989	150000	484.4	692.00
Pb	220.353	120000	788.9	1314.83
As	189.042	150000	282.8	707.00
Sb	217.581	180000	334.2	557.00
Se	196.090	100000	153.1	1531.00
Sr	421.552	15000000	338708.9	307917.18

3.2. Estudio de interferencias espectrales

Se prepararon soluciones individuales (monoelemento) para cada uno de los analitos utilizando estándares MRC de 1000 mg/l y 10000 mg/L.

Tabla 2 soluciones monoelemento:

METALES	[mg/L] SOLUCIÓN SIC MONOELEMENTO
As, Ba, Cr, Cu, Mn, Zn, Se, Ni, Mo, Cd, B, Pb, Co, V, Sr, Sb, Li, Be	1,0 mg/L
Al, Fe, Mg	2,0 mg/L
Ca, Na, K	6,0 mg/L
Ag	0,3 mg/L

Se analizaron las soluciones para evaluar en el software el pico gaussiano y comprobar que no existan hombros o solapamientos adyacentes.



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

Posteriormente se preparan soluciones mix a altas concentraciones con los principales interferentes.

Mezcla SIC I (interferentes mayores)

- Aluminio (Al) 200 mg/L
- Hierro (Fe) 1000 mg/L
- Magnesio (Mg) 200 mg/L

Mezcla SIC II

- Calcio (Ca) 200 mg/L
- Sodio (Na) 200 mg/L
- Potasio (K) 200 mg/L

Mezcla SIC III

- Cromo (Cr) 20mg/L
- Cobalto (Co) 20mg/L
- Cobre (Cu) 20mg/L
- Manganeseo (Mn) 20mg/L
- Níquel (Ni) 20mg/L
- Vanadio (V) 20mg/L
- Antimonio (Sb) 1mg/L
- Arsénico (As) 1mg/L
- Berilio (Be) 1mg/L
- Cadmio (Cd) 1mg/L
- Plomo (Pb) 1 mg/L
- Plata (Ag) 0,3 mg/L
- Talio (Tl) 1mg/L
- Zinc (Zn) 1 mg/L
- Boro (B) 1mg/L
- Estroncio (Sr) 1mg/L
- Litio (Li) 1 mg/L
- Bario (Ba) 1mg/L
- Selenio (Se) 1 mg/L



Se corrió cada una de las soluciones mix con el objetivo de confirmar que no existan hombros o solapamientos en los picos gaussianos de cada analito.

INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

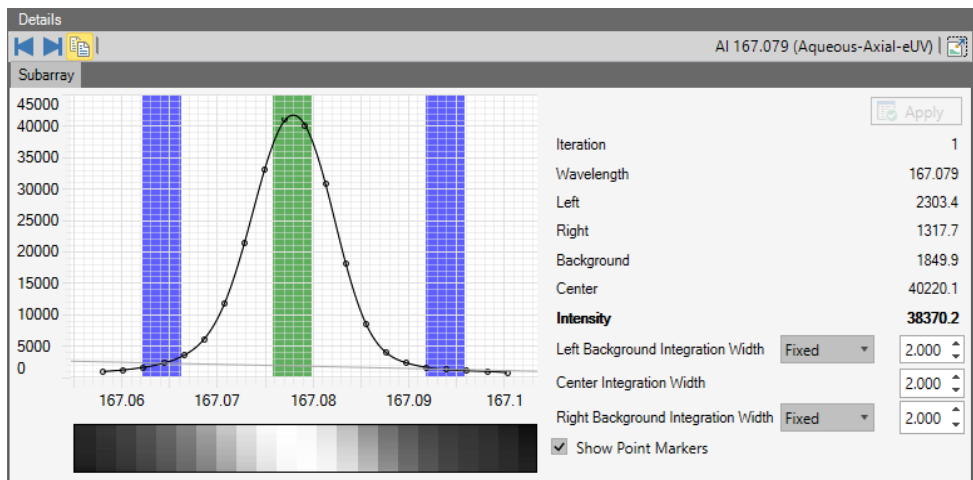


Ilustración 1 Pico de Al en mezcla SIC 1

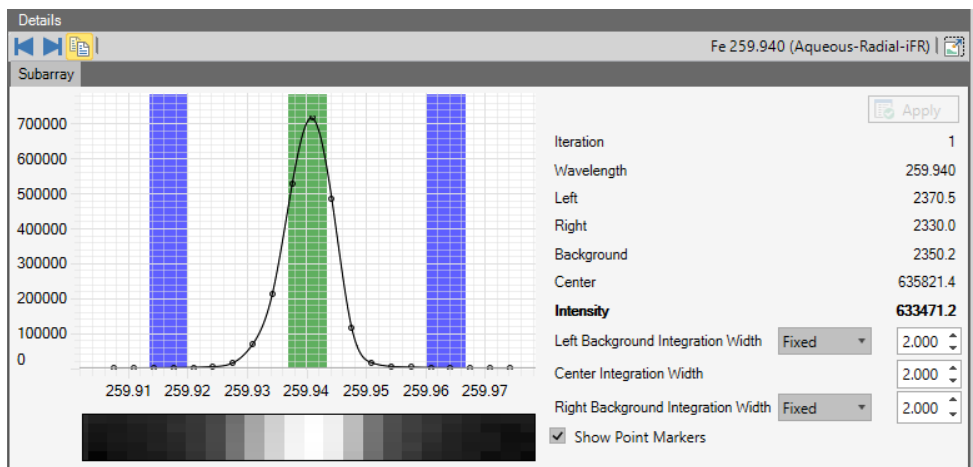


Ilustración 2 Pico Fe en mezcla SIC 1

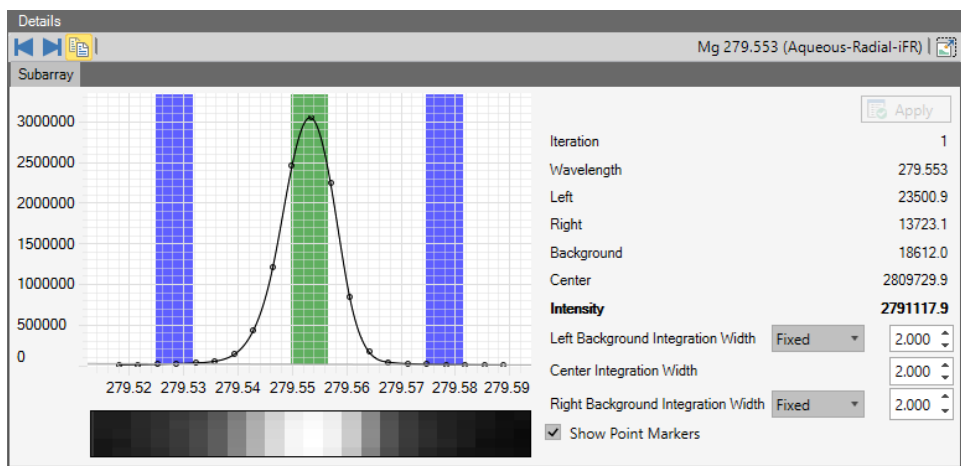


Ilustración 3 Pico Mg en mezcla SIC 1

Como se puede evidenciar, los tres componentes de la mezcla SIC 1 no presentan interferencias espectrales a simple vista. Se realizó el mismo ejercicio para las otras dos mezclas SIC. (ver anexo datos de corrida mezclas SIC)



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

3.3. Optimización de parámetros de plasma y muestreo

El diseño factorial nos permitirá identificar los efectos principales de cada parámetro y las interacciones entre ellos. Se realizarán las corridas en orden aleatorio para evitar sesgo por deriva instrumental.

Factor	Parámetro	Nivel bajo (-)	Nivel alto (+)
A	Potencia RF	1150 W	1350 W
B	Flujo de gas nebulizador	0,5 L/min	0,80 L/min
C	Velocidad de la bomba	40 rpm	60 rpm

Se incluyeron puntos centrales o niveles medios por triplicado para estimar el error experimental.

Corrida	A (Potencia RF)	B (Nebulizador)	C (bomba)
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

Se analizaron los datos con un tratamiento estadístico (ANOVA) que encontró los efectos principales de las interacciones analizadas.

Metal	Factor	Efecto	% Contribución
Al	A	3,181.2250	7.32%
	B	-11,205.1750	90.84%
	C	295.6750	0.06%
	AB	-1,484.6250	1.59%
	AC	54.0250	0.00%
	BC	-477.3750	0.16%
	ABC	-112.7250	0.01%
As	A	46.3500	11.23%
	B	-130.1000	88.47%



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

Metal	Factor	Efecto	% Contribución
	C	2.1500	0.02%
	AB	2.6500	0.04%
	AC	-0.1000	0.00%
	BC	-6.7500	0.24%
	ABC	-0.5000	0.00%
Sn	A	64.9000	11.36%
	B	-180.8000	88.13%
	C	4.1500	0.05%
	AB	-9.0000	0.22%
	AC	1.1500	0.00%
	BC	-9.2500	0.23%
	ABC	-2.0500	0.01%
Hg	A	32.5500	6.99%
	B	-117.5500	91.19%
	C	10.0500	0.67%
	AB	-7.6000	0.38%
	AC	0.7000	0.00%
	BC	-10.8000	0.77%
	ABC	-0.4500	0.00%
Se	A	28.4250	28.34%
	B	-44.3750	69.07%
	C	0.9750	0.03%
	AB	7.6250	2.04%
	AC	0.2750	0.00%
	BC	-3.8250	0.51%
	ABC	-0.0250	0.00%
Mo	A	279.4000	15.99%
	B	-637.4000	83.24%
	C	13.4500	0.04%
	AB	40.8000	0.34%
	AC	0.7500	0.00%
	BC	-43.7500	0.39%
	ABC	-1.0500	0.00%
Zn	A	687.6250	13.73%
	B	-1,713.6750	85.26%
	C	28.9250	0.02%
	AB	136.2250	0.54%
	AC	14.2250	0.01%
	BC	-123.4750	0.44%
	ABC	-14.3750	0.01%



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

Metal	Factor	Efecto	% Contribución
Sb	A	50.4250	40.13%
	B	-57.0750	51.42%
	C	4.0750	0.26%
	AB	21.6250	7.38%
	AC	0.4750	0.00%
	BC	-7.1250	0.80%
	ABC	0.3750	0.00%
Pb	A	97.1750	13.08%
	B	-249.4750	86.22%
	C	8.0750	0.09%
	AB	-16.0250	0.36%
	AC	1.8250	0.00%
	BC	-13.1250	0.24%
	ABC	-1.8750	0.00%
Cd	A	764.0750	17.15%
	B	-1,661.6750	81.13%
	C	14.0750	0.01%
	AB	201.0750	1.19%
	AC	1.1250	0.00%
	BC	-132.4250	0.52%
	ABC	-13.4750	0.01%
Ni	A	291.7000	12.50%
	B	-770.3500	87.18%
	C	17.5000	0.04%
	AB	-11.7500	0.02%
	AC	4.8000	0.00%
	BC	-41.3500	0.25%
	ABC	-6.0500	0.01%
Co	A	133.5750	59.65%
	B	-58.2750	11.35%
	C	-48.7750	7.95%
	AB	-61.0750	12.47%
	AC	-23.1750	1.80%
	BC	44.3750	6.58%
	ABC	7.6750	0.20%
B	A	766.3250	16.41%
	B	-1,695.9750	80.39%
	C	24.9750	0.02%
	AB	309.8750	2.68%
	AC	60.5250	0.10%



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

Metal	Factor	Efecto	% Contribución
	BC	-106.3750	0.32%
	ABC	-52.6250	0.08%
Mn	A	5,014.4750	14.71%
	B	-11,914.8250	83.07%
	C	-93.9250	0.01%
	AB	1,658.1750	1.61%
	AC	502.1750	0.15%
	BC	-701.8250	0.29%
	ABC	-539.6250	0.17%
Fe	A	2,344.0500	26.79%
	B	-3,618.2000	63.82%
	C	-10.9500	0.00%
	AB	1,223.2500	7.30%
	AC	117.8000	0.07%
	BC	-640.3500	2.00%
	ABC	-72.6000	0.03%
Mg	A	9,503.1500	24.90%
	B	-15,593.5500	67.04%
	C	-328.9500	0.03%
	AB	4,685.2500	6.05%
	AC	347.1500	0.03%
	BC	-2,638.3500	1.92%
	ABC	-283.2500	0.02%
Cr	A	1,082.7750	13.81%
	B	-2,677.6250	84.45%
	C	-13.8250	0.00%
	AB	316.9750	1.18%
	AC	109.2750	0.14%
	BC	-146.3250	0.25%
	ABC	-115.4250	0.16%
V	A	1,507.5750	12.99%
	B	-3,834.3750	84.01%
	C	-125.4750	0.09%
	AB	664.2750	2.52%
	AC	149.1750	0.13%
	BC	-169.7750	0.16%
	ABC	-129.1250	0.10%
Be	A	39,027.4500	10.61%
	B	-112,968.8000	88.88%
	C	1,298.4500	0.01%



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

Metal	Factor	Efecto	% Contribución
	AB	4,222.7000	0.12%
	AC	2,875.1500	0.06%
	BC	-5,963.7000	0.25%
	ABC	-3,258.2000	0.07%
Cu	A	750.0250	20.09%
	B	1,340.6750	64.21%
	C	92.9250	0.31%
	AB	639.2250	14.60%
	AC	122.8750	0.54%
	BC	-34.1750	0.04%
	ABC	-77.4250	0.21%
Ag	A	243.4250	52.86%
	B	-179.0250	28.59%
	C	-4.1750	0.02%
	AB	138.6750	17.15%
	AC	14.0250	0.18%
	BC	-36.8250	1.21%
	ABC	-1.8250	0.00%
Ca	A	68,379.3000	13.06%
	B	160,913.8000	72.30%
	C	4,289.8000	0.05%
	AB	68,970.5500	13.28%
	AC	11,987.2500	0.40%
	BC	-16,241.4500	0.74%
	ABC	7,929.6000	0.18%
Sr	A	30,302.6750	46.12%
	B	19,868.5750	19.83%
	C	370.4750	0.01%
	AB	25,356.7750	32.30%
	AC	5,209.0750	1.36%
	BC	-1,746.7250	0.15%
	ABC	-2,139.6250	0.23%
Ba	A	28,398.0500	20.79%
	B	48,781.2500	61.35%
	C	2,499.4000	0.16%
	AB	25,607.3000	16.91%
	AC	4,754.7500	0.58%
	BC	-1,915.8500	0.09%
	ABC	-2,137.9000	0.12%
	A	-2,310.9500	2.86%



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

Metal	Factor	Efecto	% Contribución
Na	B	13,087.5000	91.85%
	C	2,130.6000	2.43%
	AB	-1,384.9000	1.03%
	AC	-196.6000	0.02%
	BC	1,813.1500	1.76%
	ABC	-255.8500	0.04%
Li	A	-2,766.3000	0.04%
	B	138,999.2500	98.91%
	C	1,749.8500	0.02%
	AB	10,740.4000	0.59%
	AC	4,934.5000	0.12%
	BC	7,009.7500	0.25%
	ABC	-3,657.9000	0.07%
K	A	-110.6500	1.17%
	B	982.4500	92.38%
	C	194.7000	3.63%
	AB	-91.1500	0.80%
	AC	-2.4000	0.00%
	BC	144.8000	2.01%
	ABC	-14.3000	0.02%

Tras el análisis ANOVA del diseño 2³ se determinó que el flujo de gas nebulizador es el parámetro con mayor impacto estadístico en la mayoría de los metales analizados. Un cambio en el flujo altera drásticamente la eficiencia de la nebulización y el transporte de la muestra al plasma.

La potencia RF evidencia una relación directa con la sensibilidad para elementos de alto potencial de ionización. En el diseño analizado pasar del nivel bajo al alto incrementa la temperatura del plasma mejorando la señal de analitos como As y Cd.

Respecto a la velocidad de la bomba; el efecto es menor comparado con el gas nebulizador, sin embargo, una velocidad muy alta puede enfriar el plasma por sobrecarga.

Análisis de interacciones

La interacción potencia RF (A) y Gas nebulizador (B) es la más crítica; basado en datos de funcionamiento del equipo a potencias altas, el sistema tolera flujos de gas ligeramente mayores sin apagar el plasma.

La combinación óptima para la mayoría de los metales se encuentra en el nivel alto de potencia y nivel medio-bajo de flujo de gas.

(Ver anexo análisis estadístico ANOVA)

3.4. Evaluación de la respuesta en eUV (extended Ultra-Violet)



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

Se midió la respuesta en el rango ultravioleta, generalmente por debajo de los 190 nm hasta los 240 nm para evaluar la mejor respuesta frente al análisis en modo iFR (intelligent full range). Se analizó la relación S/N para las intensidades obtenidas en ambos modos de análisis; como criterio de aceptación se escogió la mejor relación y se estableció analizar en iFR o eUV.

La evaluación para determinar la mejor respuesta (eUV o iFR) se hizo con las longitudes de onda clasificadas en el primer ensayo (determinación de la mejor longitud de onda comparando la relación señal/fondo entre tres opciones). Los analitos que se sometieron a evaluación eUV fueron:

EVALUACIÓN DE LA SEÑAL EN eUV e iFR					
Analito	λ (nm)	Intensidad exp analíto	Relación S/N iFR	Relación S/N eUV	Observaciones
Ni	221.647	2556.2	3651.71	8327.00	Mejor relación en eUV
Zn	202.548	11880.2	19800.33	5205.75	Mejor relación en iFR
Hg	184.950	500.2	1667.33	894.00	Mejor relación en iFR
Al	167.079	5915.2	11830.40	3030.0	Mejor relación en iFR
Sn	189.989	484.4	692.00	675.00	Mejor relación en iFR
Pb	220.353	788.9	1314.83	2341.00	Mejor relación en eUV
As	189.042	282.8	707.00	675.00	Mejor relación en iFR
Sb	217.581	334.2	557.00	2539.00	Mejor relación en eUV
Se	196.090	153.1	1531.00	1216.00	Mejor relación en iFR

Los analitos que evidenciaron mejor relación S/N en Euv son Niquel, plomo y antimonio; los otros metales se analizarán en modo iFR.

3.5. Análisis de mix de calibración

Se definieron los grupos de analitos para las curvas de calibración, se establecieron 4 grupos o mix y se prepararon soluciones concentradas, simulando el que será el punto más alto de la curva de calibración y soluciones de baja concentración simulando el límite de cuantificación.

Mix 1 (Alcalinos)						
Ca	Na	Mg	K	Al	Sr	Li



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

Para el mix 1 de alcalinos se preparó una solución de 30 mg/L y una solución de baja concentración de 0,02 mg/L.

Mix 2				
As	Se	V	Sb	Hg

Mix 3													
Fe	Cr	Co	Cu	Mn	Ni	Be	Cd	Pb	Zn	B	Ba	Sn	Mo

Para el mix 2 y 3 se preparó una solución de 2,0 mg/L como estándar alto y una solución límite de 0,02 mg/L.

Mix 4
Ag

Para la solución de Ag se preparó de 0,3 mg/L como estándar alto y 0,02 mg/L como límite. Se estableció que el metal plata (Ag) se va a calibrar de forma individual sin ningún mix para evitar su precipitación al mezclarse con estándares preservados en HCl.

Se corrieron en el ICP y se calcularon parámetros como intensidad neta, sensibilidad en estándar alto, relación señal fondo, sensibilidad en estándar bajo y la relación de sensibilidad entre ambos estándares que nos permite definir si la línea de análisis escogida para cada analito es óptima para analizar en altas concentraciones como en el límite. Todas las líneas analizadas presentan una relación de sensibilidad por encima del 97% respecto a los dos estándares.

ANALÍTO	$\bar{x}$ intensidad analito STD ALTO	$\bar{x}$ intensidad BCO	Sensibilidad STD ALTO	Señal / fondo (SBR)	BEC	$\bar{x}$ intensidad analito STD BAJO	Sensibilidad STD BAJO	Relación de Sensibilidad (%)	Señal /Ruido (S/N)
Al 167.079 (Aqueous Radial-iFR)	19539.53	1.60	651.26	12211.21	0.0025	29.90	0.94	99.8552	141.50
Hg 184.950 (Aqueous- Axial-iFR)	659.37	0.10	329.63	6592.67	0.0003	8.40	4.15	98.7410	20.75
As 189.042 (Aqueous- Axial-iFR)	365.30	-2.00	183.65	-183.65	-0.0109	2.23	2.12	98.8474	14.11



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

ANALÍTO	$\bar{x}$ intensidad analito STD ALTO	$\bar{x}$ intensidad BCO	Sensibilidad STD ALTO	Señal / fondo (SBR)	BEC	$\bar{x}$ intensidad analito STD BAJO	Sensibilidad STD BAJO	Relación de Sensibilidad (%)	Señal /Ruido (S/N)
Sn 189.989 (Aqueous- Axial-iFR)	455.10	0.10	227.50	4550.00	0.0004	4.67	2.28	98.9963	22.83
Se 196.090 (Aqueous- Axial-iFR)	214.83	0.40	107.22	536.08	0.0037	2.93	1.27	98.8186	12.67
Zn 202.548 (Aqueous- Axial-iFR)	4911.27	1.20	2455.03	4091.72	0.0005	58.30	28.55	98.8371	190.33
Sb 217.581 (Aqueous- Axial-eUV)	392.77	0.10	196.33	3926.67	0.0005	2.83	1.37	99.3039	27.33
Pb 220.353 (Aqueous- Axial-eUV)	651.80	0.20	325.80	3258.00	0.0006	6.87	3.33	98.9769	22.22
Ni 221.647 (Aqueous- Axial-eUV)	1737.23	0.10	868.57	17371.33	0.0001	15.93	7.92	99.0885	158.33
Cd 226.502 (Aqueous- Axial-iFR)	5508.43	5.20	2751.62	1058.31	0.0019	54.87	24.83	99.0975	165.56
Co 228.616 (Aqueous- Axial-iFR)	5143.33	1.80	2570.77	2856.41	0.0007	51.20	24.70	99.0392	164.67
B 249.773 (Aqueous- Axial-iFR)	7498.20	4.40	3746.90	1703.14	0.0012	158.40	77.00	97.9450	42.78
Fe 259.940 (Aqueous- Axial-iFR)	1548.97	1.20	773.88	1289.81	0.0016	18.30	8.55	98.8952	5.34
Mn 260.569 (Aqueous- Axial-iFR)	46843.63	2.10	23420.77	22305.49	0.0001	476.77	237.33	98.9867	1582.22
Cr 267.716 (Aqueous- Axial-iFR)	10053.97	0.40	5026.78	25133.92	0.0001	146.90	73.25	98.5428	732.50
Mg 280.270 (Aqueous- Radial-iFR)	672622.73	28.90	22419.79	23273.14	0.0013	700.67	22.39	99.9001	1343.53



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

ANALÍTO	$\bar{x}$ intensidad analito STD ALTO	$\bar{x}$ intensidad BCO	Sensibilidad STD ALTO	Señal / fondo (SBR)	BEC	$\bar{x}$ intensidad analito STD BAJO	Sensibilidad STD BAJO	Relación de Sensibilidad (%)	Señal /Ruido (S/N)
Mo 281.615 (Aqueous- Axial-iFR)	1986.43	0.23	993.10	8606.88	0.0002	20.33	10.05	98.9879	8.38
V 292.402 (Aqueous- Axial-iFR)	5,886.8	4.00	2941.40	1470.70	0.0014	53.9	24.95	99.1518	83.17
Be 313.042 (Aqueous- Axial-iFR)	353882.97	127.20	176877.88	2781.10	0.0007	3642.87	1757.83	99.0062	450.73
Cu 327.396 (Aqueous- Axial-iFR)	7538.47	7.60	3765.43	990.90	0.0020	169.70	81.05	97.8475	405.25
Ag 328.068 (Aqueous- Axial-iFR)	871.37	3.50	2892.89	247.96	0.0012	53.93	168.11	94.1888	31.52
Ca 396.847 (Aqueous- Radial-iFR)	2355653.83	1.10	78521.76	2141502.48	0.0000	8399.20	279.94	99.6435	1825.67
Sr 421.552 (Aqueous- Radial-iFR)	2666360.30	7.4	88878.43	360317.96	0.0001	2568.83	85.38	99.9039	5122.87
Ba 455.403 (Aqueous- Axial-iFR)	250442.63	52.00	125195.32	4815.20	0.0004	2559.80	1253.90	98.9984	385.82
Na 589.592 (Aqueous- Radial-iFR)	39788.83	58.8	1324.33	675.68	0.0444	159.2	3.35	99.7473	111.56
Li 670.791 (Aqueous- Radial-iFR)	2164678.93	0.6	72155.94	3607797.22	0.0000	766.43	25.53	99.9646	425.46
K 766.490 (Aqueous- Radial-iFR)	5230.87	1.8	174.30	2905.04	0.0103	11.30	0.32	99.8183	4.75



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

4. CONCLUSIONES

- Se evaluaron 3 longitudes de onda por cada analito, la relación S/N permitió escoger la más optima a pesar de no tener las intensidades más altas.
- El estudio de interferencias espectrales es mucho más eficiente con la autocorrección de fondo que realiza el software Qtegra, también permite revisar visualmente el pico para vigilar y corregir solapamientos o ensanchamientos.
- La potencia RF es la más relacionada con la sensibilidad del equipo, su relación con el flujo de gas de nebulización es la interacción más importante para el funcionamiento del equipo.
- Los parámetros resultantes del análisis factorial y otros parámetros establecidos para el análisis se detallan en la siguiente tabla.

Parámetro del instrumento	Configuración
Velocidad de la bomba	45 rpm
Velocidad bomba de descarga	100 rpm
Flujo de gas nebulizador	0,5 L/min
Flujo de gas auxiliar	0,5 L/min
Flujo de gas refrigerante	12,5 L/min
Potencia de RF	1150 W
Replicas	3
Tiempo de exposición iRF radial y axial	5s
Tiempo por muestra	1 min 28 s

- Pb, Sb y Ni son los analitos que muestran mejor respuesta en modo eUV, todos los otros analitos se analizarán en modo iFR
- Las mezclas sugeridas para trabajo y calibración son óptimas y tienen optima respuesta de sensibilidad y relación señal/fondo.

----- FIN DEL INFORME -----

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL DE LA CAR

Ciudad: Mosquera Cundinamarca Fecha: 2026/05/04



INFORME DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
Y DE MODELAMIENTO AMBIENTAL

	Nombre	Firma
Elaboró	Jonnathan Fernando Roa Romero	
Revisó		
Aprobó	Elizabeth González Mateus	

CONTROL DE CAMBIOS DEL FORMATO			
Revisión	Descripción del cambio	Autor	Fecha
8 GAM-FR-120	Se aclara el contenido mínimo del informe, se ajusta el ciclo de revisión y aprobación del informe.	Ivonne A. López	2025-11-06
1	Versión 1 por la nueva codificación del documento, antes GAM-FR-120 Versión 8, debido al cambio del nombre del proceso. Antes proceso de Gestión Analítica y Metrológica (GAM), ahora proceso de Modelamiento y Monitoreo Ambiental (MMA). Resolución DGEN No. 20257000629.	Laura Marcela Casas Cevallos	2026-01-16