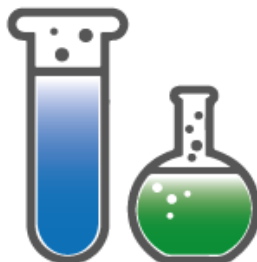


**INFORME DE RESULTADOS ENSAYO DE APTITUD
EA-SMA-01-21**

Química de aguas con presencia de contaminantes - QAC
Aguas superficiales
(EA-SMA-01-21)

LABORATORIO DE ALTA COMPLEJIDAD
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIOAMBIENTE



**INFORME DE RESULTADOS ENSAYO DE APTITUD
(PROFICIENCY TEST)
EA-SMA-01-21**

Química de aguas con presencia de contaminantes - QAC
Aguas superficiales

LABORATORIO DE ALTA COMPLEJIDAD
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIOAMBIENTE

07 de junio de 2021


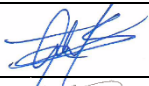

	Nombre	Cargo	Firma
Aprobado	Rodrigo Romero M.	Director de Laboratorio de Alta de Complejidad	
Revisado	Rodrigo Carrasco C.	Profesional - Encargado de Calidad – Laboratorio de Alta de Complejidad	
Elaborado	Camilo Montes M.	Profesional - Encargado de Ensayos de Aptitud – Laboratorio de Alta de Complejidad	

Tabla de Contenidos

Identificación de los participantes	4
Declaración de confidencialidad	5
1 Resumen ejecutivo	6
2 Definiciones	7
3 Introducción.....	8
4 Actividades subcontratadas.....	8
5 Comité técnico de revisión	8
6 Preparación de los items de ensayo (las muestras)	9
6.1 Trazabilidad del Valor Esperado	9
7 Homogeneidad y estabilidad	9
8 Envío de muestras y reporte de resultados.....	9
9 Métodos analíticos informados.....	10
10 Procedimiento de análisis estadístico de los resultados	11
10.1 Valores esperados (ve) e incertidumbre del ve	11
10.2 Determinación del criterio de evaluación de desempeño del Ensayo de Aptitud (CEDEA)	11
10.3 Cálculo de la Cota Z.....	12
10.4 Determinación del puntaje por parámetro.....	12
10.5 Evaluación del Desempeño	13
10.6 Uso de decimales	15
10.7 Incertidumbre expandida de los resultados de los participantes	16
10.8 Límites de cuantificación del método	17
11 Conclusiones.....	19
12 Comentarios y recomendaciones	19
13 Referencias	20
ANEXOS	21
Anexo 1 – Z-Score según muestra (m1 a m4) y participante	22
Anexo 2 – Resultados e incertidumbre expandida.....	23
Anexo 3 – Detalle de los resultados y su evaluación de desempeño.....	28

Identificación de los participantes

N°	Código Laboratorio (ETFA)	Nombre Laboratorio (ETFA) Participante	Código del Participante
1.	001-03	Biodiversa S.A. – Laboratorio Viña del Mar	5842
2.	001-04	Biodiversa S.A. - Laboratorio Concepción	9031
3.	003-01	Hidrolab Santiago	6980
4.	004-01	AGQ Chile S.A.	8229
5.	010-01	CESMEC S.A Sede Santiago	2691
6.	010-02	CESMEC S.A Sede Concepción	3653
7.	010-03	CESMEC S.A Sede Iquique	7108
8.	011-01	Laboratorio ANAM Centro	9640
9.	013-01	Silob Laboratorio Puerto Montt	6295
10.	015-01	Algoritmos - Casa Matriz	7219
11.	016-01	Dictuc S.A – Aguas y Riles	1652
12.	017-01	Centro de Ecología Aplicada	9790
13.	021-01	UDC – Laboratorio de Recursos Renovables	8433
14.	021-02	UDC - Laboratorio de Oceanografía Química	3659
15.	021-03	UDC - Laboratorio de Ensayos EULA	2385
16.	022-01	UCN - Laboratorio de Servicios Analíticos	5439
17.	023-01	SGS Chile Ltda. - Santiago	3426
18.	029-01	ALS Life Sciences Chile S.A – Antofagasta	1288
19.	029-02	ALS Life Sciences Chile S.A – Santiago	7086

Declaración de confidencialidad

La información referida a la identidad de los participantes en los Programas de Ensayos de Aptitud y sus resultados, será informada por medio de la asignación de un código, el que será publicado en los informes de Ensayo de Aptitud. Asimismo, los resultados de los Ensayos de Aptitud obtenidos por las ETFA acreditadas por el Instituto Nacional de Normalización, será puesto a disposición de ese organismo, en el marco del convenio de colaboración establecido entre ambas instituciones.

El desempeño individual puede ser conocido a través del código del participante, asignado para este Ensayo de Aptitud.

1 Resumen ejecutivo

El presente Ensayo de Aptitud (EA-SMA-01-21) desarrollado por la SMA, tiene por objetivo evaluar el desempeño analítico de las Entidades Técnicas (ETFAs) autorizadas para análisis de metales totales en aguas superficiales, con el objeto de contar con laboratorios que permitan verificar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad del agua (NSCA).

De las 19 ETFAs calificadas para participar en el Ensayo, 2 informaron la imposibilidad de participar debido a la contingencia COVID-19 (personal en cuarentena).

El Ensayo incluyó el análisis de los siguientes 8 elementos: Arsénico, Cobre, Cromo, Níquel, Plomo, Cadmio, Cinc y Hierro. Del total de los resultados reportados por las ETFAs, un 94% de éstos fue evaluado de manera satisfactoria.

En el caso del Arsénico, Cobre y Cromo todos los resultados reportados por las ETFAs fueron evaluados de manera satisfactoria. Por su parte, en el caso del Níquel, Plomo y Cadmio, el 94% de los resultados fueron evaluados en forma satisfactoria, mientras que en el caso del Cinc y del Hierro, sólo un 88 y 82% de los resultados reportados por las ETFAs obtuvo una evaluación satisfactoria, respectivamente.

En términos de las 17 Entidades Técnicas (Laboratorios) participantes, 12 de ellos fueron evaluados de manera satisfactoria en todos los parámetros reportados. Un solo participante obtuvo una evaluación insatisfactoria en la mitad de los parámetros evaluados (Cadmio, Cinc, Hierro y Níquel, de un total de 8) y 4 participantes, en 1 parámetro.

Con relación a la evaluación de la incertidumbre asociada a la determinación de estos elementos, fueron reportados valores extremadamente altos para Plomo, Cadmio, Cinc y Arsénico (807%, 790%, 252% y del 134% de incertidumbre del resultado reportado, respectivamente). Para Cobre, Cromo y Níquel, se reportaron incertidumbres menores o iguales al 50%. En el caso del Hierro, todos los participantes reportaron incertidumbres por debajo del 20%. Algunas recomendaciones internacionales proponen incertidumbres asociadas al análisis de metales totales en aguas (naturales y de consumo humano) en un rango entre un 15% y un 50%.^{1 2}

Finalmente se detectaron algunos laboratorios que reportan límites de cuantificación del método (LCM) por sobre los límites permisibles de las normas secundarias de calidad de agua (NSCA).

¹ Recomendaciones de calidad de la información a ingresar en los registros de calidad del agua para la gestión ambiental. SYKE, 2016. Fuente (Revisado el 31 de mayo de 2021):

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/163532/SYKEra_22_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

² DIRECTIVA (UE) 2015/1787 de 6 de octubre de 2015 por la que se modifican los anexos II y III de la Directiva 98/83/CE del Consejo, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Fuente (Revisado el 04 de junio de 2021) : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L1787&from=ES>

2 Definiciones

- **Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA):** persona jurídica habilitada para realizar actividades de fiscalización ambiental, según el alcance de la autorización que le ha otorgado la Superintendencia del Medio Ambiente.
- **Incertidumbre de medida:** parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza.
- **Incertidumbre expandida de medida (U):** Incertidumbre que define un intervalo alrededor del resultado de medición que abarca una fracción suficientemente grande de la dispersión de los valores que “razonablemente” pueden atribuirse al mensurando, con un 95% de confianza.
- **Incertidumbre objetivo (U_{obj}):** incertidumbre de medición especificada como un límite superior y decidida sobre la base del uso previsto de los resultados de medición.
- **Límite de Cuantificación del Método (LCM):** Corresponde a la más baja concentración de un analito que puede ser determinado cuantitativamente con un desempeño aceptable aplicando un método determinado, y considerando toda la manipulación de la muestra.
- **Material de referencia certificado (MRC):** Material en el cual se certifica el valor de una o más propiedades mediante un procedimiento técnico válido, acompañado por (o trazable a) un certificado u otra documentación emitida por un organismo de certificación de reconocido prestigio.
- **Material de referencia (MR):** material suficientemente homogéneo y estable con respecto a propiedades especificadas, establecido como apto para su uso previsto en una medición o en un examen de propiedades cualitativas.
- **Valor Esperado (VE):** Valor atribuido a una propiedad particular de un ítem de Ensayo de Aptitud.

3 Introducción

El objetivo del presente Ensayo de Aptitud es evaluar el desempeño de las ETFA en el análisis químico de metales totales en aguas superficiales, asociado a las NSCA.

La Superintendencia del Medio Ambiente, a través del Laboratorio de Alta Complejidad de la División de Seguimiento e Información Ambiental, ha desarrollado el presente Ensayo de Aptitud (EA-SMA-01-21) del tipo Análisis Químico de Aguas Superficiales con presencia de Contaminantes (QAC), dirigido a Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

La realización de Ensayos de Aptitud ha sido establecida de manera regular y sistemática, para verificar el desempeño analítico de las ETFAs, en el marco del D.S. N° 38/2013 del MMA “Reglamento de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental” que establece la Ley Orgánica de la SMA.

A partir del año 2016, la participación en los Ensayos de Aptitud de la SMA es obligatoria para todas las ETFAs autorizadas en el alcance materia del ensayo y seleccionadas por la SMA para su participación. Asimismo, la SMA podrá aplicar medidas a las ETFAs en base a sus resultados en los Ensayos de Aptitud, según los criterios que para ello defina.

La ejecución del presente Ensayo de Aptitud fue realizado según lo descrito en el documento Protocolo para los Ensayos de Aptitud para Aguas con presencia de Contaminantes (EA-PRO-013). La SMA se encuentra acreditada como “Proveedor de Ensayos de Aptitud” bajo la norma ISO/IEC17043³.

4 Actividades subcontratadas

Se subcontrató la elaboración de los ítems de ensayo a un Proveedor de Ítems de Ensayo (PIE), acreditado bajo las normas ISO/IEC 17025 e ISO/IEC 17043. Los ítems de ensayo utilizados son del tipo Material de Referencia (MR), elaborados bajo las exigencias de la norma ISO 17034, adquiridos con el “Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec” (CEAEQ) en el marco de un convenio de colaboración entre ambas instituciones.

5 Comité técnico de revisión

Los siguientes profesionales de la Superintendencia del Medio Ambiente participan del Comité Técnico de Revisión:

- Director de Laboratorio de Alta Complejidad de la SMA.
- Encargado de Ensayos de Aptitud, Laboratorio de Alta Complejidad de la SMA.
- Encargado de Calidad, Laboratorio de Alta Complejidad de la SMA.

³ <https://www.scc.ca/en/accreditation/laboratories/superintendencia-del-medio-ambiente-0>

6 Preparación de los ítems de ensayo (las muestras)

Los ítems de ensayo fueron preparados a partir de soluciones estándar del tipo material de referencia (MR), bajo la norma ISO 17034 y el rango de concentraciones de estos ítems fue establecido dentro del intervalo de concentración acreditado de la SMA. La información de los ítems de ensayo se resume a continuación (ver Tabla 6-1).

Tabla 6-1. Información de los ítems de ensayo utilizados en el presente Ensayo de Aptitud.

Muestra	Parámetros	Tipo Contenedor	Volumen	Preservación	Fecha de preparación	Matriz
#1, #2, #3, #4	As, Cd, Cu, Cr, Fe, Ni, Pb y Zn.	Plástico	250 ml	0,2% HNO ₃	16-11-2020	Agua de río esterilizada

6.1 Trazabilidad del Valor Esperado

En el caso de que el Valor Esperado corresponda a un Valor de Preparación, la trazabilidad metrológica de dicho valor estará dada a través del informe de preparación de las muestras que el PIE entrega.

7 Homogeneidad y estabilidad

La Homogeneidad y Estabilidad de las muestras es evaluada por la División de Materiales de Referencia del Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec (CEAEQ).

Para el Ensayo de Aptitud EA-SMA-01-21 la homogeneidad y estabilidad de las muestras se certifica mediante el documento "Certificate of homogeneity and stability. Proficiency testing: EA-SMA-01-21" del 12 de abril de 2021.

El certificado para la evaluación de la homogeneidad de las muestras, concluye que todas ellas cumplen con los criterios de homogeneidad y estabilidad de CEAEQ.

8 Envío de muestras y reporte de resultados

El total de participantes esperados en el presente Ensayo de Aptitud era de 19 laboratorios de ensayo⁴, a los que se les enviaron muestras para su análisis. Debido a la contingencia nacional por COVID19, 2 de los participantes⁵ informaron que no podrían reportar sus resultados, quedando finalmente un total de 17 participantes.

Todos los participantes tuvieron un plazo mayor a un mes para la ejecución de los ensayos y el reporte de sus resultados, de acuerdo al siguiente cronograma:

⁴ La selección de los participantes se basó en las autorizaciones vigentes de las ETFA al momento de enviar las muestras y en el número de muestras disponibles.

⁵ Participante código 5842 y 8433.

- Envío de muestras a los laboratorios: 15 de marzo de 2021
- Fecha límite para envío de resultados: 02 de abril de 2021

Los set de muestras, luego de recibidos en Chile, fueron distribuidos desde el Laboratorio de Alta Complejidad a los laboratorios participantes.

Los analitos evaluados correspondieron a metales totales en aguas superficiales. Los resultados solicitados a los participantes en este Ensayo de Aptitud, fueron reportados en [mg/l]. Asimismo, se solicitó a los laboratorios que indicaran el método analítico utilizado para la realización de cada uno de los ensayos, la incertidumbre expandida de medida y el límite de cuantificación del método (LCM).

9 Métodos analíticos informados

Los métodos analíticos aceptados en el presente Ensayo de Aptitud corresponden a todos aquellos que se encuentren autorizados por la SMA para el análisis de los parámetros incluidos en el ejercicio, en la Subárea “Aguas Superficiales”. Si bien algunos de dichos métodos de análisis no son parte de las normas secundarias de calidad del agua (NSCA), la utilización de dichos métodos logró una evaluación de desempeño satisfactoria.

Los métodos analíticos utilizados en el Ensayo de Aptitud e informados por los participantes, se presentan en la Tabla 9-1:

Tabla 9-1. Métodos utilizados.

Parámetro	Método	Parámetro	Método
Arsénico total (As)	Método propio	Cromo total (Cr)	Método propio
	SM 3114 B. 2017		SM 3111 B. 2012
	SM 3120 B. 2012		SM 3111 B. 2017
	SM 3120 B. 2017		SM 3120 B. 2012
	SM 3125 B. 2017		SM 3120 B. 2017
Cadmio total (Cd)	Método propio	Hierro total (Fe)	SM 3125 B. 2017
	SM 3111 B. 2012		Método propio
	SM 3111 B. 2017		SM 3111 B. 2012
	SM 3120 B. 2012		SM 3111 B. 2017
	SM 3120 B. 2017		SM 3120 B. 2012
Cinc total (Zn)	SM 3125 B. 2017	Níquel total (Ni)	SM 3120 B. 2017
	Método propio		Método propio
	SM 3111 B. 2012		SM 3111 B. 2012
	SM 3111 B. 2017		SM 3111 B. 2017
	SM 3120 B. 2012		SM 3120 B. 2012
Cobre total (Cu)	SM 3120 B. 2017	Plomo total (Pb)	SM 3120 B. 2017
	SM 3125 B. 2017		Método propio
	Método propio		SM 3111 B. 2012
	SM 3111 B. 2012		SM 3111 B. 2017
	SM 3111 B. 2017		SM 3120 B. 2012
	SM 3120 B. 2017		SM 3120 B. 2017
	SM 3125 B. 2017		SM 3125 B. 2017

10 Procedimiento de análisis estadístico de los resultados

Los resultados del Ensayo de Aptitud se evaluaron a partir del siguiente procedimiento:

1. Revisión inicial y descarte de valores atípicos.
2. Determinación del Valor Esperado.
3. Cálculo de la Cota Z y desviación estándar del EA
4. Determinación del puntaje por parámetro.
5. Evaluación del desempeño.

El descarte de valores atípicos se realiza en el caso de que el número de datos disponibles sea mayor o igual a 20, para poder determinar si el “Valor esperado” es definido a partir de consenso. En el caso del presente ensayo de aptitud, la cantidad de datos disponibles para todas las muestras es menor a 20, por lo que no se realiza descarte de valores atípicos.

10.1 Valores esperados (ve) e incertidumbre del ve

El “Valor Esperado” corresponde al “Valor de Preparación”, informado en el Certificado de Homogeneidad y Estabilidad del PIE.

Tabla 10-1. Valores Esperados

Parámetro	#1	#2	#3	#4
Arsénico total (As)	5,63	2,50	1,87	0,425
Cadmio total (Cd)	5,62	2,50	1,56	0,213
Cinc total (Zn)	11,3	5,08	5,70	2,20
Cobre total (Cu)	5,71	2,59	4,46	2,21
Cromo total (Cr)	5,63	2,50	4,38	2,13
Hierro total (Fe)	28,7	13,1	38,1	21,8
Níquel total (Ni)	5,63	2,50	4,38	2,13
Plomo total (Pb)	2,82	1,26	2,01	0,429

El proceso para la determinación de los “Valores Esperados” se describe en la sección 4.5 del Protocolo para los Ensayos de Aptitud para Aguas con presencia de Contaminantes – AST-PRO-013.

10.2 Determinación del criterio de evaluación de desempeño del Ensayo de Aptitud (CEDEA)

La desviación estándar del Ensayo de Aptitud se presenta en la siguiente tabla, para cada parámetro evaluado, calculada como se indica en el siguiente punto (10.3):

Tabla 10-2. Desviación estándar del Ensayo de Aptitud [mg/l]

Parámetro	#1	#2	#3	#4
Arsénico total (As)	0,84	0,38	0,28	0,06
Cadmio total (Cd)	0,56	0,25	0,16	0,02
Cinc total (Zn)	0,57	0,25	0,29	0,11
Cobre total (Cu)	0,29	0,13	0,22	0,11
Cromo total (Cr)	0,56	0,52	0,44	0,21
Hierro total (Fe)	1,44	0,66	1,91	1,09
Níquel total (Ni)	0,28	0,13	0,22	0,11
Plomo total (Pb)	0,28	0,13	0,2	0,043

10.3 Cálculo de la Cota Z

La Cota Z se calculó mediante la Ecuación 10-1:

$$CotaZ = \frac{X - VE}{\sigma_{EA}}$$

Ecuación 10-1. Cálculo de la Cota Z.

Donde :

- X : Resultado del Laboratorio;
- VE : Valor Esperado;
- σ_{EA} : Desviación estándar del Ensayo de Aptitud (expresada como la diferencia esperada (DE): DE = VE x CVR)
- CVR : Coeficiente de Variación Relativo

El **Anexo 1** presenta los resultados de las Cota Z (ZScore) para cada participante, por parámetro y muestra.

10.4 Determinación del puntaje por parámetro

El puntaje obtenido por cada laboratorio, para cada muestra por parámetro, se evaluó a partir de la Cota Z obtenida para cada muestra, considerando la siguiente tabla:

Tabla 10-3. Puntaje Ensayo Aptitud.

Cota z	Puntaje
$ Z \leq 1$	5
$1 < Z \leq 2$	4
$2 < Z \leq 3$	3
$ Z > 3$	0

Un resultado reportado como “0” es considerando como si el participante no hubiera enviado resultados. Se obtiene así, un puntaje “0” para la muestra.

Los resultados presentados como “< LCM”, obtienen un puntaje de “0”, si el VE es mayor al LCM (límite de cuantificación del método).

10.5 Evaluación del Desempeño

El desempeño de los laboratorios se calculó a partir de la nota obtenida en el Ensayo de Aptitud, de la siguiente manera:

$$Nota \text{ por parámetro } (\%) = \frac{Total \text{ de puntos}}{Número \text{ de } _muestras} \times \frac{100}{5}$$

Ecuación 10-2. Nota por parámetro.

En el caso de que un participante no haya enviado sus resultados, siendo notificado por la SMA para participar en el ensayo y, por lo tanto, estando autorizado para realizar los análisis correspondientes, es calificado con una nota “0” para aquellos parámetros no informados.

Los participantes deben obtener una nota mínima de **70%** para la aprobación de los parámetros evaluados.

La siguiente Tabla 10-4 presenta los resultados de la Evaluación de Desempeño de los participantes:

Tabla 10-4. Evaluación de Desempeño (Nota).

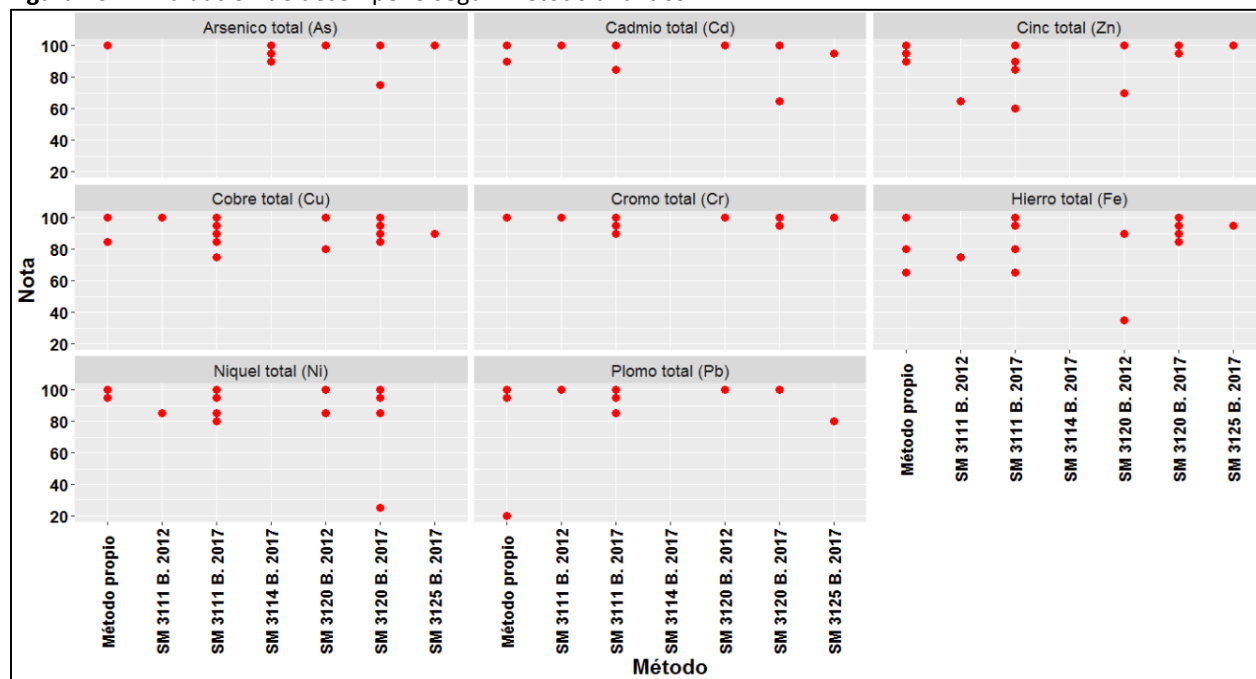
Participante	Arsénico total (As)	Cadmio total (Cd)	Cinc total (Zn)	Cobre total (Cu)	Cromo total (Cr)	Hierro total (Fe)	Níquel total (Ni)	Plomo total (Pb)	% Parámetros Satisfactorios	% Parámetros Insatisfactorios
1288		100	65	100	100	75	85	100	86%	14%
1652	75	65	60	85	90	65	25	85	50%	50%
2385	100	100	95	100	100	90	100	100	100%	0%
2691	95	100	100	90	100	100	100	100	100%	0%
3426	100	100	100	85	100	100	100	100	100%	0%
3653		100	100	90	100	100	100	100	100%	0%
3659	100	100	90	100		65	95	95	86%	14%
5439		85	90	95	95	95	80	95	100%	0%
6295	100	95	100	90	100	95	85	80	100%	0%
6980	100	100	100	90	100	95	85	100	100%	0%
7086	100	100	100	85	100	80	100	100	100%	0%
7108	90	100	85	75	100	95	95	100	100%	0%
7219	100	100	100	95	95	85	95	100	100%	0%

Participante	Arsénico total (As)	Cadmio total (Cd)	Cinc total (Zn)	Cobre total (Cu)	Cromo total (Cr)	Hierro total (Fe)	Níquel total (Ni)	Plomo total (Pb)	% Parámetros Satisfactorios	% Parámetros Insatisfactorios
8229	100	90	95	100	100	100	95	20	88%	12%
9031				100		80			100%	0%
9640	100	100	100	80	100	35	100	100	88%	12%
9790	100	100	70	100	100	90	85	100	100%	0%
% ETFA Satisfactorias	100%	94%	88%	100%	100%	82%	94%	94%	94%	-
% ETFA Insatisfactorias	0%	6%	12%	0%	0%	18%	6%	6%	-	6%

En los resultados se observa que el Hierro presenta la mayor cantidad de evaluaciones insatisfactorias, seguido por el Zinc; no obstante más del 80% de los participantes obtuvo una evaluación satisfactoria en todos los parámetros. En cuanto a los resultados de las ETFA, 5 de ellas obtuvo al menos un parámetro insatisfactorio, siendo el participante 1652 quien obtuvo la mayor cantidad de resultados insatisfactorios (50% de sus resultados). El detalle de los resultados analíticos de cada laboratorio, se entregan en el Anexo 3.

En cuanto a la Evaluación de Desempeño según los métodos analíticos reportados, se destaca que existe un buen desempeño de métodos que no están incluidos en las NSCA (por ejemplo el método SM 3111 B para Plomo, no incluido en la NSCA del Río Serrano), pero que se encuentran autorizados para análisis en aguas superficiales (ver Figura 10-1, los puntos rojos representan la nota de las distintas ETFA participantes).

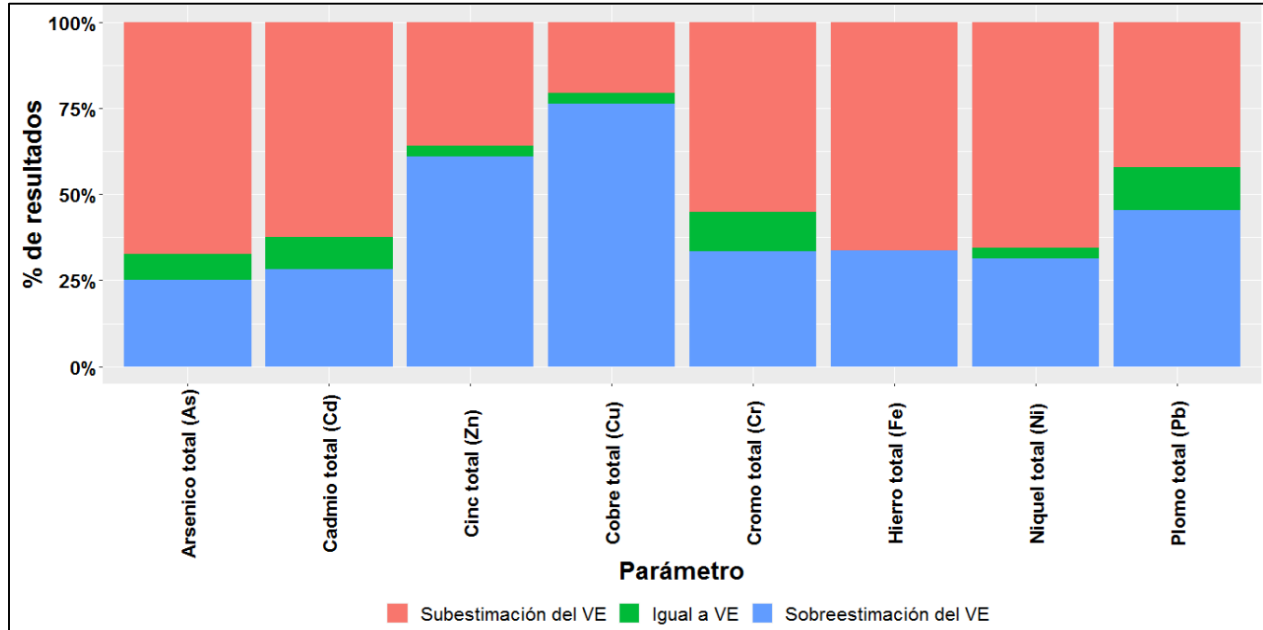
Figura 10-1. Evaluación de desempeño según método analítico.



Sobre y Subestimación del Valor Esperado

En cuanto a la sobreestimación y subestimación del VE, tanto los resultados de Cu y de Zn, en su mayoría son sobrestimados por los participantes. Por otra parte, los resultados presentan una tendencia a la subestimación del VE (con más del 50% de los resultados bajo el VE), para la mayoría de los parámetros, a excepción de Zn y Cu, tal como se observa en la Figura 10-2.

Figura 10-2. Sobre y subestimación del VE.



10.6 Uso de decimales

El “Valor Esperado” se obtiene de los certificados de homogeneidad y estabilidad entregado por el PIE, por lo que sus decimales corresponden a los informados en el certificado correspondiente.

La “Desviación Estándar del Ensayo de Aptitud” (σ_{EA}), se informa con el número de decimales correspondiente a las cifras significativas del “Valor Esperado”, tal como se ilustra en la Tabla 10-5.

Tabla 10-5. Ejemplo de determinación de números decimales.

Resultados transmitidos	
Valor Esperado	σ_{EA}
3,50	0,463
0,500	0,088

Los resultados son informados con la cantidad de decimales reportados por los participantes.

El resultado obtenido para la Cota Z se aproxima a un solo decimal, para simplificar la presentación y dar una información sobre la situación de un laboratorio con referencia al Valor Esperado.

10.7 Incertidumbre expandida de los resultados de los participantes .

A los participantes se les solicitó informar sus resultados con las incertidumbres expandidas de medida (U), utilizando un factor $k=2$, para un nivel de confianza del 95% del intervalo informado.

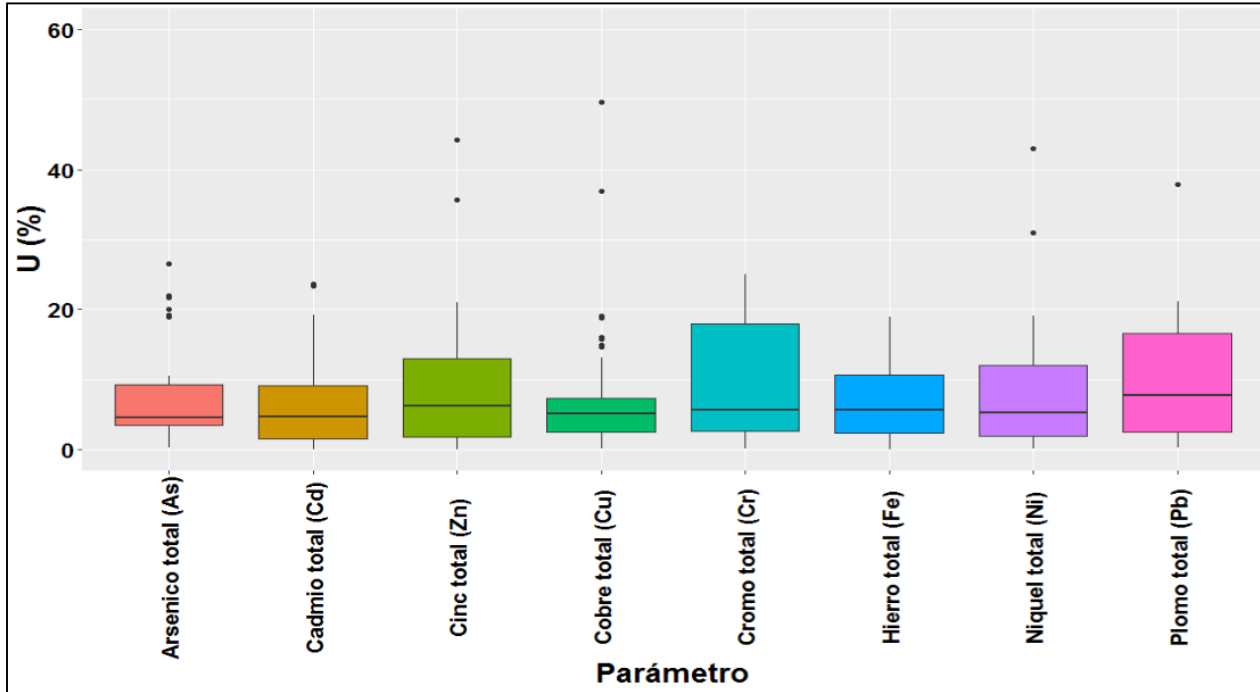
Tal como se presenta en la Tabla 10-6, se reportaron incertidumbres mayores al 100% del resultado informado, llegando a valores extremos del 807% del valor reportado (Pb, para el participante 7108). Otros casos extremos del mismo participante corresponden a Cd (790% del valor reportado), Zn (252% del valor reportado) y As (134% del valor reportado).

Tabla 10-6. Resumen de las incertidumbres relativas según parámetro

Parámetro	n	% Mín	% Máx	% Promedio	s
Arsénico total (As)	52	0,359	134,1	9,853	18,875
Cadmio total (Cd)	64	0,089	790,2	19,223	98,136
Cinc total (Zn)	64	0,094	251,5	12,329	31,559
Cobre total (Cu)	68	0,184	49,6	7,28	8,398
Cromo total (Cr)	60	0,194	25	9,463	8,035
Hierro total (Fe)	68	0,094	19	6,642	5,32
Níquel total (Ni)	64	0,19	43	7,425	7,649
Plomo total (Pb)	64	0,375	807	23,98	100,418

La Figura 10-3 muestra las distribuciones de incertidumbre relativa por parámetro y para todos los métodos utilizados, donde se observa que más del 50% de las incertidumbre de medida informadas se encuentran por debajo del 20% del resultado correspondiente (se dejaron fuera los valores extremos de incertidumbre, mayores al 60%)

Figura 10-3. Distribución de las incertidumbre relativas de los resultados, por parámetro.



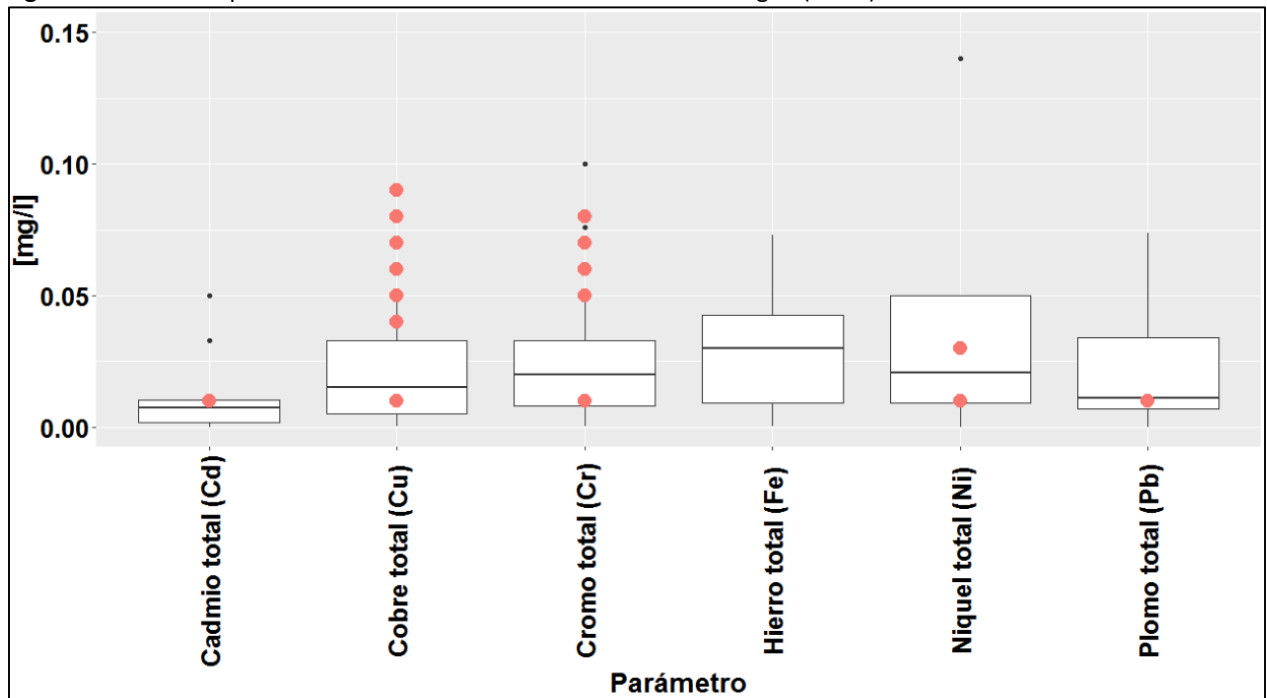
10.8 Límites de cuantificación del método

El Límite de Cuantificación del Método (LCM) corresponde a la mínima concentración o masa de un analito, en una matriz dada, que puede ser reportado como un resultado cuantitativo. El Límite de Detección del Método (LDM), que corresponde a la más baja cantidad de una sustancia que puede ser distinguida.⁶

Como este Ensayo de Aptitud está orientado al análisis de metales totales de aguas superficiales, es relevante comparar los LCM con las NSCA. Al respecto, la Figura 10-4 compara los valores máximos permisibles de las normas secundarias de calidad del agua (NSCA Río Serrano, Maipo y Biobío, **puntos rojos**) que incluyen los parámetro evaluados, con las distribuciones de los LCM de los participantes. En ella se puede observar que, por ejemplo, para el caso del Plomo total, más del 50% de los LCM de las ETFA están por sobre el valor normado (NSCA Río Serrano).

⁶ Fuente: http://www.eoma.aoac.org/app_f.pdf

Figura 10-4. LCM respecto de las normas secundarias de calidad del agua (NSCA).



Nota: los valores de NSCA para Hierro se encuentran fuera de la escala del gráfico, por sobre los 0,15 [mg/l].

11 Conclusiones

Los laboratorios (ETFA) participantes en este Ensayo de Aptitud presentan un buen desempeño analítico. A excepción del participante 1652, que fue evaluado de manera insatisfactoria para el 50% de los analitos y de los participantes 1288, 3659, 8229 y 9640 que tuvieron 1 parámetro evaluado de manera insatisfactoria, todos los demás participantes obtuvieron una nota satisfactoria para el 100% de los parámetros evaluados.

En cuanto a las incertidumbres de medida informadas, varios participantes presentaron incertidumbres sobre el 100% de su resultado, llegando a valores mayores al 800%. No obstante, el 75% de los resultados informados presentaron incertidumbres de medida menores al 20% del resultado.

Respecto del LCM, es importante distinguir aquellas ETFA que cuentan con las capacidades analíticas para evaluar las NSCA. Tal como se observó de los resultados reportados, existen LCM que son mayores a las NSCA.

Finalmente, la aplicación de métodos de análisis autorizados para el análisis de metales totales en aguas superficiales y que no son parte de las NSCA, permiten una adecuada cuantificación de las concentraciones esperadas (VE), para las muestras evaluadas.

12 Comentarios y recomendaciones

El participante 1652 debe revisar las causas de sus resultados insatisfactorios y aplicar las acciones correctivas que correspondan.

Los participantes que presentaron valores de incertidumbre muy altas (mayores al 15% de sus resultados⁷), deben revisar los procedimientos de cálculo de incertidumbre y analizar las causas de dichos valores de manera de implementar las acciones que correspondan.

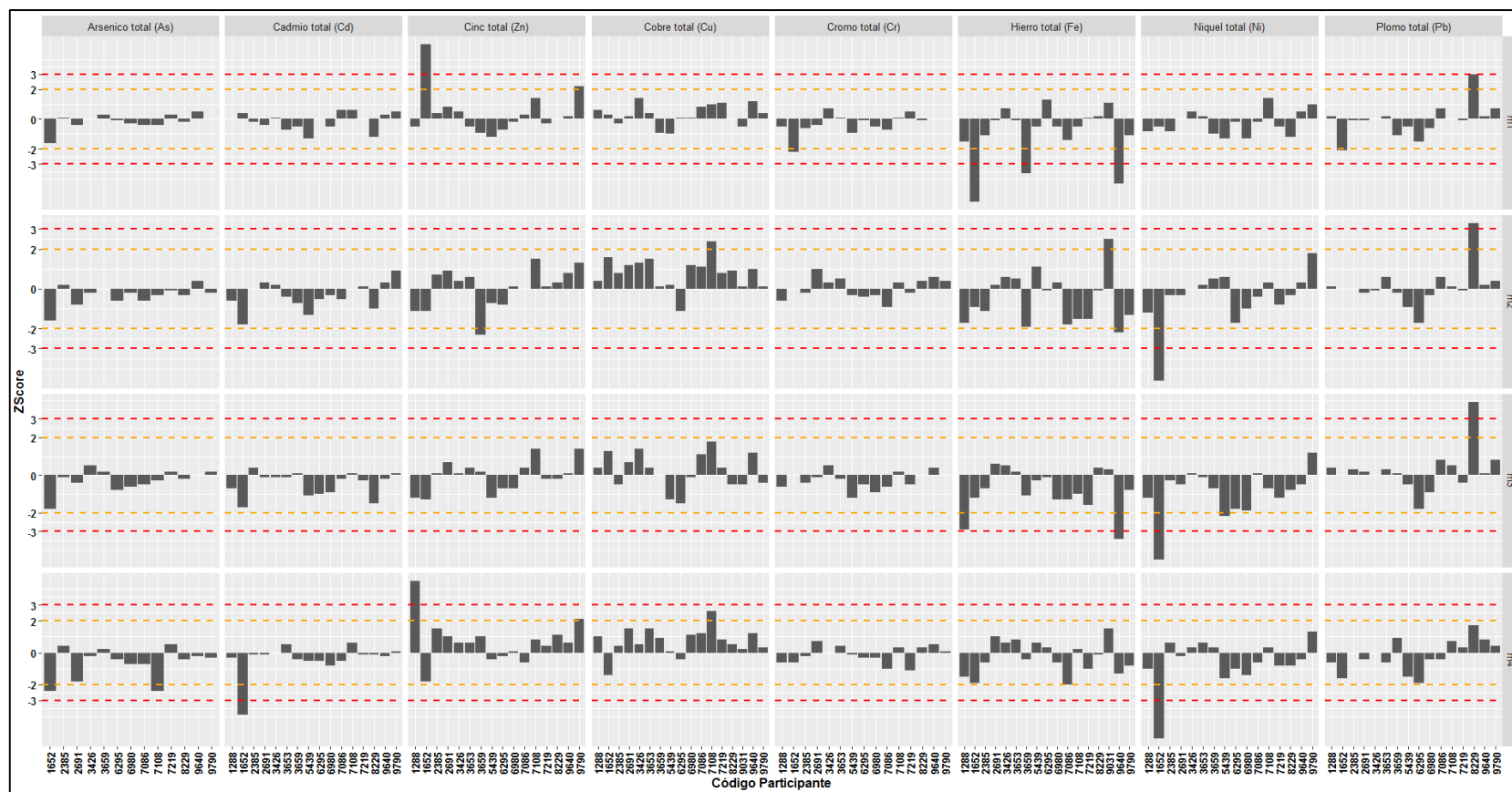
⁷ El Instituto del Medio Ambiente de Finlandia (SYKE), recomienda una incertidumbre de medida expandida del 15% para metales totales en aguas superficiales.

13 Referencias

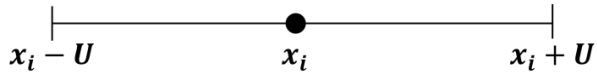
1. D.S. N° 9/2015, “Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Biobío”. Ministerio del Medio Ambiente.
2. D.S. N° 53/2014, “Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Maipo”. Ministerio del Medio Ambiente.
3. D.S. N° 75/2009, “Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Serrano”. Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
4. ISO 13528:2015. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. ISO.
5. EA-PRO-013 Versión 14. Protocolo para los Ensayos de Aptitud para Aguas con presencia de Contaminantes. Laboratorio de Alta Complejidad. División de Seguimiento e Información Ambiental.
6. EA-REG-010 Versión 07. Confidencialidad de Ensayos de Aptitud. Laboratorio de Alta Complejidad. División de Seguimiento e Información Ambiental.
7. Recomendaciones de calidad de la información a ingresar en los registros de calidad del agua para la gestión ambiental. SYKE, 2016. Fuente (Revisado el 31 de mayo de 2021): https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/163532/SYKEra_22_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
8. DIRECTIVA (UE) 2015/1787 de 6 de octubre de 2015 por la que se modifican los anexos II y III de la Directiva 98/83/CE del Consejo, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Fuente (Revisado el 04 de junio de 2021) : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L1787&from=ES>

ANEXOS

Anexo 1 – Z-Score según muestra (m1 a m4) y participante



Anexo 2 – Resultados e incertidumbre expandida



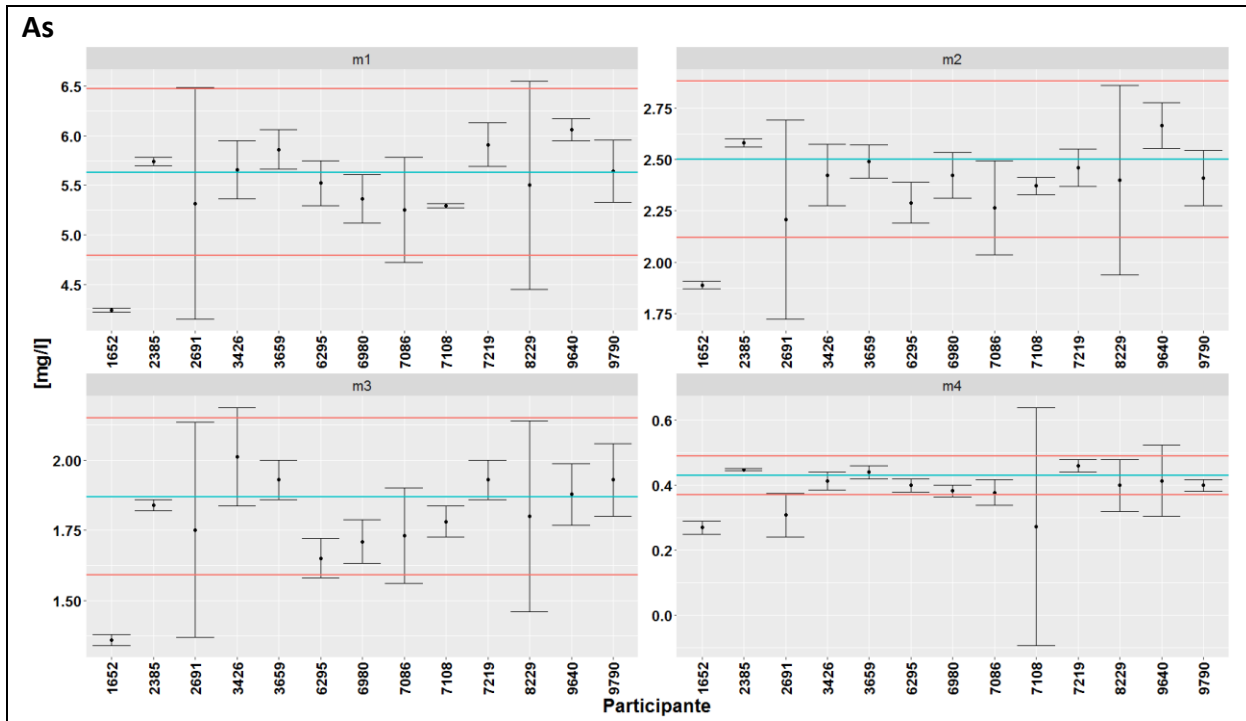
Donde,

x_i = Resultado del participante [mg/l]

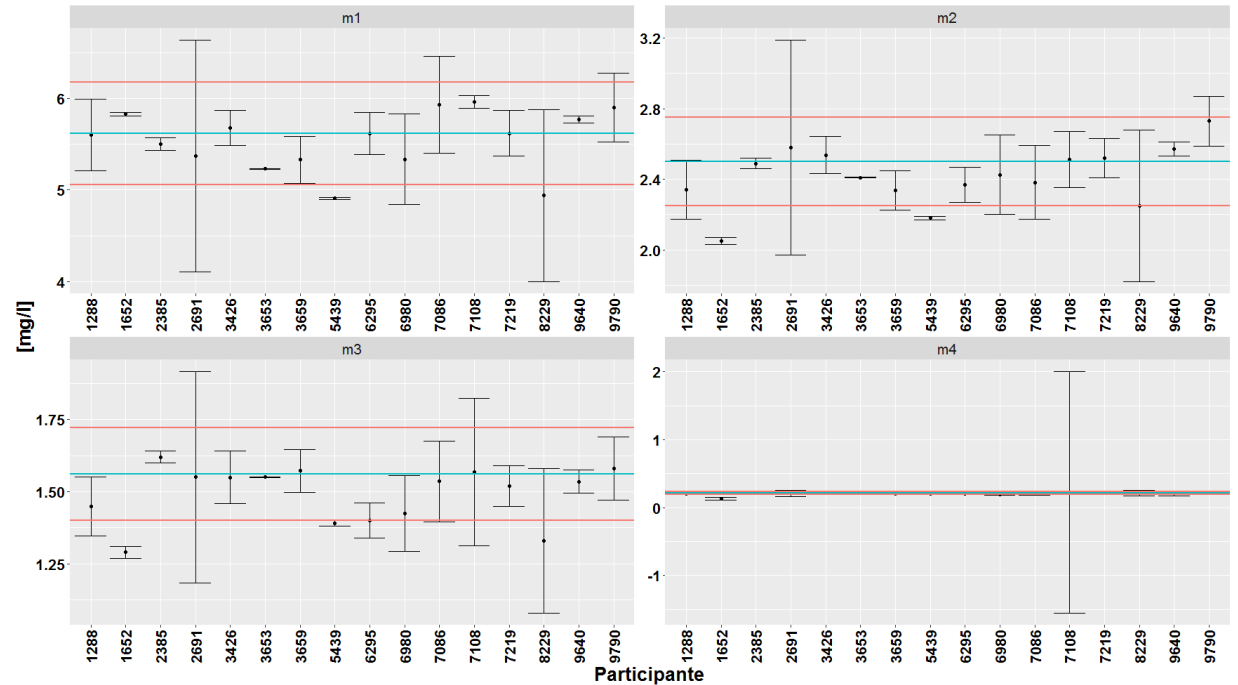
U = Incertidumbre expandida de medida [mg/l]

Valor esperado

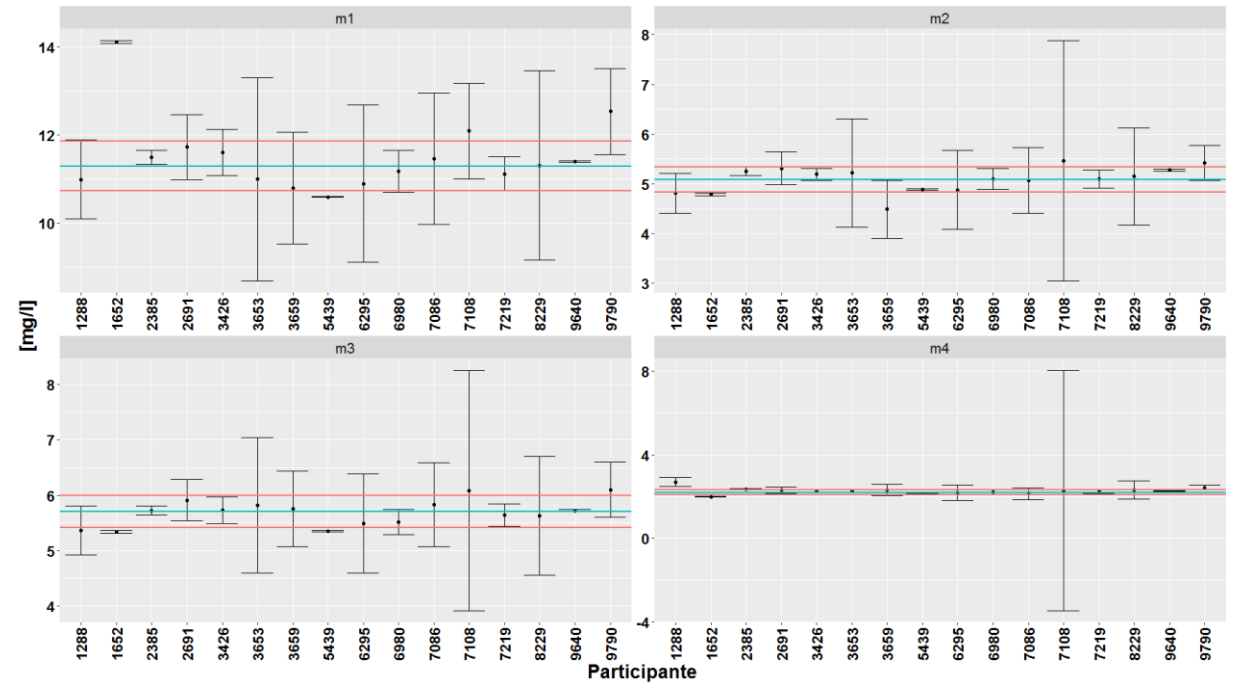
Desviación estándar EA

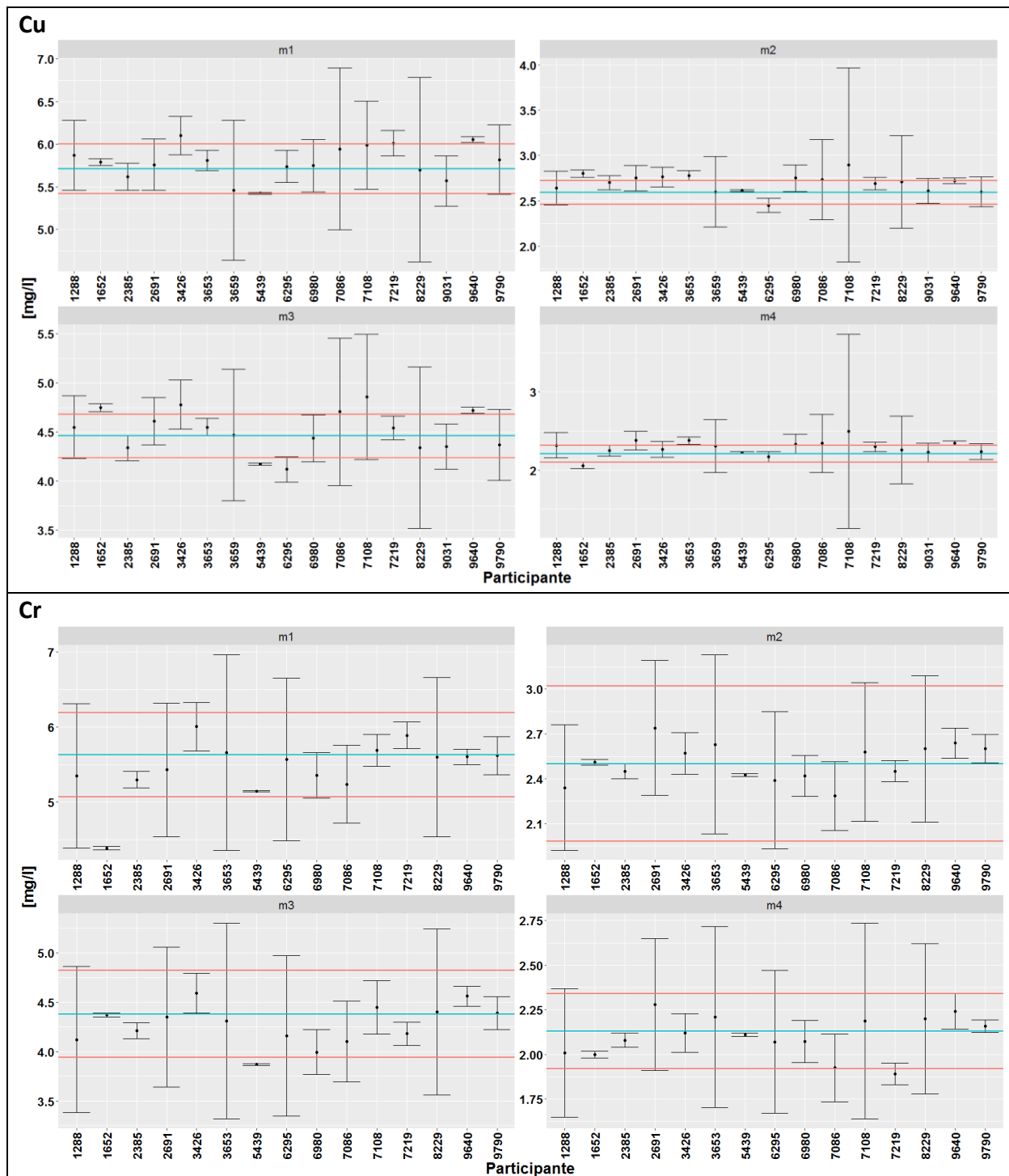


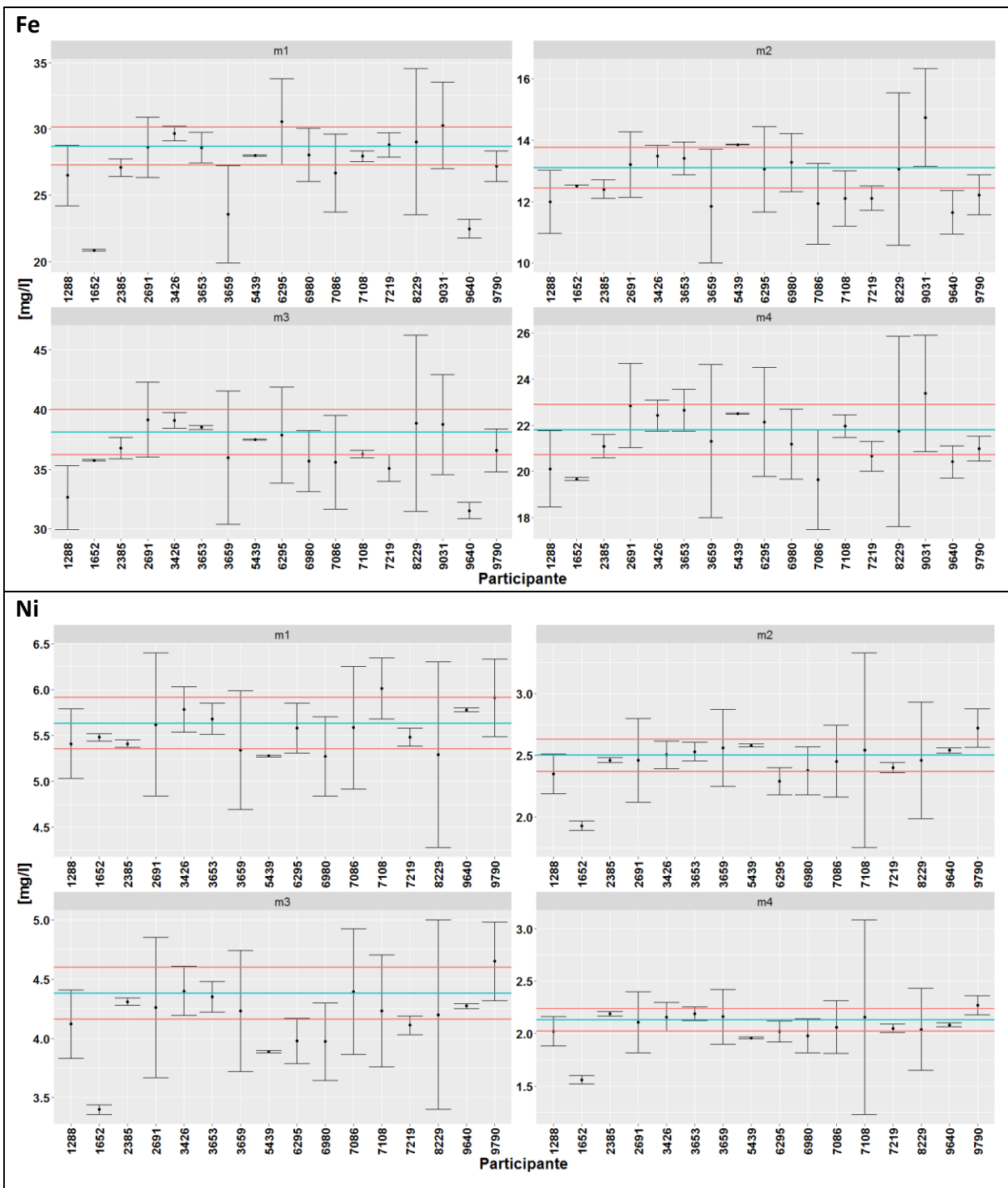
Cd



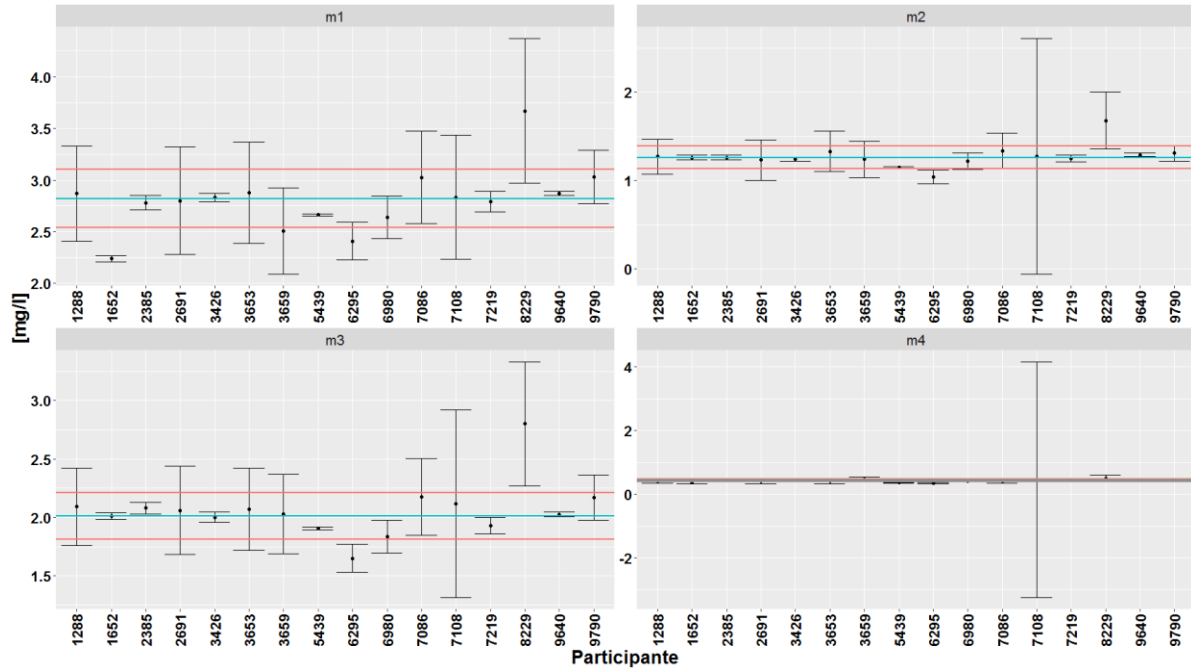
Zn







Pb



Anexo 3 – Detalle de los resultados y su evaluación de desempeño

Arsénico

CÓDIGO LABORATORIO	LCM	MÉTODO UTILIZADO	RESULTADO								COTA Z				PUNTAJE				NOTA
			#1	U #1	#2	U #2	#3	U #3	#4	U #4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	
1288	0,0005	SM 3114 C. 2017	5,20	0,52	2,39	0,239	1,70	0,17	0,395	0,0395	-0,5	-0,3	-0,6	-0,5	5	5	5	5	100
1652	0,0063	SM 3120 B. 2017	4,24	0,02	1,89	0,02	1,36	0,02	0,270	0,02	-1,6	-1,6	-1,8	-2,4	4	4	4	3	75
2385	0,0005	SM 3114 B. 2017	5,74	0,04	2,58	0,02	1,84	0,02	0,448	0,004	0,1	0,2	-0,1	0,4	5	5	5	5	100
2691	0,0007	SM 3114 B. 2017	5,317	1,169	2,208	0,484	1,751	0,383	0,308	0,067	-0,4	-0,8	-0,4	-1,8	5	5	5	4	95
3426	0,005	SM 3120 B. 2017	5,656	0,290	2,424	0,149	2,012	0,175	0,413	0,028	0,0	-0,2	0,5	-0,2	5	5	5	5	100
3659	0,0003	Método propio	5,86	0,20	2,49	0,08	1,93	0,07	0,44	0,02	0,3	-0,0	0,2	0,2	5	5	5	5	100
6295	0,008	SM 3125 B. 2017	5,52	0,23	2,29	0,10	1,65	0,07	0,400	0,02	-0,1	-0,6	-0,8	-0,4	5	5	5	5	100
6980	0,003	SM 3120 B. 2017	5,364	0,246	2,423	0,111	1,710	0,078	0,383	0,018	-0,3	-0,2	-0,6	-0,7	5	5	5	5	100
7086	0,0003	Método propio	5,2514	0,53	2,2648	0,23	1,7309	0,17	0,3779	0,04	-0,4	-0,6	-0,5	-0,7	5	5	5	5	100
7108	0,001	SM 3114 B. 2017	5,293	0,019	2,372	0,042	1,781	0,056	0,273	0,366	-0,4	-0,3	-0,3	-2,4	5	5	5	3	90
7219	0,04	SM 3120 B. 2017	5,910	0,220	2,460	0,090	1,930	0,070	0,460	0,020	0,3	-0,1	0,2	0,5	5	5	5	5	100
8229	0,1	Método propio	5,5	1,05	2,4	0,46	1,8	0,34	0,4	0,08	-0,2	-0,3	-0,2	-0,4	5	5	5	5	100
9640	0,042	SM 3120 B. 2012	6,061	0,11	2,665	0,11	1,878	0,11	0,414	0,11	0,5	0,4	0,0	-0,2	5	5	5	5	100
9790	0,007	SM 3120 B. 2012	5,640	0,314	2,410	0,135	1,93	0,129	0,403	0,018	0,0	-0,2	0,2	-0,3	5	5	5	5	100
		n	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00									
		MIN	4,24	0,02	1,89	0,02	1,36	0,02	0,27	0,00									
		MAX	6,06	1,17	2,67	0,48	2,01	0,38	0,46	0,37									
		PROMEDIO	5,47	0,35	2,38	0,16	1,79	0,13	0,38	0,06									
		MEDIANA	5,51	0,24	2,41	0,11	1,79	0,09	0,40	0,02									
		DESVIACIÓN EST.	0,43	0,34	0,18	0,14	0,16	0,11	0,06	0,09									

Cadmio

CÓDIGO LABORATORIO	LCM	METODO UTILIZADO	RESULTADO								COTA Z				SCORE (PUNTAJE)				NOTA (NOTE)
			#1	U #1	#2	U #2	#3	U #3	#4	U #4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	
1288	0,002	SM 3111 B. 2012	5,6	0,392	2,34	0,168	1,45	0,102	0,206	0,014	-0,0	-0,6	-0,7	-0,3	5	5	5	5	100
1652	0,0116	SM 3120 B. 2017	5,830	0,020	2,05	0,02	1,29	0,02	0,13	0,02	0,4	-1,8	-1,7	-3,9	5	4	4	0	65
2385	0,0005	SM 3120 B. 2017	5,50	0,07	2,49	0,03	1,62	0,02	0,211	0,003	-0,2	-0,0	0,4	-0,1	5	5	5	5	100
2691	0,007	SM 3111 B. 2017	5,370	1,267	2,580	0,609	1,550	0,366	0,210	0,049	-0,4	0,3	-0,1	-0,1	5	5	5	5	100
3426	0,01	SM 3120 B. 2017	5,681	0,191	2,538	0,104	1,549	0,091	0,214	0,007	0,1	0,2	-0,1	0,0	5	5	5	5	100
3653	0,00763	SM 3111 B. 2017	5,23	0,0052	2,41	0,0024	1,55	0,0015	0,224	0,0002	-0,7	-0,4	-0,1	0,5	5	5	5	5	100
3659	0,000015	Método propio	5,331	0,256	2,337	0,112	1,572	0,075	0,205	0,010	-0,5	-0,7	0,1	-0,4	5	5	5	5	100
5439	0,033	SM 3111 B. 2017	4,910	0,010	2,180	0,010	1,390	0,010	0,203	0,003	-1,3	-1,3	-1,1	-0,5	4	4	4	5	85
6295	0,008	SM 3125 B. 2017	5,62	0,23	2,37	0,10	1,40	0,06	0,202	0,01	-	-0,5	-1,0	-0,5	5	5	4	5	95
6980	0,003	SM 3120 B. 2017	5,337	0,494	2,426	0,225	1,425	0,132	0,196	0,018	-0,5	-0,3	-0,9	-0,8	5	5	5	5	100
7086	0,00002	Método propio	5,9305	0,53	2,3818	0,21	1,5359	0,14	0,2029	0,02	0,6	-0,5	-0,2	-0,5	5	5	5	5	100
7108	0,001	SM 3111 B. 2017	5,961	0,067	2,512	0,159	1,568	0,255	0,225	1,778	0,6	0,0	0,1	0,6	5	5	5	5	100
7219	0,01	SM 3120 B. 2017	5,620	0,250	2,520	0,110	1,520	0,070	0,210	0,010	-	0,1	-0,3	-0,1	5	5	5	5	100
8229	0,05	Método propio	4,94	0,94	2,25	0,43	1,33	0,25	0,21	0,04	-1,2	-1,0	-1,5	-0,1	4	5	4	5	90
9640	0,011	SM 3120 B. 2012	5,772	4,00	2,573	0,04	1,535	0,04	0,208	0,04	0,3	0,3	-0,2	-0,2	5	5	5	5	100
9790	0,007	SM 3120 B. 2012	5,90	0,376	2,730	0,142	1,58	0,110	0,216	0,008	0,5	0,9	0,1	0,1	5	5	5	5	100
		n	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00									
		MIN	4,91	0,01	2,05	0,00	1,29	0,00	0,13	0,00									
		MAX	5,96	4,00	2,73	0,61	1,62	0,37	0,23	1,78									
		PROMEDIO	5,53	0,57	2,42	0,15	1,49	0,11	0,20	0,13									
		DESVIACIÓN EST.	0,32	0,95	0,16	0,16	0,09	0,10	0,02	0,43									

Cinc

CÓDIGO LABORATORIO	LCM	MÉTODO UTILIZADO	RESULTADO								COTA Z				(PUNTAJE)				NOTA
			#1	U #1	#2	U #2	#3	U #3	#4	U #4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	
1288	0,005	SM 3111 B. 2012	10,998	0,902	4,81	0,394	5,36	0,44	2,698	0,221	-0,5	-1,1	-1,2	4,5	5	4	4	0	65
1652	0,0850	SM 3111 B. 2017	14,12	0,030	4,79	0,03	5,34	0,03	2,00	0,03	5,0	-1,1	-1,3	-1,8	0	4	4	4	60
2385	0,0002	SM 3120 B. 2017	11,5	0,16	5,25	0,08	5,72	0,08	2,36	0,03	0,4	0,7	0,1	1,5	5	5	5	4	95
2691	0,04	SM 3111 B. 2017	11,730	0,740	5,31	0,33	5,91	0,37	2,31	0,15	0,8	0,9	0,7	1,0	5	5	5	5	100
3426	0,01	SM 3120 B. 2017	11,610	0,527	5,193	0,118	5,734	0,241	2,271	0,082	0,5	0,4	0,1	0,6	5	5	5	5	100
3653	0,0418	SM 3111 B. 2017	11,0	2,31	5,22	1,09	5,82	1,22	2,27	0,048	-0,5	0,6	0,4	0,6	5	5	5	5	100
3659	0,0009	Método propio	10,80	1,27	4,49	0,58	5,75	0,68	2,31	0,27	-0,9	-2,3	0,2	1,0	5	3	5	5	90
5439	0,033	SM 3111 B. 2017	10,60	0,010	4,890	0,010	5,350	0,010	2,155	0,010	-1,2	-0,7	-1,2	-0,4	4	5	4	5	90
6295	0,02	SM 3125 B. 2017	10,90	1,79	4,88	0,80	5,49	0,90	2,18	0,36	-0,7	-0,8	-0,7	-0,2	5	5	5	5	100
6980	0,006	SM 3120 B. 2017	11,18	0,47	5,101	0,213	5,512	0,230	2,215	0,093	-0,2	0,1	-0,7	0,1	5	5	5	5	100
7086	0,0007	Método propio	11,466	1,49	5,0734	0,66	5,828	0,76	2,137	0,28	0,3	-0,0	0,4	-0,6	5	5	5	5	100
7108	0,052	SM 3111 B. 2017	12,097	1,091	5,464	2,416	6,085	2,169	2,291	5,762	1,4	1,5	1,4	0,8	4	4	4	5	85
7219	0,29	SM 3120 B. 2017	11,120	0,390	5,100	0,180	5,640	0,200	2,240	0,080	-0,3	0,1	-0,2	0,4	5	5	5	5	100
8229	0,05	Método propio	11,31	2,15	5,15	0,98	5,63	1,07	2,32	0,44	0,0	0,3	-0,2	1,1	5	5	5	4	95
9640	0,032	SM 3120 B. 2012	11,401	0,02	5,274	0,02	5,721	0,02	2,271	0,02	0,2	0,8	0,1	0,6	5	5	5	5	100
9790	0,007	SM 3120 B. 2012	12,540	0,980	5,420	0,349	6,1	0,498	2,43	0,108	2,2	1,3	1,4	2,1	3	4	4	3	70
		n	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00									
		MIN	10,60	0,01	4,49	0,01	5,34	0,01	2,00	0,01									
		MAX	14,12	2,31	5,46	2,42	6,10	2,17	2,70	5,76									
		PROMEDIO	11,52	0,90	5,09	0,52	5,69	0,56	2,28	0,50									
		DESVIACIÓN EST.	0,82	0,72	0,25	0,59	0,23	0,56	0,15	1,36									

Cobre

CÓDIGO LABORATORIO	LCM	METODO UTILIZADO	RESULTADO								COTA Z				PUNTAJE				NOTA
			#1	U #1	#2	U #2	#3	U #3	#4	U #4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	
1288	0,005	SM 3111 B. 2012	5,87	0,411	2,64	0,185	4,55	0,319	2,32	0,162	0,6	0,4	0,4	1,0	5	5	5	5	100
1652	0,0802	SM 3111 B. 2017	5,790	0,040	2,80	0,04	4,75	0,04	2,06	0,04	0,3	1,6	1,3	-1,4	5	4	4	4	85
2385	0,0005	SM 3120 B. 2017	5,62	0,16	2,70	0,08	4,34	0,13	2,25	0,07	-0,3	0,8	-0,5	0,4	5	5	5	5	100
2691	0,030	SM 3111 B. 2017	5,76	0,30	2,75	0,14	4,61	0,24	2,38	0,12	0,2	1,2	0,7	1,5	5	4	5	4	90
3426	0,01	SM 3120 B. 2017	6,103	0,225	2,763	0,107	4,778	0,250	2,266	0,103	1,4	1,3	1,4	0,5	4	4	4	5	85
3653	0,00485	SM 3111 B. 2017	5,81	0,120	2,78	0,056	4,55	0,091	2,38	0,048	0,4	1,5	0,4	1,5	5	4	5	4	90
3659	0,0001	Método propio	5,46	0,82	2,60	0,39	4,47	0,67	2,31	0,34	-0,9	0,1	0,0	0,9	5	5	5	5	100
5439	0,033	SM 3111 B. 2017	5,425	0,010	2,615	0,010	4,175	0,010	2,225	0,010	-1,0	0,2	-1,3	0,1	5	5	4	5	95
6295	0,01	SM 3125 B. 2017	5,74	0,19	2,45	0,08	4,12	0,13	2,17	0,07	0,1	-1,1	-1,5	-0,4	5	4	4	5	90
6980	0,015	SM 3120 B. 2017	5,749	0,308	2,750	0,147	4,437	0,238	2,334	0,125	0,1	1,2	-0,1	1,1	5	4	5	4	90
7086	0,0005	Método propio	5,945	0,95	2,7352	0,44	4,7076	0,750	2,3433	0,370	0,8	1,1	1,1	1,2	5	4	4	4	85
7108	0,018	SM 3111 B. 2017	5,988	0,518	2,896	1,070	4,859	0,638	2,499	1,240	1,0	2,4	1,8	2,6	5	3	4	3	75
7219	0,05	SM 3120 B. 2017	6,010	0,150	2,690	0,070	4,540	0,120	2,300	0,060	1,1	0,8	0,4	0,8	4	5	5	5	95
8229	0,05	Método propio	5,7	1,08	2,71	0,51	4,34	0,82	2,26	0,43	-0,0	0,9	-0,5	0,5	5	5	5	5	100
9031	0,03	SM 3111 B. 2017	5,569	0,296	2,609	0,138	4,353	0,231	2,229	0,118	-0,5	0,1	-0,5	0,2	5	5	5	5	100
9640	0,035	SM 3120 B. 2012	6,055	0,03	2,723	0,03	4,723	0,03	2,344	0,03	1,2	1,0	1,2	1,2	4	4	4	4	80
9790	0,007	SM 3120 B. 2012	5,820	0,408	2,600	0,162	4,37	0,361	2,24	0,101	0,4	0,1	-0,4	0,3	5	5	5	5	100
n			17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00									
MIN			5,43	0,01	2,45	0,01	4,12	0,01	2,06	0,01									
MAX			6,10	1,08	2,90	1,07	4,86	0,82	2,50	1,24									
PROMEDIO			5,79	0,35	2,69	0,22	4,51	0,30	2,29	0,20									
DESVIACIÓN EST.			0,19	0,31	0,10	0,26	0,21	0,25	0,09	0,29									

Cromo

CÓDIGO LABORATORIO	LCM	METODO UTILIZADO	RESULTADO (RESULTS)								COTA Z (Z SCORE)				SCORE (PUNTAJE)				NOTA
			#1	U #1	#2	U #2	#3	U #3	#4	U #4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	
1288	0,05	SM 3111 B. 2012	5,350	0,960	2,34	0,42	4,12	0,74	2,01	0,36	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	5	5	5	5	100
1652	0,0756	SM 3111 B. 2017	4,390	0,020	2,51	0,02	4,37	0,02	2,00	0,02	-2,2	0,0	-0,0	-0,6	3	5	5	5	90
2385	0,001	SM 3120 B. 2017	5,30	0,11	2,45	0,05	4,21	0,08	2,08	0,04	-0,6	-0,2	-0,4	-0,2	5	5	5	5	100
2691	0,03	SM 3111 B. 2017	5,43	0,89	2,74	0,45	4,35	0,71	2,28	0,37	-0,4	1,0	-0,1	0,7	5	5	5	5	100
3426	0,01	SM 3120 B. 2017	6,004	0,318	2,566	0,141	4,594	0,20	2,121	0,109	0,7	0,3	0,5	-0,0	5	5	5	5	100
3653	0,008	SM 3111 B. 2017	5,66	1,3	2,63	0,60	4,31	0,99	2,21	0,508	0,1	0,5	-0,2	0,4	5	5	5	5	100
5439	0,033	SM 3111 B. 2017	5,145	0,010	2,425	0,010	3,870	0,010	2,110	0,010	-0,9	-0,3	-1,2	-0,1	5	5	4	5	95
6295	0,01	SM 3125 B. 2017	5,57	1,08	2,39	0,46	4,16	0,81	2,07	0,40	-0,1	-0,4	-0,5	-0,3	5	5	5	5	100
6980	0,015	SM 3120 B. 2017	5,357	0,304	2,420	0,137	3,995	0,227	2,073	0,118	-0,5	-0,3	-0,9	-0,3	5	5	5	5	100
7086	0,0001	Método propio	5,2394	0,52	2,2838	0,23	4,1025	0,41	1,9248	0,19	-0,7	-0,9	-0,6	-1,0	5	5	5	5	100
7108	0,023	SM 3111 B. 2017	5,690	0,211	2,578	0,465	4,449	0,270	2,188	0,548	0,1	0,3	0,2	0,3	5	5	5	5	100
7219	0,02	SM 3120 B. 2017	5,890	0,180	2,450	0,070	4,180	0,120	1,890	0,060	0,5	-0,2	-0,5	-1,1	5	5	5	4	95
8229	0,1	Método propio	5,6	1,06	2,6	0,49	4,4	0,84	2,2	0,42	-0,1	0,4	0,0	0,3	5	5	5	5	100
9640	0,024	SM 3120 B. 2012	5,603	0,10	2,638	0,10	4,560	0,10	2,242	0,10	-0,0	0,6	0,4	0,5	5	5	5	5	100
9790	0,007	SM 3120 B. 2012	5,620	0,255	2,600	0,095	4,39	0,169	2,16	0,035	-0,0	0,4	0,0	0,1	5	5	5	5	100
n			15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00									
MIN			4,39	0,01	2,28	0,01	3,87	0,01	1,89	0,01									
MAX			6,00	1,30	2,74	0,60	4,59	0,99	2,28	0,55									
PROMEDIO			5,46	0,49	2,51	0,25	4,27	0,38	2,10	0,22									
DESVIACIÓN EST.			0,36	0,43	0,12	0,20	0,20	0,33	0,11	0,19									

Superintendencia del Medio Ambiente

Laboratorio de Alta Complejidad

Av. Sucre 2596, piso 3, Ñuñoa, Santiago / ensayosdeaptitud@sma.gob.cl / www.sma.gob.cl

INFORME DE RESULTADOS – EA-SMA-01-21

EA-INF-001/V14

Hierro

CÓDIGO LABORATORIO	LCM	METODO UTILIZADO	RESULTADO (RESULTS)								COTA Z (Z SCORE)				SCORE (PUNTAJE)				NOTA
			#1	U #1	#2	U #2	#3	U #3	#4	U #4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	
1288	0,03	SM 3111 B. 2012	26,49	2,28	11,99	1,03	32,65	2,68	20,12	1,65	-1,5	-1,7	-2,9	-1,5	4	4	3	4	75
1652	0,0732	SM 3111 B. 2017	20,860	0,05	12,50	0,05	35,76	0,05	19,68	0,05	-5,5	-0,9	-1,2	-1,9	0	5	4	4	65
2385	0,001	SM 3120 B. 2017	27,1	0,66	12,4	0,3	36,8	0,90	21,1	0,51	-1,1	-1,1	-0,7	-0,6	4	4	5	5	90
2691	0,03	SM 3111 B. 2017	28,62	2,29	13,2	1,06	39,17	3,13	22,86	1,83	-0,1	0,2	0,6	1,0	5	5	5	5	100
3426	0,01	SM 3120 B. 2017	29,675	0,549	13,47	0,366	39,105	0,647	22,430	0,672	0,7	0,6	0,5	0,6	5	5	5	5	100
3653	0,031	SM 3111 B. 2017	28,60	1,14	13,40	0,536	38,51	0,154	22,65	0,906	-0,1	0,5	0,2	0,8	5	5	5	5	100
3659	0,0002	Método propio	23,57	3,66	11,85	1,84	35,99	5,59	21,32	3,31	-3,6	-1,9	-1,1	-0,4	0	4	4	5	65
5439	0,033	SM 3111 B. 2017	28,00	0,034	13,85	0,013	37,50	0,041	22,50	0,025	-0,5	1,1	-0,3	0,6	5	4	5	5	95
6295	0,026	SM 3125 B. 2017	30,55	3,26	13,05	1,39	37,85	4,03	22,15	2,36	1,3	-0,1	-0,1	0,3	4	5	5	5	95
6980	0,060	SM 3120 B. 2017	28,04	2,01	13,27	0,95	35,70	2,56	21,19	1,52	-0,5	0,3	-1,3	-0,6	5	5	4	5	95
7086	0,006	Método propio	26,6912	2,94	11,9306	1,31	35,5929	3,92	19,6561	2,16	-1,4	-1,8	-1,3	-2,0	4	4	4	4	80
7108	0,04	SM 3111 B. 2017	27,942	0,390	12,104	0,901	36,267	0,301	21,972	0,496	-0,5	-1,5	-1,0	0,2	5	4	5	5	95
7219	0,9	SM 3120 B. 2017	28,790	0,920	12,110	0,390	35,090	1,120	20,660	0,660	0,1	-1,5	-1,6	-1,0	5	4	4	4	85
8229	0,05	Método propio	29,04	5,52	13,06	2,48	38,87	7,39	21,74	4,13	0,2	-0,1	0,4	-0,1	5	5	5	5	100
9031	0,05	SM 3111 B. 2017	30,270	3,266	14,735	1,589	38,755	4,181	23,390	2,523	1,1	2,5	0,3	1,5	4	3	5	4	80
9640	0,017	SM 3120 B. 2012	22,472	0,70	11,651	0,70	31,541	0,70	20,417	0,70	-4,3	-2,2	-3,4	-1,3	0	3	0	4	35
9790	0,007	SM 3120 B. 2012	27,18	1,16	12,22	0,66	36,58	1,79	20,98	0,540	-1,1	-1,3	-0,8	-0,8	4	4	5	5	90
n			17	17	17	17	17	17	17	17									
MIN			20,86	0,03	11,65	0,01	31,54	0,04	19,66	0,03									
MAX			30,55	5,52	14,74	2,48	39,17	7,39	23,39	4,13									
PROMEDIO			27,29	1,81	12,75	0,92	36,57	2,30	21,46	1,41									
DESVIACIÓN EST.			2,60	1,48	0,82	0,64	2,10	2,09	1,09	1,14									

Níquel

CÓDIGO LABORATORIO	LCM	METODO UTILIZADO	RESULTADO								COTA Z				(PUNTAJE)				NOTA
			#1	U #1	#2	U #2	#3	U #3	#4	U #4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	
1288	0,05	SM 3111 B. 2012	5,41	0,38	2,35	0,16	4,12	0,29	2,02	0,14	-0,8	-1,2	-1,2	-1,0	5	4	4	4	85
1652	0,0123	SM 3120 B. 2017	5,48	0,04	1,93	0,04	3,40	0,04	1,56	0,04	-0,5	-4,6	-4,5	-5,4	5	0	0	0	25
2385	0,001	SM 3120 B. 2017	5,41	0,04	2,46	0,02	4,31	0,03	2,19	0,02	-0,8	-0,3	-0,3	0,6	5	5	5	5	100
2691	0,04	SM 3111 B. 2017	5,62	0,78	2,46	0,34	4,26	0,59	2,11	0,29	-0,0	-0,3	-0,5	-0,2	5	5	5	5	100
3426	0,01	SM 3120 B. 2017	5,784	0,245	2,503	0,110	4,399	0,207	2,158	0,137	0,5	0,0	0,1	0,3	5	5	5	5	100
3653	0,14	SM 3111 B. 2017	5,68	0,17	2,53	0,075	4,35	0,13	2,19	0,0657	0,2	0,2	-0,1	0,6	5	5	5	5	100
3659	0,00003	Método propio	5,34	0,65	2,56	0,31	4,23	0,51	2,16	0,26	-1,0	0,5	-0,7	0,3	4	5	5	5	95
5439	0,033	SM 3111 B. 2017	5,275	0,010	2,580	0,010	3,890	0,010	1,960	0,010	-1,3	0,6	-2,2	-1,6	4	5	3	4	80
6295	0,05	SM 3111 B. 2017	5,58	0,27	2,29	0,11	3,98	0,19	2,02	0,10	-0,2	-1,7	-1,8	-1,0	5	4	4	4	85
6980	0,015	SM 3120 B. 2017	5,274	0,431	2,376	0,194	3,972	0,325	1,977	0,162	-1,3	-1,0	-1,9	-1,4	4	5	4	4	85
7086	0,0001	Método propio	5,5849	0,67	2,4509	0,29	4,3946	0,53	2,0619	0,25	-0,2	-0,4	0,1	-0,6	5	5	5	5	100
7108	0,022	SM 3111 B. 2017	6,013	0,333	2,542	0,787	4,233	0,472	2,158	0,927	1,4	0,3	-0,7	0,3	4	5	5	5	95
7219	0,05	SM 3120 B. 2017	5,480	0,100	2,400	0,040	4,110	0,080	2,050	0,040	-0,5	-0,8	-1,2	-0,8	5	5	4	5	95
8229	0,05	Método propio	5,29	1,01	2,46	0,47	4,2	0,8	2,04	0,39	-1,2	-0,3	-0,8	-0,8	4	5	5	5	95
9640	0,019	SM 3120 B. 2012	5,780	0,02	2,541	0,02	4,273	0,02	2,083	0,02	0,5	0,3	-0,5	-0,4	5	5	5	5	100
9790	0,007	SM 3120 B. 2012	5,91	0,420	2,72	0,154	4,65	0,332	2,27	0,093	1,0	1,8	1,2	1,3	5	4	4	4	85
n			16	16	16	16	16	16	16	16									
MIN			5,27	0,01	1,93	0,01	3,40	0,01	1,56	0,01									
MAX			6,01	1,01	2,72	0,79	4,65	0,80	2,27	0,93									
PROMEDIO			5,56	0,35	2,45	0,20	4,17	0,28	2,06	0,18									
DESVIACIÓN EST.			0,22	0,29	0,17	0,20	0,27	0,23	0,15	0,22									

Plomo

CÓDIGO LABORATORIO	LCM	METODO UTILIZADO	RESULTADO (RESULTS)								COTA Z (Z SCORE)				PUNTAJE				NOTA
			#1	U #1	#2	U #2	#3	U #3	#4	U #4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	
1288	0,03	SM 3111 B. 2012	2,87	0,46	1,27	0,20	2,09	0,33	0,405	0,06	0,2	0,1	0,4	- 0,6	5	5	5	5	100
1652	0,0739	SM 3111 B. 2017	2,240	0,030	1,26	0,03	2,01	0,03	0,36	0,03	- 2,1	-	-	- 1,6	3	5	5	4	85
2385	0,001	SM 3120 B. 2017	2,78	0,07	1,26	0,03	2,08	0,05	0,429	0,011	- 0,1	-	0,3	-	5	5	5	5	100
2691	0,04	SM 3111 B. 2017	2,80	0,52	1,23	0,23	2,06	0,38	0,41	0,08	- 0,1	- 0,2	0,2	- 0,4	5	5	5	5	100
3426	0,01	SM 3120 B. 2017	2,83	0,040	1,243	0,024	2,001	0,045	0,428	0,033	0,0	- 0,1	- 0,0	- 0,0	5	5	5	5	100
3653	0,011	SM 3111 B. 2017	2,88	0,49	1,33	0,226	2,07	0,352	0,402	0,068	0,2	0,6	0,3	- 0,6	5	5	5	5	100
3659	0,000015	Método propio	2,508	0,418	1,238	0,206	2,028	0,338	0,469	0,078	- 1,1	- 0,2	0,1	0,9	4	5	5	5	95
5439	0,033	SM 3111 B. 2017	2,665	0,010	1,145	0,010	1,905	0,010	0,363	0,006	- 0,5	- 0,9	- 0,5	- 1,5	5	5	5	4	95
6295	0,01	SM 3125 B. 2017	2,41	0,18	1,04	0,08	1,65	0,12	0,349	0,03	- 1,5	- 1,7	- 1,8	- 1,9	4	4	4	4	80
6980	0,030	SM 3120 B. 2017	2,640	0,204	1,220	0,094	1,835	0,141	0,413	0,032	- 0,6	- 0,3	- 0,9	- 0,4	5	5	5	5	100
7086	0,0004	Método propio	3,0274	0,45	1,3355	0,20	2,1735	0,33	0,4134	0,06	0,7	0,6	0,8	- 0,4	5	5	5	5	100
7108	0,011	SM 3111 B. 2017	2,834	0,600	1,273	1,335	2,118	0,803	0,459	3,704	0,0	0,1	0,5	0,7	5	5	5	5	100
7219	0,41	SM 3120 B. 2017	2,790	0,100	1,250	0,040	1,930	0,070	0,440	0,020	- 0,1	- 0,1	- 0,4	0,3	5	5	5	5	100
8229	0,05	Método propio	3,67	0,7	1,68	0,32	2,8	0,53	0,5	0,10	3,0	3,3	3,9	1,7	0	0	0	4	20
9640	0,034	SM 3120 B. 2012	2,873	0,02	1,291	0,02	2,025	0,02	0,465	0,02	0,2	0,2	0,1	0,8	5	5	5	5	100
9790	0,007	SM 3120 B. 2012	3,03	0,257	1,31	0,088	2,17	0,192	0,445	0,030	0,7	0,4	0,8	0,4	5	5	5	5	100
		n	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00									
		MIN	2,24	0,01	1,04	0,01	1,65	0,01	0,35	0,01									
		MAX	3,67	0,70	1,68	1,34	2,80	0,80	0,50	3,70									
		PROMEDIO	2,80	0,28	1,27	0,20	2,06	0,23	0,42	0,27									
		SD	0,30	0,23	0,13	0,31	0,23	0,21	0,04	0,89									

